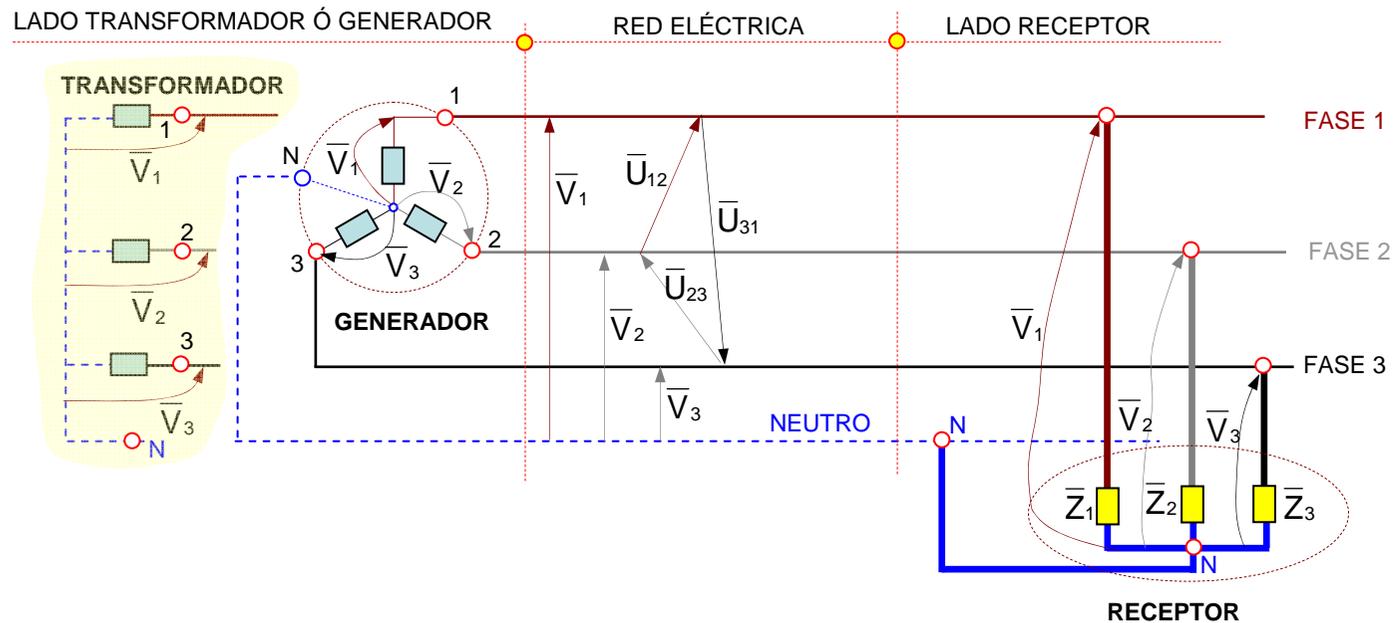


A6.- LOS SISTEMAS DE TENSIONES EN ESPAÑA

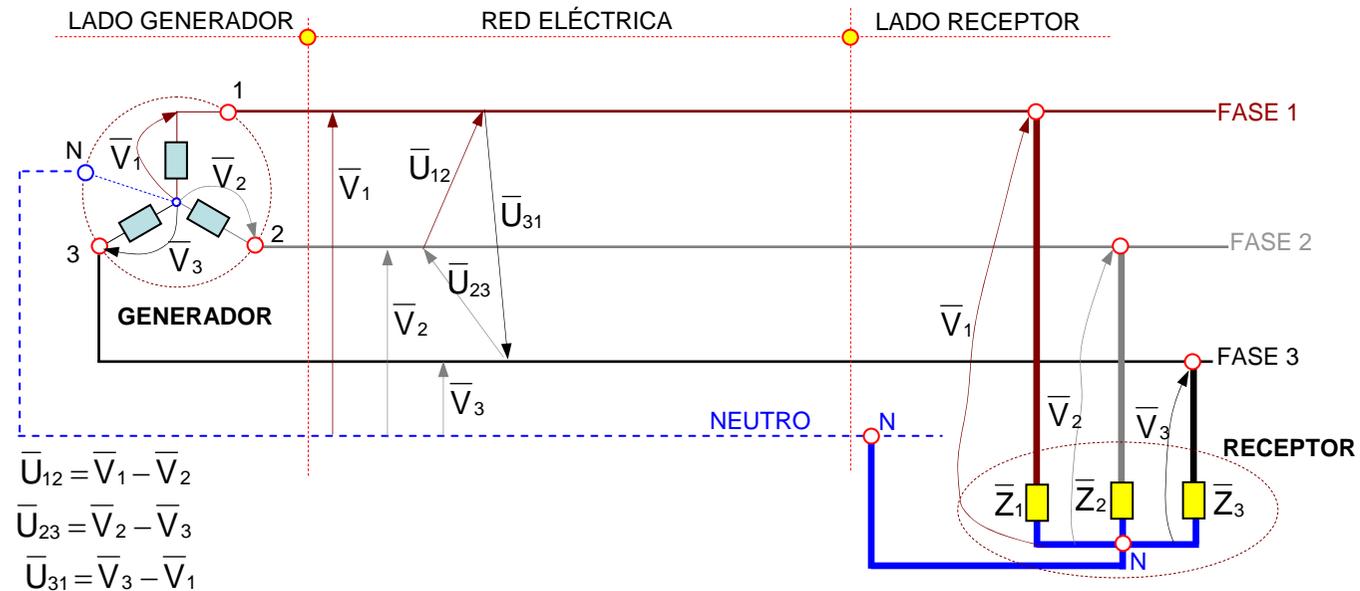
La tensión de un sistema eléctrico en BT nace en bornas del generador, o en el secundario del un transformador, según sea la red de que se disponga. En ambos casos, lo normal es que se generen sistemas trifásicos de tensiones.



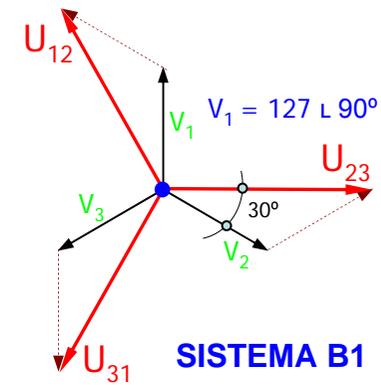
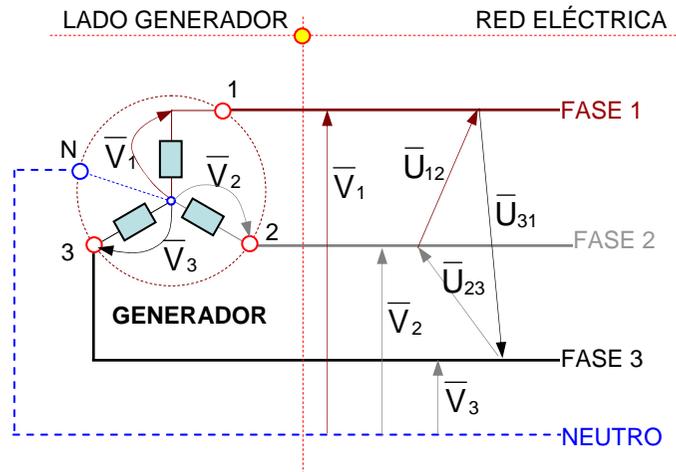
En la Figura puede verse un generador conectado a una red eléctrica que dispone de un receptor, así como un transformador que se podría conectar a los mismos puntos de la red.

Al funcionar el generador, produce entre los extremos de cada bobina (por ejemplo, 1 y N) una tensión simple, V_1 en este caso. Así, de las bobinas se obtienen las tensiones simples (vectores) V_1 , V_2 y V_3 , que se aportan a la red trifásica conectada al generador en los puntos 1, 2, 3 y N.

De la operación vectorial de las tres tensiones simples, se obtienen las correspondientes tensiones compuestas (vectores), que son tensiones derivadas, y de mucha aplicación práctica. Como se deduce de la figura, quedan las expresiones:



La relación entre tensiones simples y compuestas, puede ser obtenido de forma sencilla mediante operaciones gráficas con los correspondientes vectores, como se indica:



$$\vec{U}_{12} = \vec{V}_1 - \vec{V}_2 = \vec{V}_1 + (-\vec{V}_2)$$

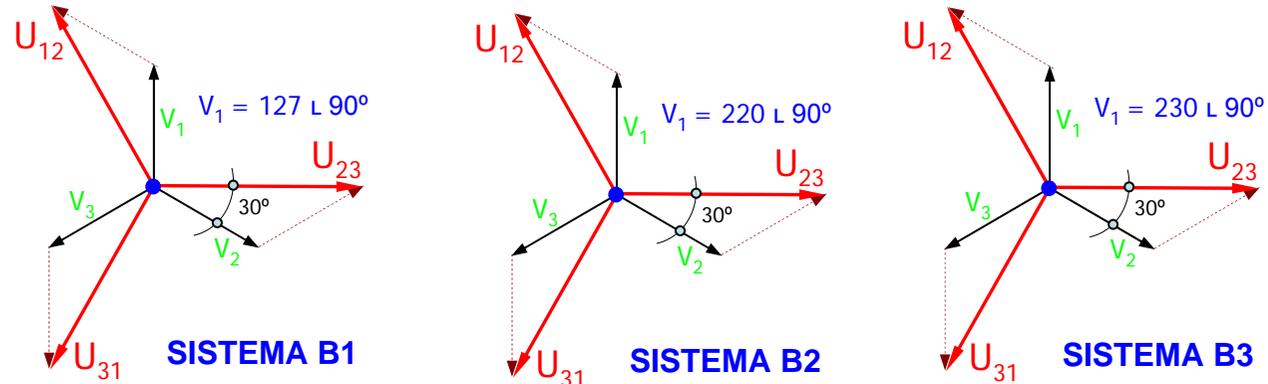
$$\vec{U}_{23} = \vec{V}_2 - \vec{V}_3 = \vec{V}_2 + (-\vec{V}_3)$$

$$\vec{U}_{31} = \vec{V}_3 - \vec{V}_1 = \vec{V}_3 + (-\vec{V}_1)$$

El módulo de cada tensión compuesta, resulta del correspondiente a una tensión simple multiplicado por raíz de 3. Esto es, $|U_{12}| = \sqrt{3} \cdot |V_1| = \sqrt{3} \cdot 127 = 219,97 \approx 220$, se toma 220 V

SISTEMAS DE TENSIONES EN ESPAÑA, AÑO 2009

Actualmente, en España, existen tres sistemas de tensiones en funcionamiento simultáneo: B1(127/220 V), B2 (220/380 V) y B3 (230/400 V). Se muestran en la figura. Cada uno de los sistemas, está definido por el de tensiones simples, y lleva asociado el de tensiones compuestas.



SISTEMA DE TENSIONES SIMPLES, V_1, V_2, V_3 .

Como se ha dicho, es el sistema que se obtiene en el generador, como consecuencia de la tensión que se produce entre los extremos de cada una de sus bobinas. Es un sistema equilibrado, con desfase de 120° entre cada vector.

SISTEMA DE TENSIONES COMPUESTAS, U_{12}, U_{23}, U_{31} .

Es el sistema que se obtiene por diferencia vectorial de las tensiones simples correspondientes, como se aprecia en la figura, y se deduce de las ecuaciones que siguen.

VECTORES DEL SISTEMA B1

En cada uno de los sistemas, la relación entre los valores de los vectores simples y compuestos, es geométrica. Seguidamente se obtienen los valores para el sistema B1

$$\bar{V}_1 = 127 \angle 90^\circ = 0 + 127 \cdot j$$

$$\bar{V}_2 = 127 \angle -30^\circ = 109,98 - 63,5 \cdot j$$

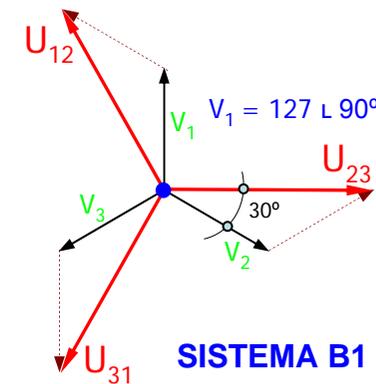
$$\bar{V}_3 = 127 \angle 210^\circ = -109,98 - 63,5 \cdot j$$

$$\bar{U}_{12} = \bar{V}_1 - \bar{V}_2 = \bar{V}_1 + (-\bar{V}_2) = 127 \angle 90^\circ - 127 \angle -30^\circ = -109,98 + 190,5 \cdot j = 220 \angle 120^\circ$$

$$\bar{U}_{23} = \bar{V}_2 - \bar{V}_3 = \bar{V}_2 + (-\bar{V}_3) = 127 \angle -30^\circ - 127 \angle 210^\circ = 220 + 0 \cdot j = 220 \angle 0^\circ$$

$$\bar{U}_{31} = \bar{V}_3 - \bar{V}_1 = \bar{V}_3 + (-\bar{V}_1) = 127 \angle 210^\circ - 127 \angle 90^\circ = -109,98 - 190,5 \cdot j = 220 \angle -120^\circ$$

Es evidente que tanto las tres tensiones simples como las tres tensiones compuestas, son diferentes entre sí.



VECTORES DEL SISTEMA B2

En cada uno de los sistemas, la relación entre los valores de los vectores simples y compuestos, es geométrica. Seguidamente se obtienen los valores para el sistema B2.

$$\bar{V}_1 = 220 \angle 90^\circ = 0 + 220 \cdot j$$

$$\bar{V}_2 = 220 \angle -30^\circ = 190,5 - 110 \cdot j$$

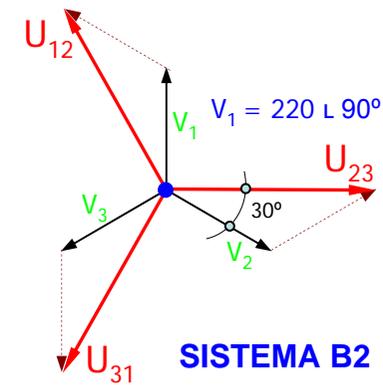
$$\bar{V}_3 = 220 \angle 210^\circ = -190,5 - 110 \cdot j$$

$$\bar{U}_{12} = \bar{V}_1 - \bar{V}_2 = \bar{V}_1 + (-\bar{V}_2) = 220 \angle 90^\circ - 220 \angle -30^\circ = -190 + 329,1 \cdot j = 380 \angle 120^\circ$$

$$\bar{U}_{23} = \bar{V}_2 - \bar{V}_3 = \bar{V}_2 + (-\bar{V}_3) = 220 \angle -30^\circ - 220 \angle 210^\circ = 380 + 0 \cdot j = 380 \angle 0^\circ$$

$$\bar{U}_{31} = \bar{V}_3 - \bar{V}_1 = \bar{V}_3 + (-\bar{V}_1) = 220 \angle 210^\circ - 220 \angle 90^\circ = -190 - 329,1 \cdot j = 380 \angle -120^\circ$$

Es evidente que tanto las tres tensiones simples como las tres tensiones compuestas, son diferentes entre sí.



VECTORES DEL SISTEMA B3

En cada uno de los sistemas, la relación entre los valores de los vectores simples y compuestos, es geométrica. Seguidamente se obtienen los valores para el sistema B3.

$$\bar{V}_1 = 230 \angle 90^\circ = 0 + 230 \cdot j$$

$$\bar{V}_2 = 230 \angle -30^\circ = 199,18 - 115 \cdot j$$

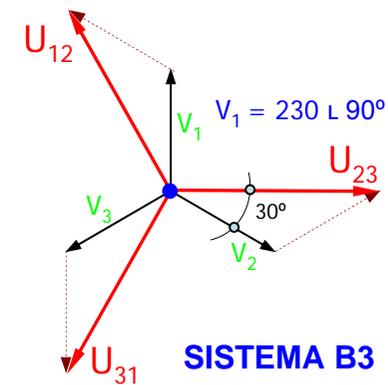
$$\bar{V}_3 = 230 \angle 210^\circ = -199,18 - 115 \cdot j$$

$$\bar{U}_{12} = \bar{V}_1 - \bar{V}_2 = \bar{V}_1 + (-\bar{V}_2) = 230 \angle 90^\circ - 230 \angle -30^\circ = -200 + 346,4 \cdot j = 400 \angle 120^\circ$$

$$\bar{U}_{23} = \bar{V}_2 - \bar{V}_3 = \bar{V}_2 + (-\bar{V}_3) = 230 \angle -30^\circ - 230 \angle 210^\circ = 400 + 0 \cdot j = 400 \angle 0^\circ$$

$$\bar{U}_{31} = \bar{V}_3 - \bar{V}_1 = \bar{V}_3 + (-\bar{V}_1) = 230 \angle 210^\circ - 230 \angle 90^\circ = -200 - 346,4 \cdot j = 400 \angle -120^\circ$$

Es evidente que tanto las tres tensiones simples como las tres tensiones compuestas, son diferentes entre sí.



RANGO DE TENSIONES Y TOLERANCIA

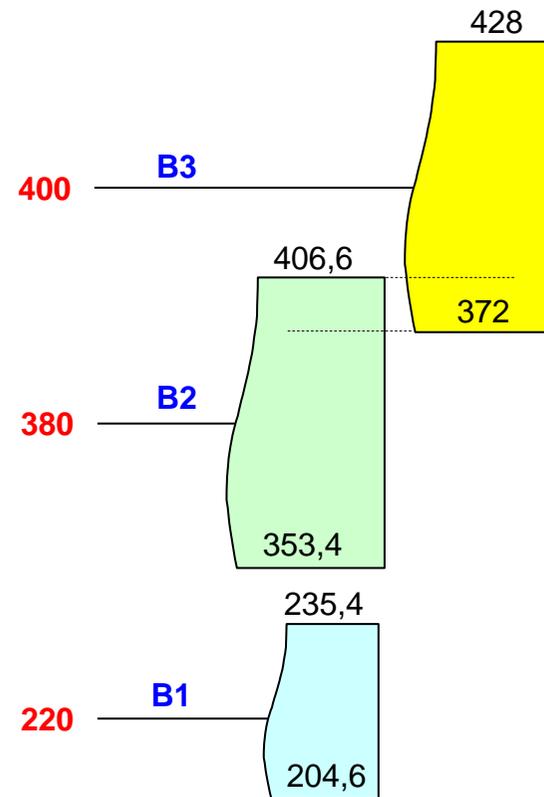
La tensión nominal de cada sistema, se designa en función de sus tensiones simple y compuesta. Así,

SISTEMA B1 127/220 V
 SISTEMA B2 220/380 V
 SISTEMA B3 230/400 V

Todos los sistemas tienen tolerancia de $\pm 7\%$ sobre su tensión nominal (RD 1955/2000).

En la figura se aprecia que los receptores preparados para trabajar en los sistemas B2 y B3, pueden hacerlo indistintamente dentro de un rango de tensiones que son comunes para ambos sistemas (entre 372 V y 406,6 V).

No obstante, si la tolerancia en tensión del receptor fuera del $\pm 10\%$, como es normal en la mayoría de ellos, el rango de adaptación es más amplio.



La tensión eléctrica de alimentación a los receptores en España, ha ido cambiando con los años.

Hacia los años 50, era normal utilizar la tensión de 125 V (realmente 125 = tensión simple 127 V) para los receptores monofásicos, y 220 V para los trifásicos. La potencia a suministrar era muy reducida entonces. Con los años ha ido aumentando. Se utilizaba entonces de manera satisfactoria el sistema trifásico B1, 127/220 V

Entre los años 60 y 70 fue necesario pasar a utilizar el sistema trifásico B2, 220/380 V, capaz de suministrar potencias casi el doble de las del sistema B1 (exactamente, 1,73 veces).

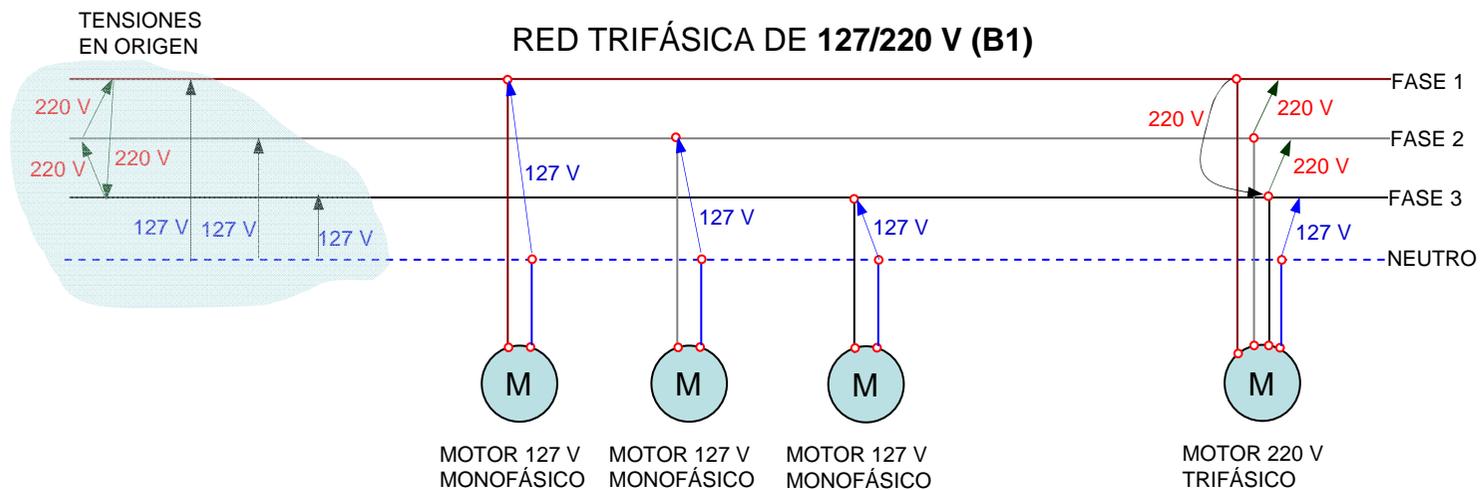
Y modernamente, por varias razones, como son unificar la tensión con la UE, aumento unitario de la potencia en los receptores, transporte a elevadas distancias, etc, ha sido preciso pasar a utilizar el sistema trifásico B3, 230/400 V, impuesto definitivamente por el RBT del año 2002.

Con este sistema de tensiones se puede alimentar a cualquier receptor de los que se adquieren en la actualidad, sin problemas de compatibilidad de tensiones.

Pero los receptores existentes en muchas de las viviendas, comercios e industrias que suelen ser monofásicos y trifásicos, disponen de tensiones 127 V, 220 V y 230 V, por lo que es preciso buscar soluciones para alimentarlos a todos ellos desde una sola red cualquiera, por ejemplo con sistema B3, 230/400 V, o con sistema B1 o con sistema B2, independientemente de que sean monofásicos, bifásicos o trifásicos. En lo que sigue, se muestran ejemplos de todas las posibilidades de conexión.

**CONEXIÓN DE RECEPTORES QUE
DISPONEN DE LA TENSIÓN DE RED**

1.- CONEXIÓN A RED B1 DE RECEPTORES B1 (motores para este caso)

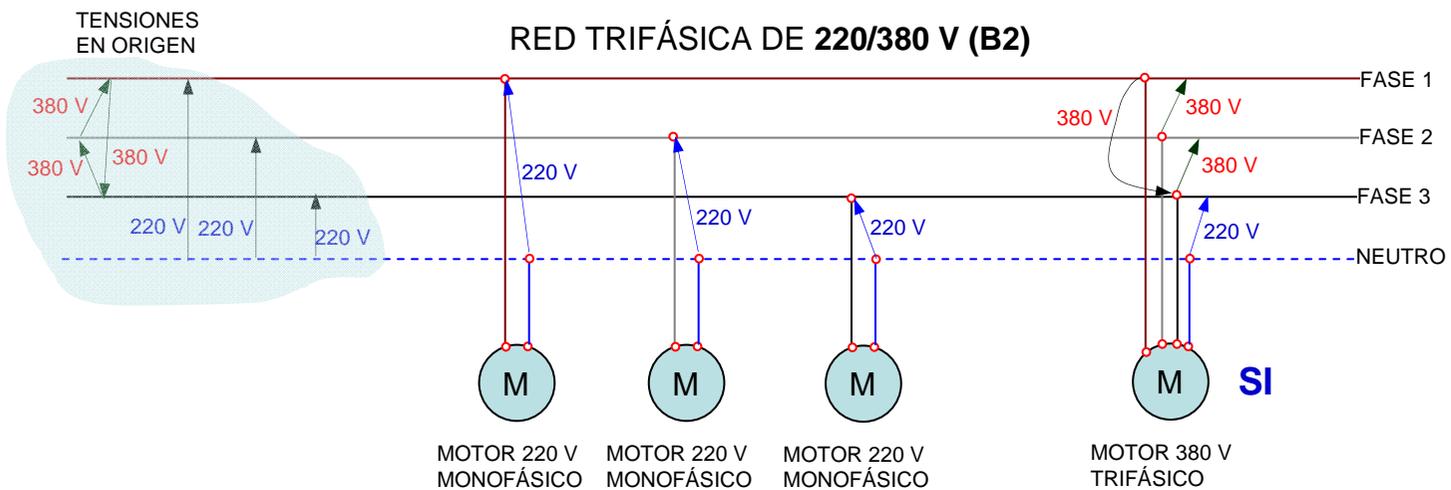


El sistema trifásico B1, con tensiones entre fases de 220 V y entre cualquiera de las fases y neutro de 127 V, admite la conexión directa de receptores que dispongan de esas tensiones, sean monofásicos o trifásicos.

Es digno de mención que un receptor monofásico es posible conectarlo entre cualquiera de las fases y neutro.

La misma situación se presenta para los sistemas B2 (220/380) y B3 (230/400), siempre que los receptores cumplan la condición de disponer de las tensiones del sistema en cada uno de ellos.

4.- CONEXIÓN A RED B2 DE RECEPTORES B2

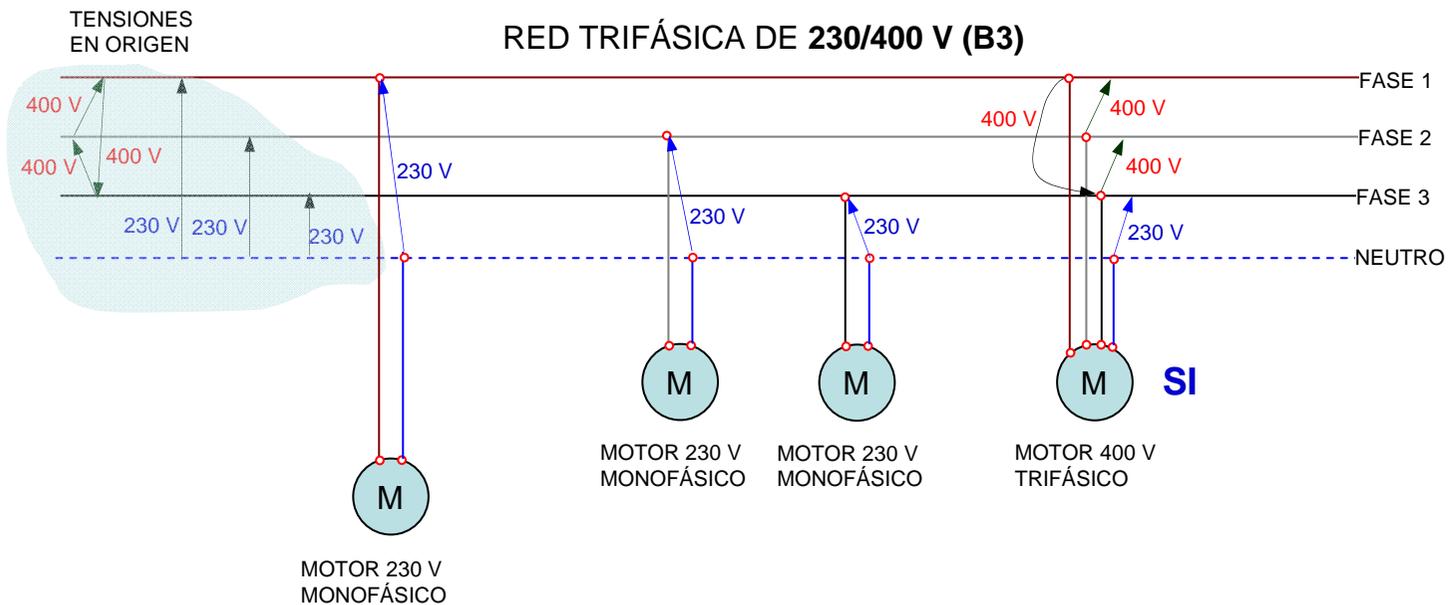


Como ocurre para todos los sistemas de tensiones, cuando la tensión de los receptores se corresponde con la del sistema, la conexión es directa.

Los receptores monofásicos se conectan entre fase y neutro y los trifásicos entre las tres fases y neutro, como en la figura.

En los receptores trifásicos, siempre resulta conveniente la conexión a neutro, para evitar desequilibrios.

6.- CONEXIÓN A RED B3 DE RECEPTORES B3 ó B2

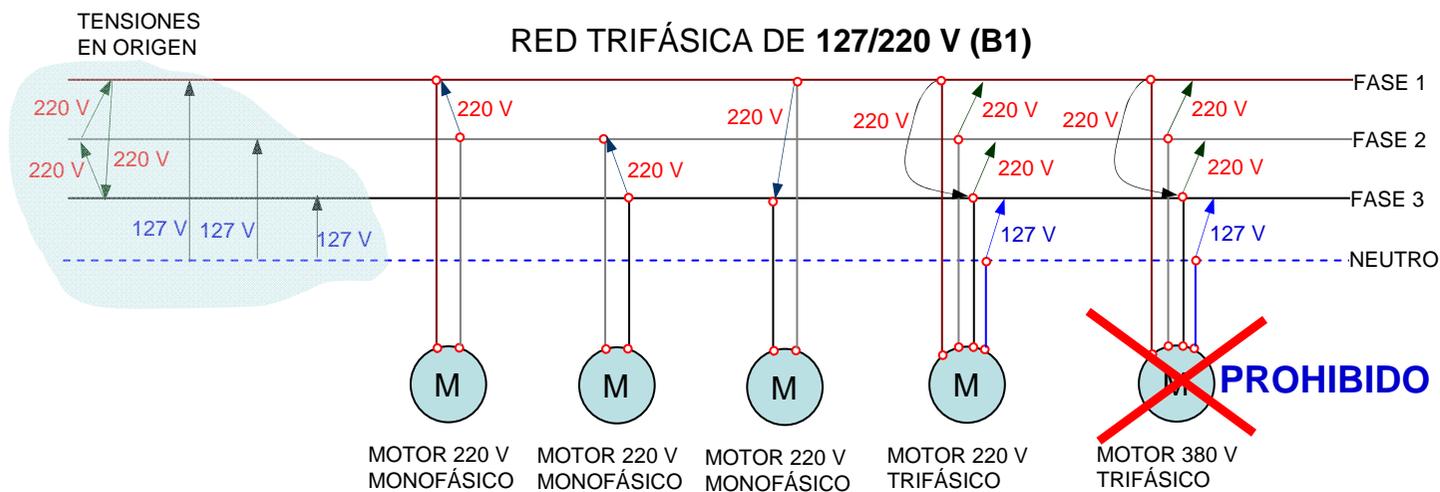


Como ocurre para todos los sistemas de tensiones, cuando la tensión de los receptores se corresponde con la del sistema, como es el caso de los receptores B3 conectados al sistema de tensiones B3, la conexión es directa, entre fase y neutro para los receptores monofásicos, y entre las tres fases y neutro para los receptores trifásicos..

Prácticamente todos los receptores B2 se pueden conectar al sistema B3 sin mayor problema, debido a que la tolerancia en tensión de que disponen lo permite.

CONEXIÓN DE RECEPTORES QUE **NO
DISPONEN DE LA TENSIÓN DE RED**

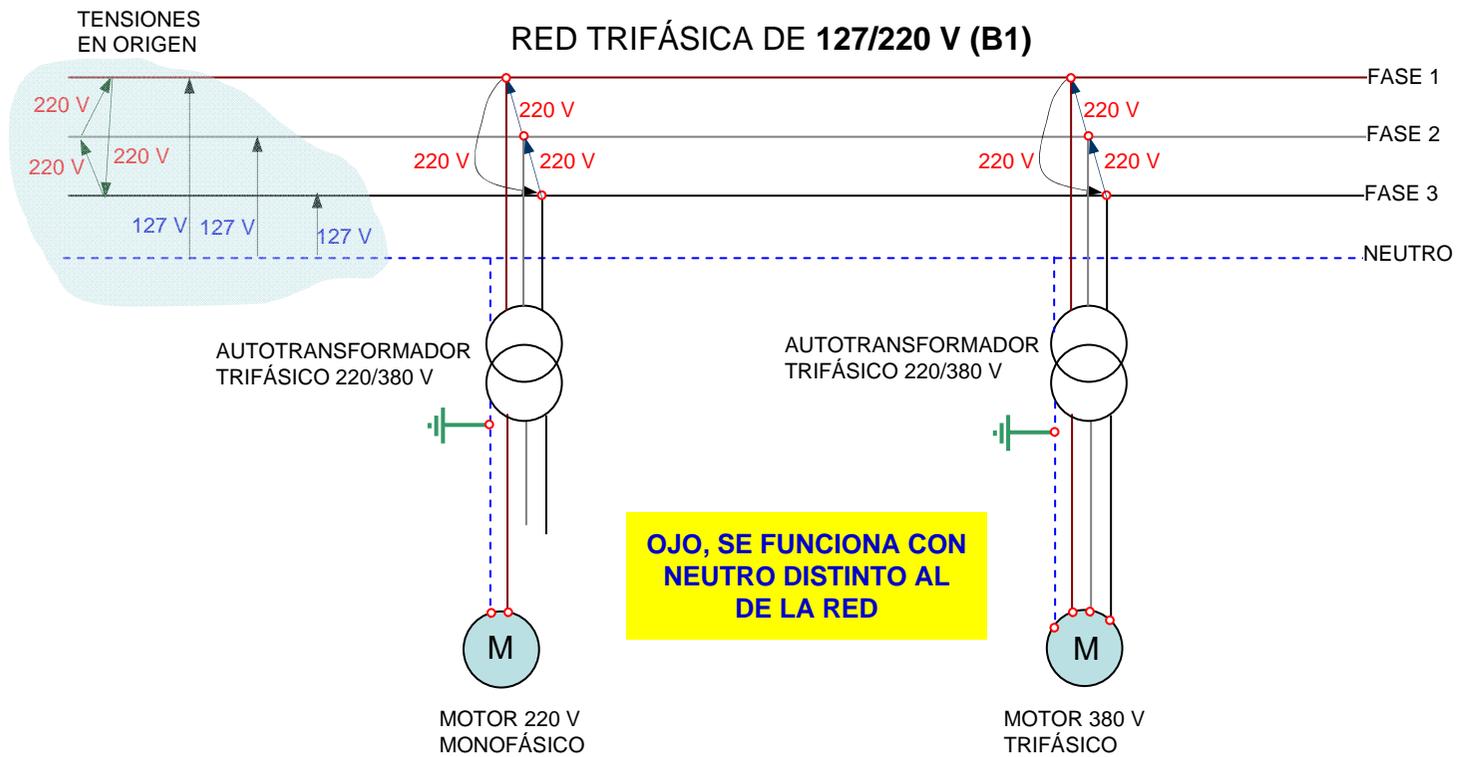
2.- CONEXIÓN A RED B1 DE RECEPTORES B2 OPCIÓN 1 (motores para este caso)



Se pueden conectar a la red de B1 (127/220 V) todos los receptores monofásicos de 127 V, siempre entre cualquier fase y neutro (Cómo en el caso anterior), o los monofásicos de 220 V entre dos cualquiera de las fases, y también los trifásicos del sistema 127/220 V, pero no los receptores trifásicos del sistema 220/380.

En realidad, los receptores trifásicos de 380 V, no se deben contar directamente a este sistema, ya que pierden la mayoría de sus características y no responden en potencia, si bien no por ello se averían. Mas adelante se verá la forma de llevar a cabo la conexión.

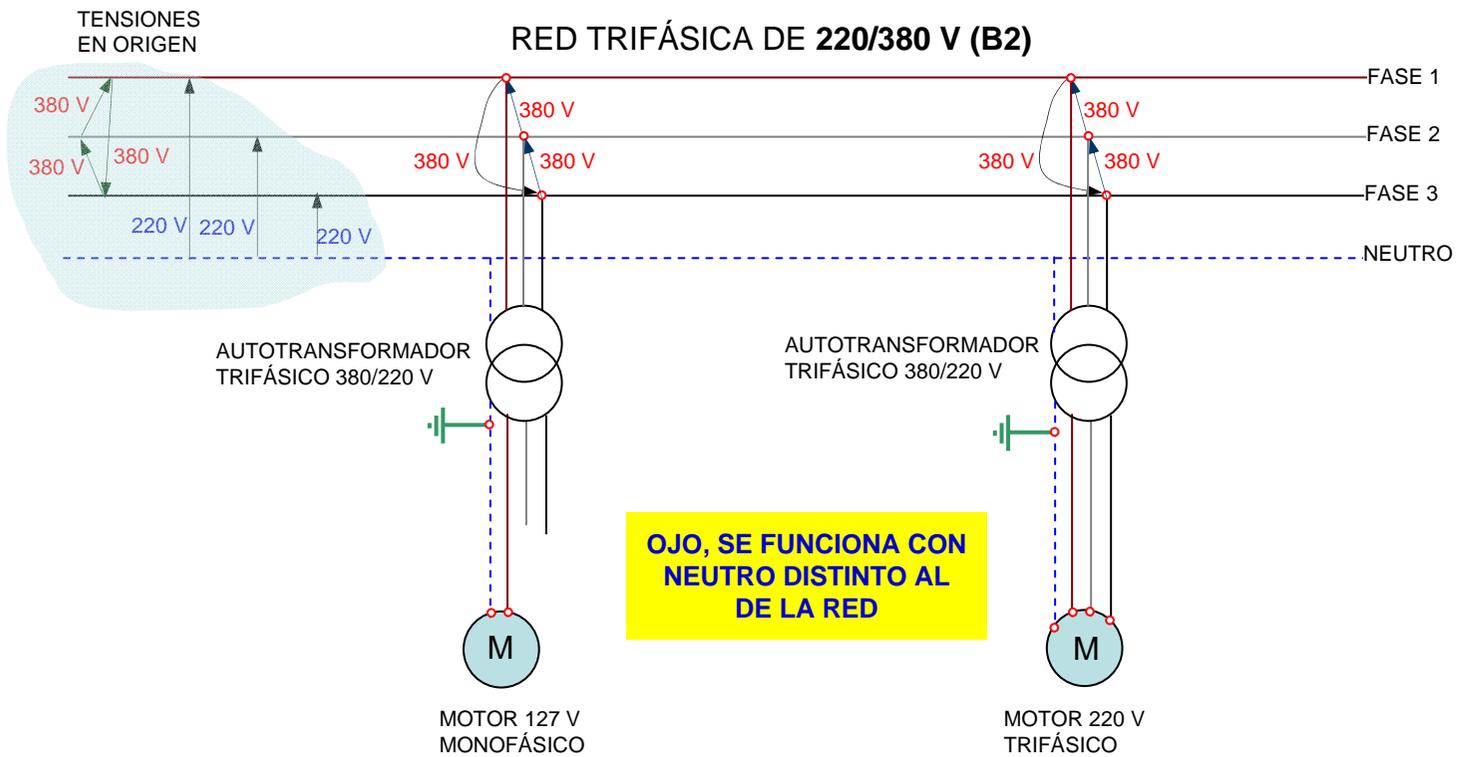
3.- CONEXIÓN A RED B1 DE RECEPTORES B2 OPCIÓN 2.



Conexión a red B1 de receptores monofásicos de **B2** entre fase y neutro

Conexión a red B1 de receptores trifásicos de **B2**

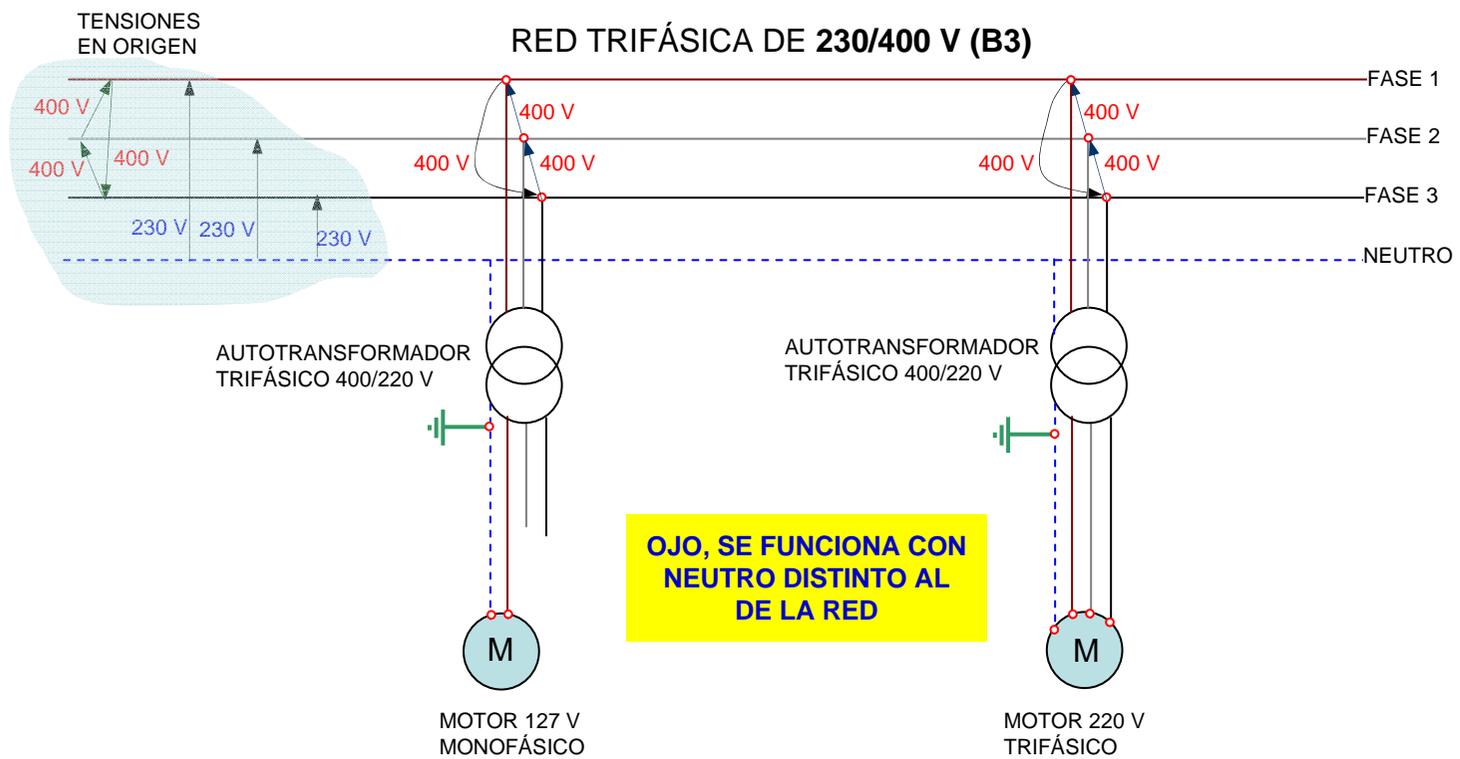
5.- CONEXIÓN A RED B2 DE RECEPTORES B1



Conexión a red B2 de receptores monofásicos de B1 entre fase y neutro

Conexión a red B2 de receptores trifásicos de B1

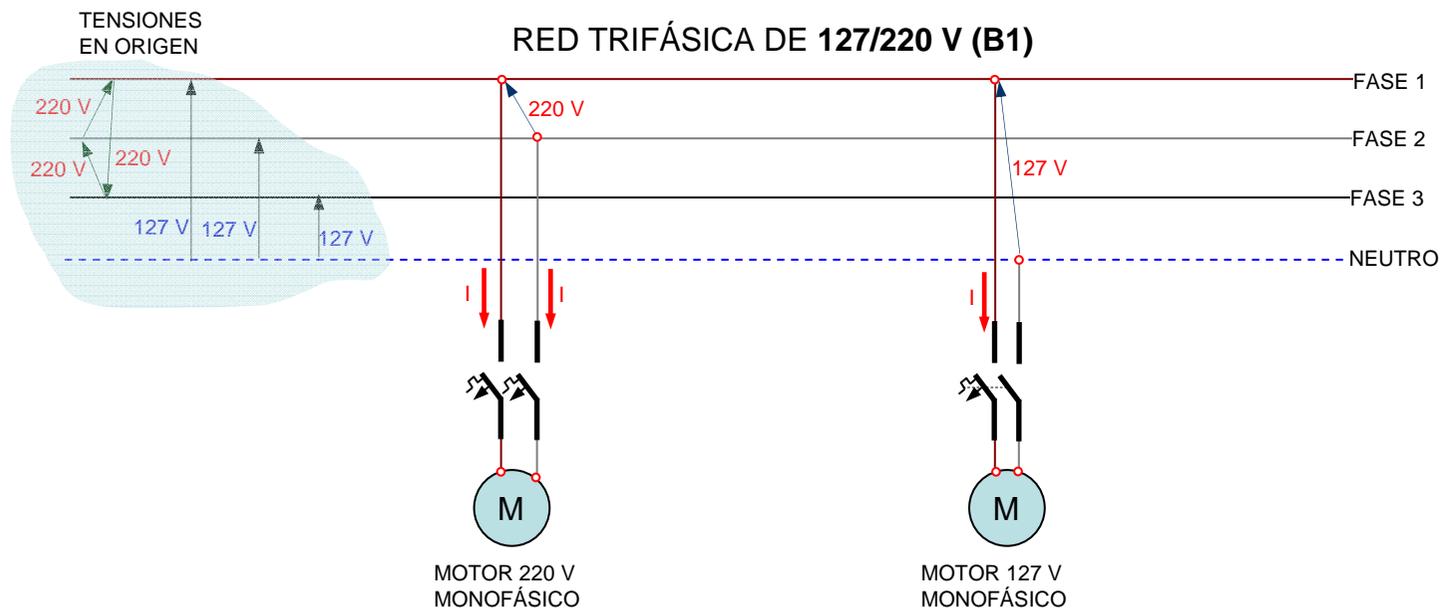
7.- CONEXIÓN A RED B3 DE RECEPTORES B1



Conexión a red B3 de receptores monofásicos de **B1** entre fase y neutro

Conexión a red B3 de receptores trifásicos de **B1**

8.- RECEPTORES CONECTADOS ENTRE FASES Y ENTRE FASE Y NEUTRO EN B1. PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS Y CORTOCIRCUITOS.



La conexión de un receptor entre fases, debe ser protegida por medio de interruptor (ó fusibles) que detecte el paso de la corriente por cada una de las fases por separado. El dispositivo de protección precisa detección de corriente en ambos polos. Si se realiza con fusibles, se precisa uno en cada fase y, si es con interruptor, ambos polos deben detectar el paso de la corriente.

La conexión de un receptor entre fase y neutro, puede ser protegida por medio de interruptor (ó fusible) que detecte el paso de la corriente por la fase solamente.

9.- PROTECCIÓN DE LAS PERSONAS CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS. PUESTA A TIERRA OBLIGATORIA DEL NUEVO NEUTRO

