



**MATRIX**

**locktronics™**

## Three Phase Systems 2.0



EM 2025  
RELEASE

**MATRIX**

CP2980

[www.matrixtsl.com](http://www.matrixtsl.com)

Copyright © 2023 Matrix Technology Solutions Limited

	Introducción	3
Ficha 1	CA monofásica	4
Ficha 2	Corriente alterna trifásica	7
Ficha 3	Más Fase Básica	9
Ficha 4	Ahora el Phaser	11
Ficha 5	¡Es una estrella!	13
Ficha 6	Ahora el Delta	15
Ficha 7	Rectificación de media onda	17
Ficha 8	Rectificación de onda completa	19
Ficha 9	Suministrar energía	21
Ficha 10	Corrección del factor de potencia	23

# Ficha 1

## CA monofásica

La electricidad "de red" se distribuye tradicionalmente como corriente alterna. Las razones son varias:

- Los alternadores que generan electricidad en las centrales eléctricas son más ligeros y baratos que los generadores de corriente continua equivalentes;
- Los transformadores pueden utilizarse para subir o bajar la tensión, lo que permite una transmisión eficaz de la energía eléctrica a alta tensión (y baja corriente) en grandes distancias.



### Te toca a ti:

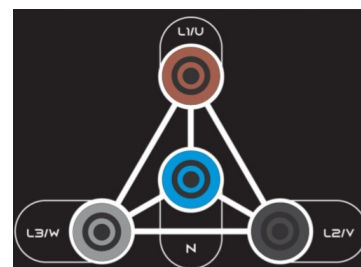
En esta hoja de ejercicios se estudian aspectos de la corriente alterna monofásica, utilizando la señal obtenida de una salida del generador trifásico.

### Configuración del equipo

- Software: Ejecute la aplicación trifásica Matrix (indicada por "Aplicación" y "Comunicaciones" en verde claro).
- Requisitos del circuito: Para este no es necesario configurar ningún circuito físico o virtual.
- 

### Procedimiento : Parte A: Configuración 50 Hz, 8 V RMS

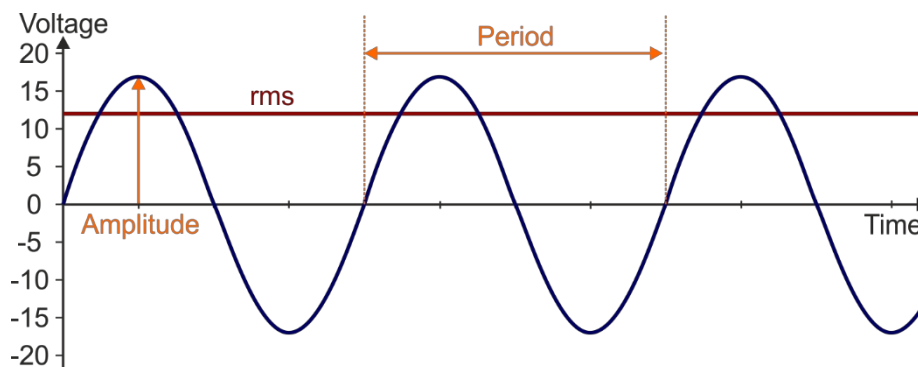
- Ajuste de frecuencia:
  - Ajuste la frecuencia del generador a 50 Hz utilizando uno de siguientes métodos:
    - Arrastre el control deslizante de frecuencia a 50 Hz.
    - Pulse el botón "Ajustar frecuencia", introduzca 50 y confirme.
- Ajuste de tensión:
  - Ajuste la amplitud a 8 V RMS utilizando uno de los siguientes métodos:
    - Arrastre el control deslizante de tensión hasta 8 V. o
    - Pulse el botón "Ajustar tensión", introduzca 8 y confirme.
- Activa el Generador:
  - Pulse el botón Ejecutar (el estado se vuelve verde).
- Configuración de las propiedades de los componentes:
  - Habilitar "Tensión U" (ajustado en Sí).
  - Desactive todas las demás visualizaciones de tensión y corriente (ajuste en No).
- Captura de datos:
  - Haga clic en el botón Capturar para grabar la traza de salida de CA.
- Guardar datos:
  - La aplicación guarda automáticamente los datos en un archivo CSV.
  - También puede hacer una captura de pantalla para sus archivos.
- Parar y reiniciar:
  - Haga clic en Parar para detener la salida del generador.
  - Haz clic en Borrar para restablecer la visualización de la aplicación.



## Procedimiento : Parte B: Configuración 200 Hz, 12 V RMS

- Ajuste de frecuencia:
  - Ajuste la frecuencia del generador a 200 Hz utilizando uno de los siguientes métodos:
    - Arrastra el control deslizante de frecuencia hasta 200 Hz.
    - Pulse el botón "Ajustar frecuencia", introduzca 200 y confirme.
- Ajuste de tensión:
  - Ajuste la amplitud a 12 V RMS utilizando uno de los siguientes métodos:
    - Arrastra el control deslizante de tensión hasta 12 V.
    - Pulse el botón "Ajustar tensión", introduzca 12 y confirme.
- Activa el Generador:
  - Pulse el botón Ejecutar (el estado se vuelve verde).
- Configuración de las propiedades de los componentes:
  - En el menú Propiedades del componente:
    - Habilitar "Tensión U" (ajustado en Sí).
    - Desactive todas las demás visualizaciones de tensión y corriente (ajuste en No).
- Captura de datos:
  - Pulse el botón Capturar para grabar la traza de salida de CA.
- Guardar datos:
  - La aplicación guarda automáticamente los datos en un archivo CSV.
  - También puede hacer una captura de pantalla para sus archivos.
- Parar y reiniciar:
  - Haga clic en Parar para detener la salida del generador.
  - Haz clic en Borrar para restablecer la visualización de la aplicación.

## ¿Y qué?



- Amplitud - tensión máxima de la señal.
- Periodo - tiempo que tarda en producirse un ciclo de la onda (es decir, 1 pico más 1 valle).  
- medido en segundos.
- Frecuencia - número de ciclos de la onda producidos por segundo;  
- medido en hercios. (1 Hz significa un ciclo producido cada segundo.) La relación entre ellos es:

$$\text{Frecuencia} = 1 / \text{período}$$

# Ficha 1

## CA monofásica



### Suministrando energía:

A veces, una fuente de alimentación de CA suministra cero voltios. Otras veces, suministra valores más altos o más bajos. Un dato inútil: ¡la tensión media de una alimentación de CA (cualquier alimentación de CA) es cero!

Esto NO significa que los suministros de CA no hagan nada, ¡ni mucho menos! - la potencia media suministrada NO es cero. (Para una resistencia R, la potencia suministrada =  $V^2 / R$ , es decir, depende de la tensión al cuadrado). Por lo tanto, la tensión puede ser negativa, pero la potencia suministrada sigue siendo positiva. Una tensión negativa significa simplemente que la corriente fluye en sentido contrario, como has visto en el tercer circuito).

Para una alimentación de CA, una medida más significativa que la tensión media es la eficaz. Aunque significa "tensión cuadrática media", es mejor considerarla como la tensión continua que suministraría la misma potencia a una carga.

Para una señal senoidal, la tensión de pico y la tensión eficaz están unidas por:

$$V_{rms} = 0,7 \times V_{pico}$$

### Para que lo sepas:

- Copia el diagrama de la señal de corriente alterna y explica el significado de los términos *amplitud*, *periodo* y *frecuencia*.
- Copia la tabla y utiliza las medidas que tomaste en la primera parte de la investigación para

Amplitud en	Período en s	Frecuencia en

- Copia y completa el enunciado calculando la tensión eficaz:  
*En el primer circuito, la tensión eficaz era .....*

# Ficha 2

## Corriente alterna trifásica

La energía eléctrica se transmite por todo el país utilizando un sistema trifásico, en lugar de uno monofásico, debido a varias ventajas:

- Requiere menos cobre para los cables de transmisión.
- Proporciona una potencia más suave, reduciendo las vibraciones del motor.
- Los alternadores trifásicos son más pequeños y ligeros que sus equivalentes monofásicos.
- Admite dispositivos monofásicos y trifásicos, a diferencia de las fuentes monofásicas.



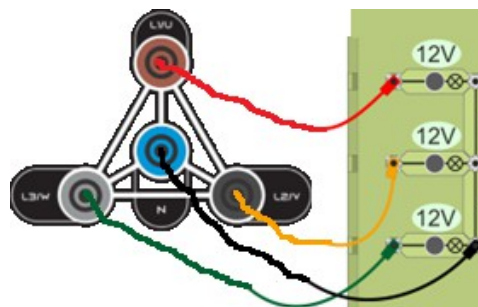
Esta hoja de ejercicios cubre los fundamentos de la distribución de energía trifásica.

### Te toca a ti:

Esta investigación explora por qué un sistema "trifásico" se llama así. Consta de dos experimentos: uno a baja frecuencia utilizando lámparas y otro a una frecuencia más alta.

### Experimento 1: Observación de baja frecuencia (0,1 Hz)

- Equipo necesario:
  - Tres bombillas MES de 12 V con portalámparas
  - Generador trifásico
  - Software Matrix Trifásico



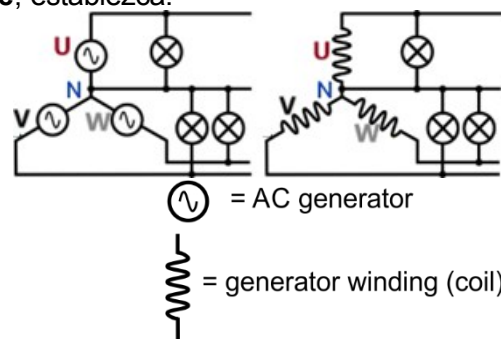
#### 1 Procedimiento:

- Monta el circuito utilizando las tres bombillas MES de 12V y los casquillos.
- Ajuste los parámetros del generador trifásico, mediante App, de la siguiente manera:
  - Frecuencia: **0,1 Hz** (fija)
  - Amplitud: **10 V**
- Encienda el generador y observe las bombillas.
  - Observa que las bombillas no están ni totalmente sincronizadas ni totalmente desincronizadas.
  - Cada bombilla alcanza su brillo máximo en momentos diferentes.
    - En el software Matrix Trifásico:
- Haga clic en **Capturar** para grabar los datos.
  - Observa el **eje x** para determinar el tiempo necesario para un ciclo completo.
  - En las **Propiedades de configuración del componente**, establezca:
    - **Tensión U, Tensión V, Tensión W**: Sí
    - **Corriente U, Corriente V, Corriente W**: No
- Haga clic en **Borrar** para restablecer el gráfico.

### 1 Experimento 2: Observación de alta frecuencia (50 Hz)

#### 2 Procedimiento:

- Repita la configuración como en el Experimento 1.
- Ajuste la configuración del generador trifásico:
  - Frecuencia: **50 Hz**
  - Amplitud: **10 V**
- Encienda el generador y vuelva a observar las bombillas.



# Ficha 2

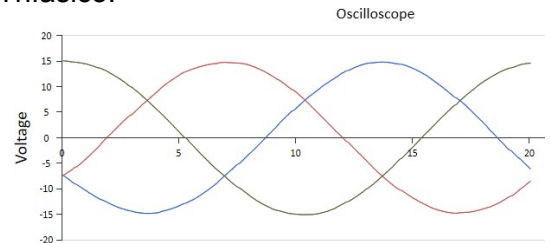
## Corriente alterna trifásica

### Análisis y observaciones:

- Compara el comportamiento de las bombillas a **0,1 Hz** y **50 Hz**.
- Observa cómo afecta la relación de fase al patrón de iluminación.
- Analice las formas de onda registradas en el software Matrix Trifásico.

### ¿Y qué?

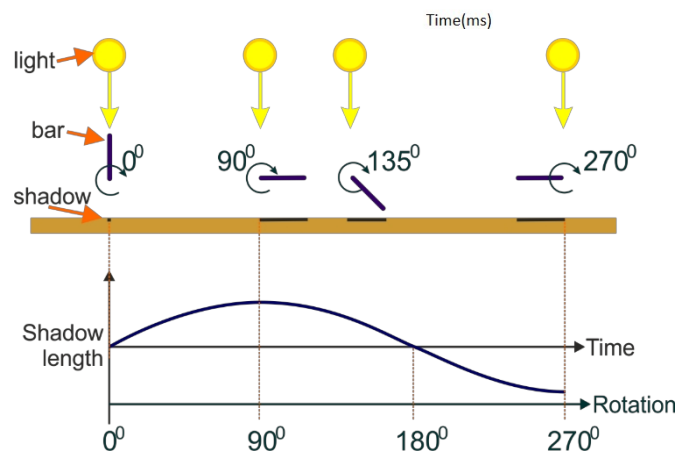
El diagrama del lado opuesto ilustra una salida típica de la aplicación. Cada fase, representada en colores diferentes, tiene un periodo de tiempo idéntico de 20 ms (correspondiente a 50 Hz). Los picos de estas fases se producen a intervalos de  $20/3 \approx 6,67$ ms, lo que corresponde a una fase.



### Ángulo de fase:

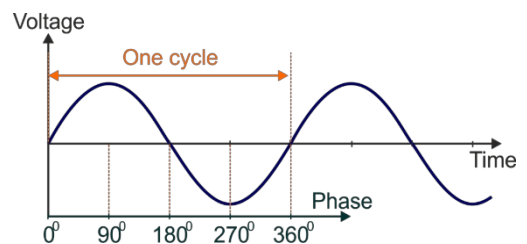
Imagina una barra que gira alrededor de un extremo. Sobre ella, una luz brilla hacia abajo, creando una sombra de la barra.

A medida que la barra gira, la sombra se alarga, luego se acorta, luego se reduce a cero, luego se alarga en el otra dirección, y así sucesivamente. A que la barra sigue girando, la secuencia de sombras se repite. Una rotación completa de la barra crea un ciclo de la secuencia.



Podemos utilizar la misma idea para describir la fase en señales de tensión alterna. En este caso, punto inicial y el punto final de un ciclo de la señal están separados por una diferencia de fase de 360°.

Utilizando la información anterior, un ciclo de cada fase dura 20 ms, por lo que los puntos que están separados 20 ms tienen un ángulo de fase de 360° entre ellos. Los picos de las tres fases están separados por 6,66 ms. En otras palabras, las fases son separados por ángulos de fase de  $(360/20) \times 62/3 = 1200$ .



### Para que lo sepas:

- Describe cinco ventajas de la transmisión trifásica sobre la monofásica. (Es posible que tengas que investigar un poco sobre este tema, utilizando internet, por ejemplo).
- Dibuja dos ciclos de una señal sinusoidal. Añade una segunda señal en la que el ángulo de fase entre ambas sea 180°.
- Vuelve a hacer lo mismo, con un ángulo de fase de 270° entre las dos señales.

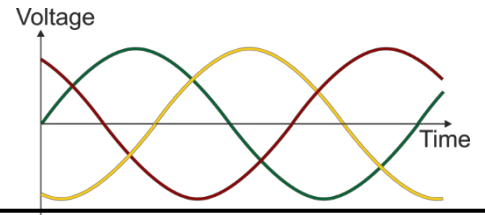
# Ficha 3

## Más aspectos básicos de las fases

¡Es complicado!

Las tensiones y corrientes cambian de tamaño y dirección con el tiempo. Parece que hay tres fuentes separadas, todas con picos en momentos diferentes.

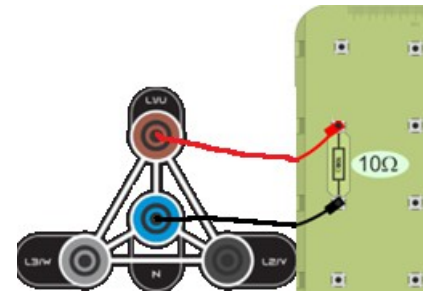
Necesitamos una palabra para describir todo esto: fase.



### Te toca a ti:

Estas investigaciones se centran en la relación entre corriente y tensión en tres tipos diferentes de carga: resistiva, capacitiva e inductiva. La inductiva se crea uniendo en serie las bobinas del motor trifásico.

- Construye el circuito que se muestra al lado. Esta vez estamos monitoreando el voltaje de CA a través de la resistencia de  $10\Omega$  y la corriente que fluye a través de ella.
- **Compruebe que el generador trifásico está ajustado a la salida '6V' 50 Hz o la resistencia de  $10\Omega$  puede sobrecalentarse.**
- Haga clic en "Ejecutar".
- Haga clic en Capturar para obtener una traza que compare la tensión alterna a través de la resistencia con la corriente que circula por ella.
- Obtener captura de pantalla
- Observe que las dos señales de CA (la tensión a través de la resistencia y la corriente a través de ella), están en paso (en fase) entre sí.
- Apague el generador trifásico.



### Un reto:

Utilizando el mismo método, modifica el circuito para obtener trazas de tensión y corriente para:

- un condensador de  $33\mu\text{F}$ ;
- un inductor, fabricado utilizando una de las bobinas del motor.



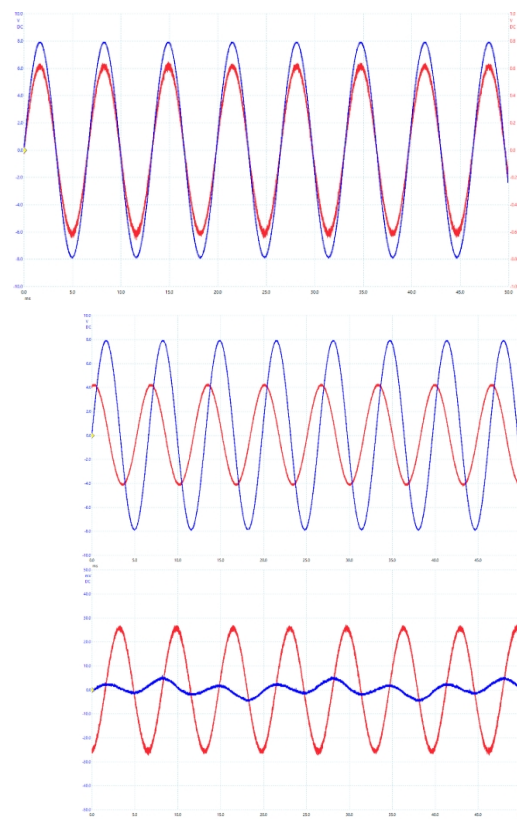
# Ficha 3

## Más aspectos básicos de las fases

### ¿Y qué?

Al lado se muestra una traza típica del osciloscopio para la resistencia.

El trazo rojo indica la corriente que circula por la resistencia y el trazo azul la tensión a través de ella. Suben y bajan de forma escalonada. Están en fase.



Cuando modificó el para investigar el otros componentes, debería haber obtenido trazas como las que se muestran al lado.

- En el condensador, la corriente alcanza su valor máximo cuando la tensión es cero.
- En el inductor, la tensión alcanza su valor máximo cuando la corriente es nula.

### Ángulo de fase:

Utilizando los ángulos de fase, podemos refinar nuestras afirmaciones anteriores:

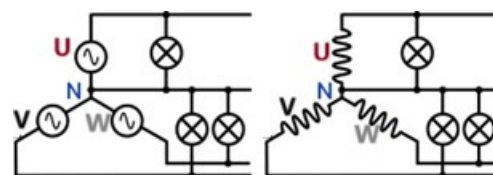
- En un condensador, la señal de corriente adelanta a la señal de tensión en un ángulo de fase de  $90^\circ$ .
- En el inductor, la tensión adelanta a la corriente en un ángulo de fase de  $90^\circ$ .

### Tensión de fase frente a tensión de línea:

Al hablar de sistemas trifásicos, se utilizan dos medidas diferentes de tensión: la tensión de fase y la tensión de línea.

- Tensión de fase: medida entre un borne de fase y el borne común ("N").
- Tensión de línea: medida entre una fase y otra.

El circuito que montaste antes medía tensiones de fase.



### Para que lo sepas:

- Copia el diagrama que muestra la diferencia entre la tensión de fase y la tensión de línea.
- Copie y complete la declaración:  
*Para una carga resistiva, la tensión y la corriente alterna son .....*
- ¿Cuál es el ángulo de fase entre la corriente y la tensión en una resistencia?
- Copia las dos viñetas que describen los ángulos de fase en condensadores e inductores.

# Ficha 4

## Y ahora el faser

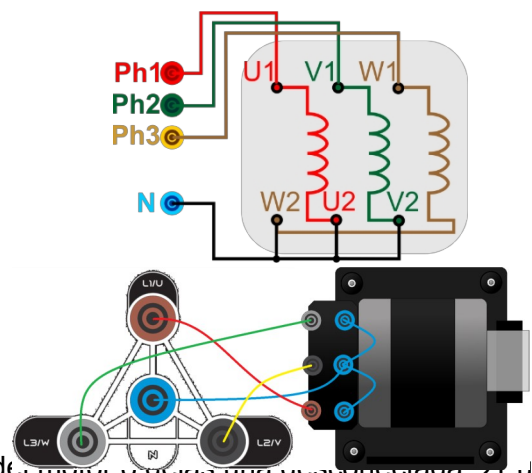
Es aún más complicado de lo que pensábamos. Hemos visto que la corriente que circula por el componente puede no estar en fase con la tensión que lo atraviesa. Y lo que es peor, ¡el tamaño y la dirección de ambas cambian con el tiempo! El lenguaje de la corriente alterna se amplía con la introducción del faser (no el "faser", que pertenece a "Star Trek"). La hoja de ejercicios comienza con el motor trifásico, con una alimentación trifásica y, a continuación, con una monofásica, para pasar después a los fasores y su interpretación.



### Te toca a ti:

#### Alimentación trifásica:

- Construye el primer circuito, que se muestra al lado.
- Ajusta la frecuencia a 50 Hz y la amplitud a 6V.
- Conecte la alimentación trifásica.
- ¿Cuál es el efecto de poner la amplitud a 9V?
- ¿Cuál es el efecto de aumentar la frecuencia a 60 Hz?
- ¿Qué ocurre cuando se aumenta la frecuencia a 120 Hz?

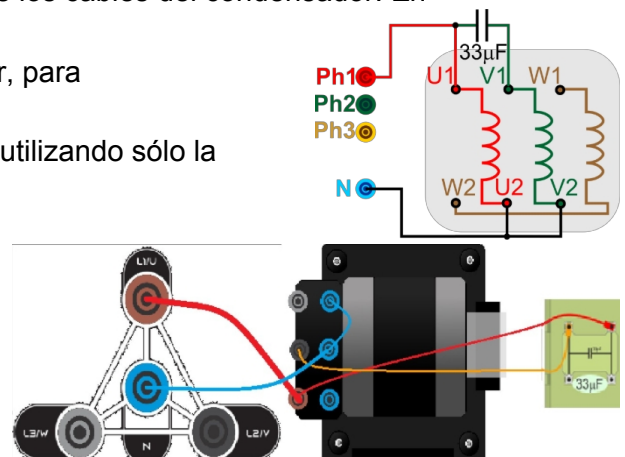


#### Desafíos:

Investiga qué ocurre cuando cambias las conexiones de fase del motor o dejas una desconectada. ¿Puedes invertir el sentido de giro?

#### Alimentación monofásica:

- Construye el segundo circuito, que se muestra al lado. Utiliza sólo una fase de la fuente de alimentación para accionar dos conjuntos de bobinas, las bobinas "U" y "V", (si está configurado como en el diagrama). El condensador añade un desfase entre las alimentaciones de las dos bobinas.
- Con la misma frecuencia y amplitud de 8 V, enciéndelo.
- Cuando el motor esté en marcha, desconecte uno de los cables del condensador. En debe seguir funcionando.
- Una vez más, apoye un dedo en el volante del motor, para juzgar la suavidad con la que se aplica el par.
- ¿Necesita el motor la segunda bobina, o funcionará utilizando sólo la alimentación de una bobina?  
(Pruebe desconectando uno de los cables del condensador).
- Investiga los efectos de cambiar la frecuencia y la amplitud de la alimentación, con y sin el condensador conectado.



# Ficha 4

## Y ahora el fasor

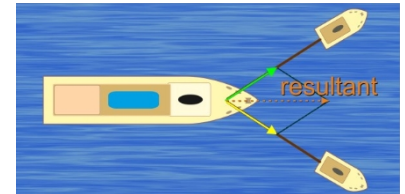
### ¿Y qué?

Para entender los circuitos de CA que contienen condensadores e inductores, es necesario comprender los fasores. El primer paso es examinar los vectores:

**Vectores:** las magnitudes vectoriales, como las fuerzas y las velocidades, sólo se describen completamente cuando se indican tanto el tamaño como la dirección. Combinarlas no es sencillo.

Por ejemplo, el diagrama muestra dos remolcadores tirando de un barco. La fuerza ejercida por cada remolcador se muestra como una flecha.

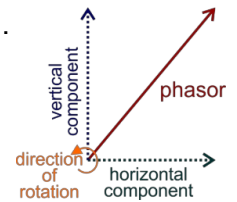
- su longitud representa el tamaño de la fuerza;
- su dirección es la dirección de la fuerza.



Para hallar la fuerza total (**resultante**), completa el paralelogramo y construye la diagonal, como se muestra. Su longitud da el tamaño de la fuerza resultante, su dirección, la dirección de la fuerza resultante.

**Fasores:** la corriente y la tensión tienen tamaño y dirección, como los vectores, pero cambian con el tiempo. También pueden representarse mediante flechas, pero éstas giran.

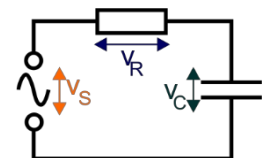
La longitud de la componente horizontal da el tamaño de la tensión o corriente en ese instante. A medida que el fasor gira, ésta aumenta hasta un máximo, disminuye hasta cero, aumenta y así sucesivamente, (como la barra giratoria de la ficha 2.) Dirección - cuando la componente horizontal está a la derecha de el diagrama, la corriente fluye hacia la derecha, digamos, y cuando el componente está en el lado izquierdo, se fluye hacia la izquierda.



**Combinación de fasores:** también utiliza la regla del paralelogramo, pero la corriente "arrastrada" por varias tensiones.

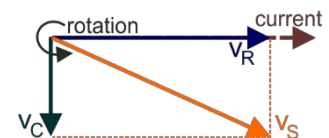
Por ejemplo, en el circuito descrito por el diagrama de al lado:

- la tensión de alimentación,  $v_s$ , se reparte entre la resistencia y el condensador;
- la corriente a través de ambos es la misma ya que están en serie;
- la corriente está en fase con la tensión de la resistencia,  $v_R$ , pero adelanta a la tensión del condensador,  $v_C$ , en  $90^\circ$ .



Esto al diagrama de fasores opuesto. (Las longitudes de  $v_R$  y  $v_C$  son arbitrarias). Aunque todos los fasores giran (a la frecuencia de alimentación), el diagrama muestra la situación cuando la corriente es máxima.

- Comprueba el diagrama para asegurarte de que puedes ver la información sobre  $v_R$ ,  $v_C$  y la corriente. La regla del paralelogramo vectorial da  $v_s$  como resultante de  $v_R$  y  $v_C$ .
- Para que lo sepas:



Describe cómo un fasor de corriente contiene información sobre su tamaño y dirección.

Copie el esquema del circuito y el diagrama fasorial indicados anteriormente. Explica la relación entre ellos. Se añade un inductor puro (sin resistencia) en serie con la resistencia y el condensador. el esquema y el diagrama fasorial del nuevo circuito. Elige tamaños iguales para  $v_C$  y  $v_L$ . (¡Si se suman, se anulan!)

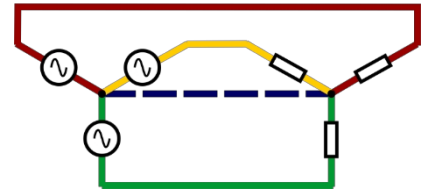
# Ficha 5

¡Es una estrella!

Existen dos formas de conectar cargas y suministros trifásicos: la configuración en estrella (o "Wye", por su parecido con la letra "Y") y la configuración en triángulo.

El diagrama muestra una alimentación trifásica conectada en estrella que impulsa una carga configurada en estrella.

En la configuración en estrella, existe un punto "neutro", donde todas las fases o cargas están conectadas entre sí.



## Te toca a ti:

- Construye el circuito que se muestra al lado.
- En el generador trifásico, ajusta la frecuencia a 60 Hz y la amplitud a 10 V y enciéndelo.

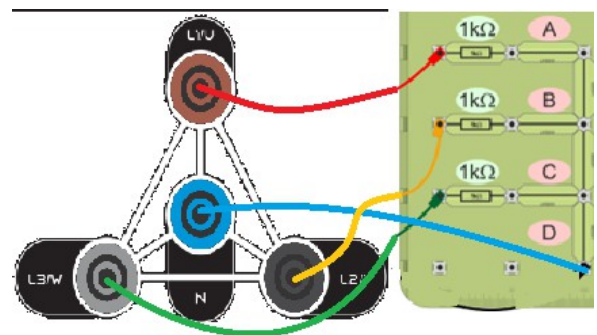
## Tensiones en una configuración en estrella:

Tensiones de fase:

- Utilice un multímetro para medir el "marrón". tensión de fase,  $V_U$ , a través de la resistencia superior.
- Del mismo modo, mida la tensión de fase 'Negra',  $V_V$ , a través de la resistencia central y la tensión de fase 'Gris',  $V_W$ , a través de la inferior.
- Introduzca todos los valores en la tabla.

Tensiones de línea:

- Con los mismos ajustes, mida la tensión de línea,  $V_{UV}$ , entre la fase "Marrón" y la fase "Negra".
- Del mismo modo, mide las tensiones de línea  $V_{VW}$  y  $V_{UW}$ .
- Introduzca todos los valores en la tabla.



Tensión	Valor en V
Tensión de fase "marrón", $V_U$	
Tensión de fase "negra", $V_V$	
Tensión de fase "gris", $V_W$	
tensión de línea $V_{UV}$	
tensión de línea $V_{VW}$	
tensión de línea $V_{UW}$	

## Corrientes en una configuración en estrella:

- Retire el enlace de conexión A. Con un multímetro encendido, mida la corriente de fase  $I_U$  e introduzca el en la tabla.
- Sustituya el eslabón de unión A.
- Mida del mismo modo las corrientes de fase  $I_V$  e  $I_W$ . Introduce sus valores en la tabla.
- Quitar el eslabón de conexión D. Medir la corriente en el hilo neutro,  $I_N$  e introduce su valor en la tabla.

Actual	Valor en mA
Corriente de fase "marrón", $I_U$	
Corriente de fase "negra", $I_V$	
Corriente de fase "gris", $I_W$	
Corriente neutra, $I_N$	

# Ficha 5

¡Es una estrella!



## ¿Y qué?

**Tensiones de fase** - Las magnitudes de las tres tensiones de fase son prácticamente idénticas.

Esto se debe a la forma en que está construido el generador trifásico.

**Tensiones de línea:** la teoría predice la relación:

$$\text{Tensión de línea} = \sqrt{3} \times \text{Tensión de fase}$$

- Completa la tabla utilizando las medidas de la página anterior.

Tensión	Valor en V	$\sqrt{3}$ x tensión de fase
Tensión de fase "roja", $V_R$		
Tensión de fase "amarilla", $V_Y$		
Tensión de fase "azul", $V_B$		
tensión de línea $V_{RY}$		
tensión de línea $V_{YB}$		
tensión de línea $V_{BR}$		

- ¿Apoyan los esta relación?

## Corriente en una configuración en estrella -

Este circuito tiene la fuente de alimentación trifásica conectada en estrella y las cargas conectadas en estrella. Los puntos neutros de cada estrella están conectados entre sí. En este caso, la carga se conoce **carga equilibrada**, ya que la impedancia (en este caso resistencia) en cada fase es idéntica ( $1k\Omega$ ).

- Como puede verse en el circuito, la corriente de fase y la corriente de línea son idénticas.
- Observa que las corrientes en las tres fases son idénticas, lo cual no es sorprendente, ya que las tensiones de fase son idénticas y las cargas son idénticas.
- Lo que puede sorprender es el valor de la corriente en el hilo neutro: ¡prácticamente cero! Es el resultado de las diferencias de fase entre las corrientes.
  - No están en fase.
  - No todos alcanzan máximos a la vez.
  - No se suman aritméticamente.

**Un reto:** quita el cable neutro. ¿Hay alguna diferencia en las lecturas?

Investiga qué ocurre cuando la carga está desequilibrada. (Cambia una de las resistencias de  $1k\Omega$  por un valor diferente, como  $2,2k\Omega$ ).

## Para que lo sepas:

- Dibuja el esquema del sistema que has construido para esta investigación.
- Resume las conclusiones de la sección anterior.
- Explica el misterio de la "corriente desaparecida" cuando se utilizaba una carga equilibrada.  
¿Adónde ha ido a parar?
- Explique por qué la electricidad se transmite normalmente utilizando un sistema de cuatro hilos, en lugar de uno de tres.  
sistema de cables.

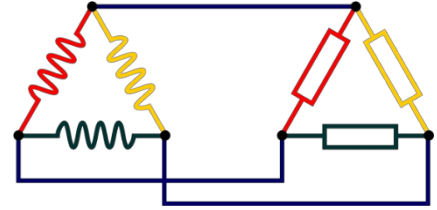
# Ficha 6

## En el delta

La otra forma de configurar los circuitos trifásicos es utilizar la conexión "delta", (llamada así por la similitud de la forma con la letra griega "delta" ( $\Delta$ )).

El diagrama muestra una fuente de alimentación trifásica, conectada en configuración delta a una carga, también en configuración delta.

Esta vez, no hay punto neutro, y sólo tres cables enlazar la fuente de alimentación y la carga.

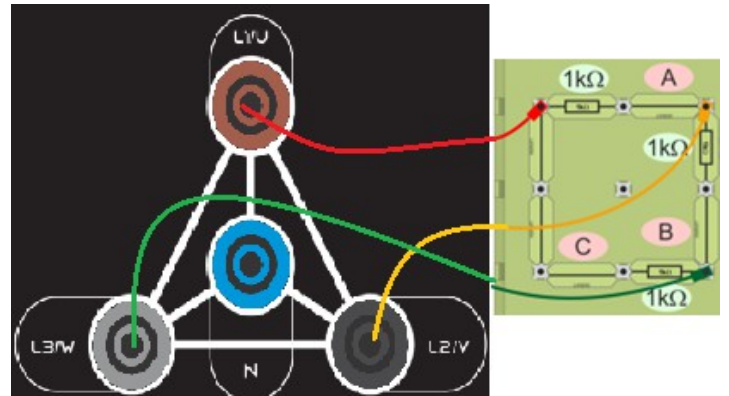


### Te toca a ti:

- Construye el circuito que se muestra al lado. Es posible que la conexión en triángulo no resulte evidente a primera vista.

Compáralo con el esquema del circuito que aparece a continuación:

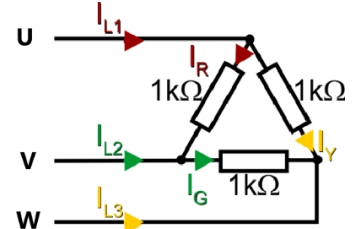
- fases se conectan entre sí a través de cargas de  $1\text{k}\Omega$ ;
- las tres resistencias de carga son conectados en bucle.
- En el generador, ajusta la frecuencia a 50 Hz y la amplitud a 6 V y enciéndelo.



### Tensiones en configuración delta:

Como puede verse en el diagrama, la tensión de fase y la tensión de línea son ahora idénticas.

- Utiliza un multímetro para medir las tensiones de línea a través de las tres cargas de  $1\text{k}\Omega$  y anótalas en la tabla.



### Corrientes en una configuración en estrella:

- Retire el enlace de conexión A. Con el multímetro en el rango de 20 mA CA, mida la corriente de fase,  $I_1$ , a través de la resistencia de  $1\text{k}\Omega$  conectada entre las fases **U** y **V**.
- Introduce el resultado en la tabla.
- Sustituya el enlace de conexión A. A continuación, mida las corrientes de fase  $I_2$  e  $I_3$ . Introduce sus valores en la tabla.
- Retire el cable rojo que conecta **U** a la carga.
- Sustitúyalo por el multímetro y lea la corriente de línea  $I_{L1}$ . Introduce su valor en la tabla.
- Haz lo mismo para las otras dos corrientes de línea,  $I_{L2}$  e  $I_{L3}$ .

Tensión de línea	Valor en V
V12	
V13	
V23	

Actual	Valor
corriente de fase, $I_1$	
corriente de fase, $I_2$	
corriente de fase, $I_3$	
corriente de línea $I_{L1}$	
corriente de línea $I_{L2}$	
corriente de línea $I_{L3}$	

# Ficha 6

## En el delta



### ¿Y qué?

La teoría predice la relación:

$$\text{Corriente de línea} = \sqrt{3} \times \text{Corriente de fase}$$

- Completa la tabla utilizando las medidas de la página anterior.

Actual	Valor en	$\sqrt{3}$ x corriente de fase
corriente de fase, $I_1$		
corriente de fase, $I_2$		
corriente de fase, $I_3$		
corriente de línea $I_{L1}$		
corriente de línea $I_{L2}$		
corriente de línea $I_{L3}$		

- ¿Apoya esta relación?

### Resumen:

#### En una configuración delta:

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

$$\text{Corriente de línea} = \sqrt{3} \times \text{Corriente de fase}$$

### Un reto -

- Conecte el motor trifásico utilizando una configuración en triángulo:
  - conecte las tres bobinas en formación delta: U2 a V1, V2 a W1 y W2 a U1.
  - conecte las tres fases a U1, V1 y W1.
- ¿Qué ocurre cuando se invierten dos de las fases?
- Compara el rendimiento del motor en configuración triángulo con el visto anteriormente utilizando la configuración estrella.

### Para que lo sepas:

- Copie el esquema del circuito que muestra una alimentación trifásica configurada en triángulo, que impulsa una carga trifásica configurada en triángulo.
- Resuma las conclusiones de esta investigación.
- Utilizando un buscador de Internet o libros de texto, elabora una tabla con las ventajas y desventajas relativas de las configuraciones estrella y delta.
- Dibuje el esquema del motor configurado en triángulo con alimentación trifásica.
- Compare el rendimiento del motor en configuración estrella y triángulo.

# Ficha 7

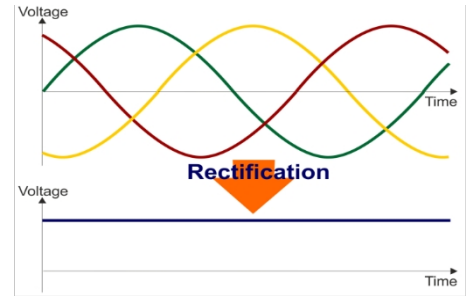
## Rectificación de media onda

Algunos aparatos eléctricos requieren una alimentación de CC no funcionan con CA.

La rectificación es el proceso de transformar una alimentación de corriente alterna en corriente continua. Se basa en el hecho de que los diodos permiten que la corriente apreciable fluya en una sola dirección. Comparación entre trifásica rectificada y monofásica:

La ventaja es que el resultado es mucho más suave.

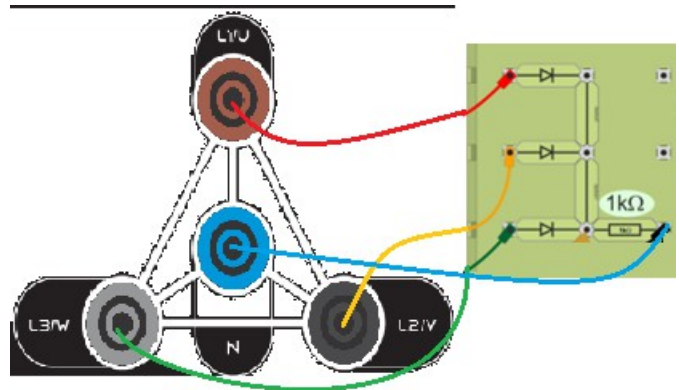
La desventaja es que requiere más diodos para .



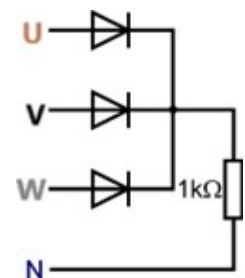
### Te toca a ti:

- Construye el circuito que se muestra al lado. (Debajo figura el esquema del circuito). Utiliza el generador trifásico, en configuración de estrella, para conducir corriente a través de una carga de  $1k\Omega$ . Cada fase tiene un diodo en serie para asegurar que la corriente fluye sólo en un sentido a través de la . Observe la pinza de masa del osciloscopio.

- En el generador trifásico, ajuste :
  - la frecuencia a 50 Hz;
  - la amplitud a 9V.
- Utilice los siguientes ajustes del osciloscopio: Base de tiempo 5ms/div  
Canales A, B, C y D Auto  
Disparo Auto  
Umbral 0V  
Pre-disparo 0%



- Encienda el generador trifásico.
- Obtenga una traza que muestre las tres fases que suministran potencia a la carga y la salida rectificada de media onda aplicada a la misma.
- Guárdalo para tus archivos.
- Para que quede más claro lo que ocurre, apague los canales B y C en el osciloscopio y obtener otra traza, mostrando las salidas en los canales A y D, es decir, una fase de entrada y la salida.
- Guárdelo para sus archivos con una explicación de lo que muestra.



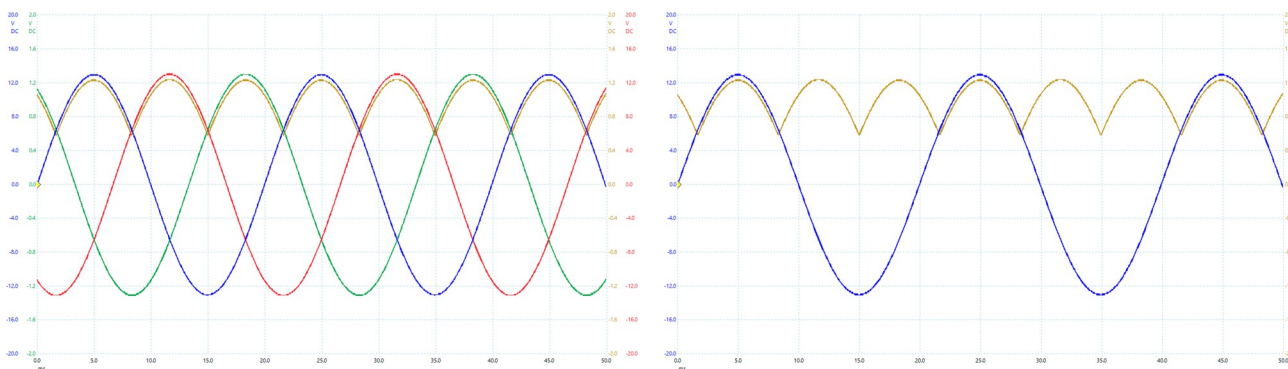


# Ficha 7

## Rectificación de media onda

### ¿Y qué?

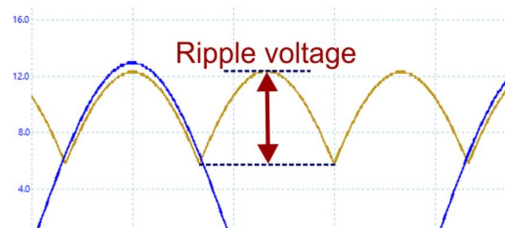
Los diagramas muestran señales típicas. La salida rectificada está en el canal D, que se muestra en dorado.



Observe que se sitúa por debajo de la señal de fase de CA correspondiente. Esto se debe a la caída de 0,7 V (aprox.) a través de un diodo de silicio conductor. El trazo es siempre positivo por lo que se trata de una señal de CC, aunque no de CC suave.

En un ciclo de CA, hay tres picos en la señal rectificada, uno para cada una de las tres fases. Esto indica que se trata sólo de rectificación de media onda.

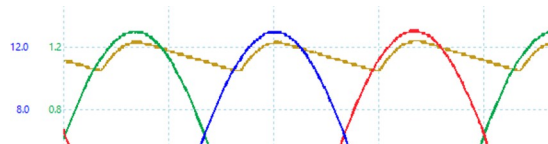
- se ignora el semiciclo negativo de cada fase. (¡Compara esto con la siguiente hoja de ejercicios!)



La variación de la tensión de salida (a través de la carga) se conoce como tensión de rizado.

### Desafíos -

- Conecta un condensador no electrolítico de 33 $\mu$ F en paralelo con la carga de 1k $\Omega$ .
- Obtenga nuevas trazas de osciloscopio para ver el efecto sobre la tensión de rizado. Al lado se muestra una salida típica. Observe la reducción del rizado.
- ¿Cuál es el efecto sobre la tensión de rizado de la utilización de diferentes valores de resistencia de carga? Podrías aumentar la resistencia de carga conectando varias resistencias de 1k $\Omega$  en serie, o reducirla en paralelo. (Dos resistencias de 1k $\Omega$  en paralelo tienen una resistencia combinada de 0,5k $\Omega$ , cuatro en paralelo tienen una resistencia combinada de 0,25k $\Omega$ ).



### Para que lo sepas:

- Dibuja el esquema de un rectificador trifásico de media onda e incluye el alisado del condensador.
- Explica por qué se considera que la salida de este circuito es CC.
- Explique el término "tensión de rizado" y explique por qué la adición de un regulador (o "depósito") reduce el rizado.

# Ficha 8

## Rectificación de onda completa

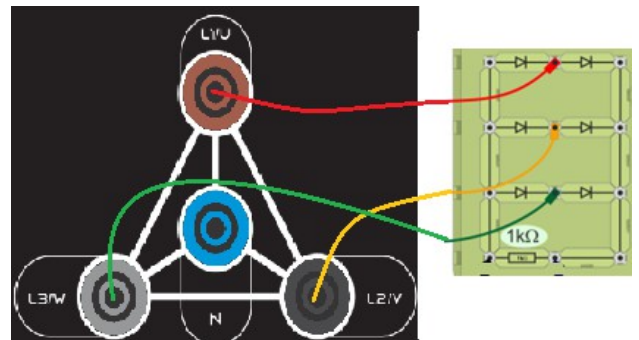
La rectificación se utiliza a menudo en los vehículos de motor. Estos generan electricidad trifásica mediante alternadores, que son más pequeños y ligeros que los generadores de corriente continua equivalentes, incorporado en el alternador es un rectificador de onda completa. En la hoja de ejercicios anterior se analizó la rectificación de media onda, que produce una tensión continua de salida, pero con una tensión de ondulación. Esto es a menudo indeseable, ya que puede causar "zumbidos" audibles en los equipos de audio y efectos espurios en los sistemas digitales.



### Te toca a ti:

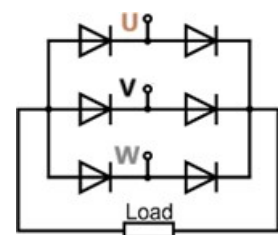
- Construye el circuito que se muestra al lado. Fíjate en la pinza de masa del osciloscopio. Asegúrese de que todos los diodos están conectados correctamente.

Sin sondas especializadas, no puede obtener trazas de todas las fases Y la salida de onda completa simultáneamente, ya que cortocircuitaría parte del circuito. En su lugar, utilice sólo una sonda para controlar la salida a través de la carga, como se muestra.



#### Ajustes del osciloscopio:

Base de tiempo	5 ms/div
Canal A	Auto
Canales B, C y D	Desa
Activado Disparo	Auto
Umbral	0V
Pre-disparo	0%



- Ajuste la frecuencia del generador trifásico a 50 Hz y la amplitud a 9 V.
- Enciéndelo.
- Obtén una traza que muestre la salida a través de la carga de 1kΩ.
- Guárdalo para tus archivos con una explicación de lo que muestra.
- Conecta un condensador de 33μF en paralelo con la carga de 1kΩ y repite el proceso. (Para ver la relación entre la salida y las fases, mueva la sonda del canal A del osciloscopio para examinar cada fase sucesivamente).

# Ficha 8

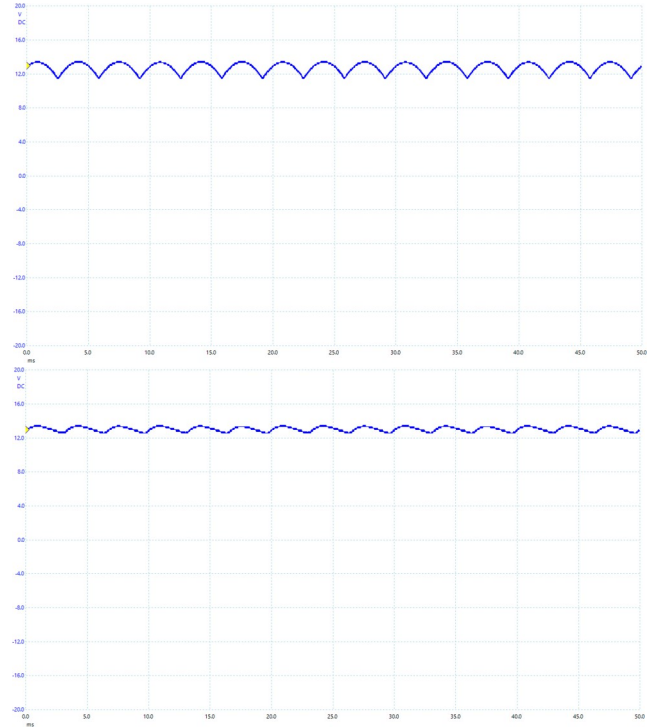
## Rectificación de onda completa

### ¿Y qué?

Las dos trazas opuestas muestran los resultados típicos del osciloscopio, sin suavizado (traza superior) y con suavizado (traza inferior).

Compárelos con los obtenidos para la rectificación de media onda.

La amplitud de la tensión de rizado es mucho menor y la frecuencia es mayor que con la rectificación de media onda.



### Un reto -

Como en hoja de ejercicios anterior, investiga el efecto del tamaño de la resistencia de carga sobre la tensión de rizado.

### Para que lo sepas:

- Dibuja el esquema de un rectificador trifásico de onda completa, incluido el alisado de condensadores.
- Al investigar este circuito:
  - ¿qué indicaba que la salida era CC?
  - ¿qué indicaba que se trataba de una salida rectificadora de onda completa, en lugar de media onda?
- Describe y *explica* el efecto sobre la tensión de rizado de aumentar el tamaño de:
  - la resistencia de carga
  - el condensador de alisado.

# Ficha 9

## Suministrar energía

Al final se trata de suministrar potencia del transmisor a la carga. Como es lógico, ¡hay una complicación! La potencia real es el producto de la tensión y la corriente *en fase con la tensión*. Como hemos visto, para muchas cargas, la corriente y la tensión no están en fase.

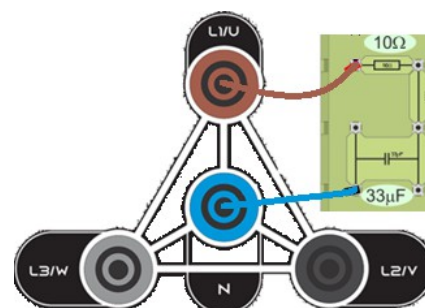
Esta hoja de ejercicios examina cómo se gestiona esta situación, en tres circuitos. Dos utilizan una alimentación monofásica en circuitos que contienen reactancia. El tercero utiliza una alimentación trifásica para accionar el motor trifásico.



### Te toca a ti:

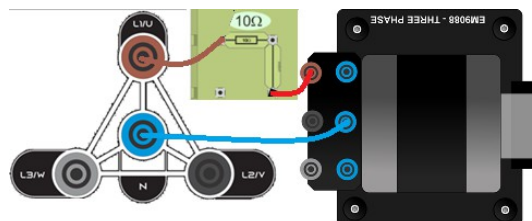
Un circuito R-C:

- Construye el circuito superior que se muestra al lado.
- Ajuste la frecuencia del generador trifásico a 150 Hz y la amplitud a 6 V. Enciéndelo.
- Utilice la misma configuración del osciloscopio que en la hoja de trabajo anterior.
- Obtenga y guarde una traza que muestre la tensión de alimentación y corriente a través del circuito.
- Apaga el generador.



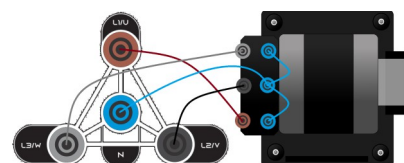
Un circuito R-L:

- Construye el circuito central.
- Utilice los mismos ajustes que antes para el generador trifásico y para el osciloscopio.
- Enciende el generador.
- Obtenga y guarde una traza que muestre la tensión de alimentación y la corriente a través de este circuito.
- Apaga el generador.



El motor trifásico:

- Construye el circuito inferior.
- Una vez más, utilice los mismos ajustes para el generador trifásico y para el osciloscopio.
- Enciende el generador.
- Obtenga y guarde una traza que muestre la tensión de alimentación y la corriente a través de una fase de este circuito.
- Apaga el generador.



### ¿Y qué?

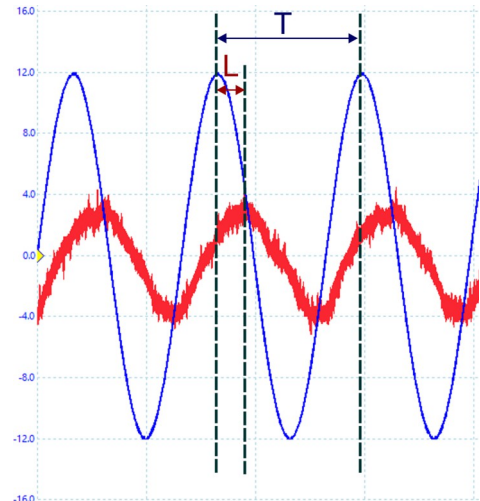
Las trazas producidas en los tres circuitos pueden analizarse para extraer la potencia real suministrada a los dispositivos de carga. El procedimiento se describe a continuación, utilizando una sección de una traza de corriente/tensión obtenida para un circuito R-L para extraer el ángulo de fase  $\phi$ .

La tensión aplicada se muestra en el trazo azul y la corriente en el rojo. La amplitud del trazo de corriente es pequeña y está afectada por el ruido eléctrico. La tensión precede a la corriente, como es de esperar en un circuito con inductancia.

- Dibuja líneas verticales a través de dos picos de tensión adyacentes y un pico de corriente, como se muestra.
- Utiliza la escala de tiempo para medir los tiempos **T** y **L**. **T** es el periodo de la señal.  
**L** es el desfase experimentado por la corriente.

Los resultados de muestra son: **T** = 6,7ms

**L** = 1,3ms



- **T** es el tiempo entre puntos con un ángulo de fase de  $360^\circ$  entre ellos. Por lo tanto, 1,3 ms representa una diferencia de fase de  $(1,3 / 6,7) \times 360^\circ$  o  $70^\circ$  aproximadamente. **En este circuito R-L, la tensión adelanta a la corriente en un ángulo de fase de alrededor de  $70^\circ$ . Esto implica un factor de fase de 0,34 (es decir,  $\cos 70^\circ$ ).**

- De las huellas,

tensión de pico = 12,0V dando  $V_{rms} = 8,4V$ .

lectura de corriente de pico = 7mV.

Con la pinza amperimétrica en el rango de 20A (es decir,

1mV/10mA), la corriente de pico es de  $7 \times 10 = 70mA$ , lo que

da  $I_{rms} = 49mA$ .

Poniendo todo esto junto:

$$\begin{aligned} \text{Potencia real suministrada al sistema, } P &= V_{rms} I_{rms} \cos \phi \\ &= 8,4 \times 49 \times 10^{-3} \times 0,34 \\ &= \mathbf{0.14W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Potencia aparente, } S &= V_{rms} I_{rms} \\ &= \mathbf{0.41VA} \end{aligned}$$

### Para que lo sepas:

- De la misma, determina la potencia real y aparente para los circuitos R-C y R-L que montaste en esta investigación.
- El motor trifásico es una carga equilibrada. La potencia total suministrada = 3 x potencia suministrada a una fase. Utiliza los resultados del tercer circuito para determinar la potencia real suministrada al motor.

# Ficha 10

## Corrección del factor de potencia



Un factor de potencia bajo significa que se necesita más corriente para transferir una cantidad determinada de energía útil.

La corriente adicional almacena energía, temporalmente, en el campo magnético de un motor, por ejemplo. Poco después vuelve a la eléctrica. Suministra la misma potencia útil, pero puede necesitar cables más gruesos, transformadores más pesados, etc., para hacer frente a la corriente extra y, como consecuencia, el consumidor puede incurrir en gastos adicionales.

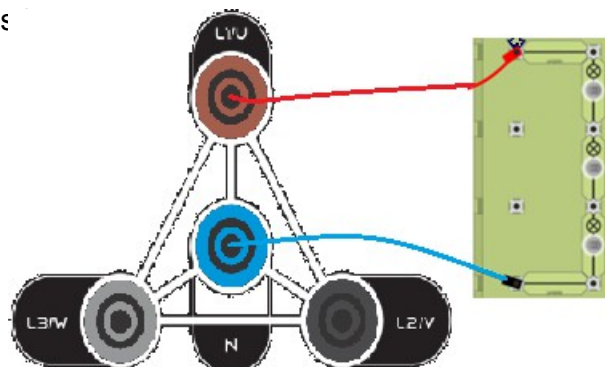


### Te toca a ti:

#### Una carga resistiva:

Las tres lámparas representan una carga puramente resistiva.

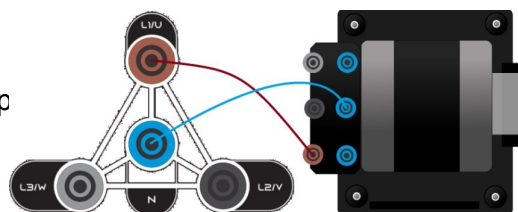
- Construye el circuito que se muestra al lado.
- Ajuste la frecuencia del generador trifásico a 150 Hz y la amplitud a 6 V. Enciéndelo.
- Utilice los mismos ajustes del osciloscopio que en la hoja de trabajo 8.
- Obtenga y guarde una traza que muestre la tensión de alimentación y la corriente a través del circuito.
- Apaga el generador. Una



#### carga inductiva:

Una bobina se utiliza como carga inductiva.

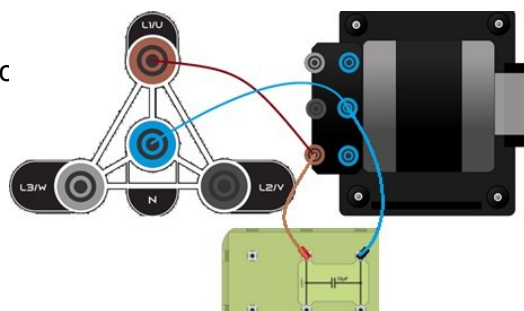
- Construye el segundo circuito.
- Utilice la misma configuración del generador y del osciloscopio.
- Enciende el generador.
- Obtenga y guarde una traza que muestre la tensión de alimentación y la corriente a través de este circuito.
- Apaga el generador.



#### Una carga inductiva con corrección del factor de potencia:

Un condensador equilibra la reactancia inductiva de la carga.

- Construye el tercer circuito.
- Utilice la misma configuración del generador y del osciloscopio.
- Enciende el generador.
- Obtenga y guarde una traza que muestre la tensión de alimentación y la corriente a través del circuito.
- Apaga el generador.



### ¿Y qué?

Con una carga resistiva, la corriente está en fase con la tensión, la disposición óptima para un suministro de energía eficiente.

Sin embargo, no ocurre lo mismo con la carga inductiva no corregida. En los inductores, la corriente va por detrás de la tensión.

La zona coloreada muestra el tiempo durante el cual se suministra energía a la carga. Como se trata de un periodo relativamente corto, la corriente debe ser grande para suministrar suficiente energía.

El objetivo de la corrección del factor de potencia es volver a poner en fase la corriente y la tensión, ampliando el tiempo de suministro de energía. Así, la corriente necesaria para suministrar la energía requerida puede ser menor.

En realidad, la mayoría de las cargas son resistivas o inductivas en general. He aquí algunos ejemplos:

- resistivo - lámpara incandescente, calefactor;
- inductivo - motores, relés, transformadores.

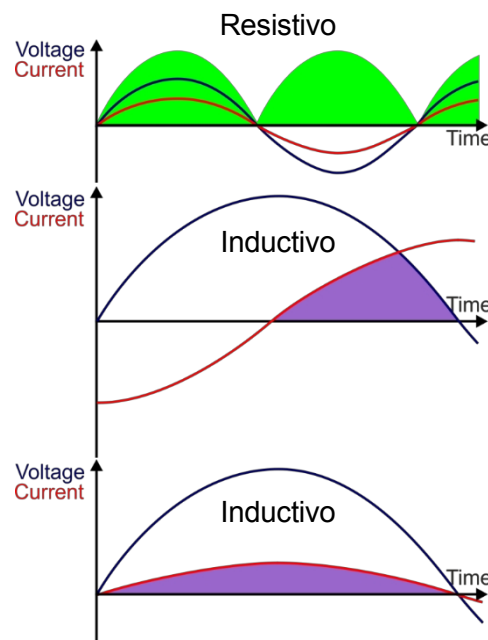
Las cargas inductivas utilizan condensadores añadidos para corregir el factor de potencia.

En el caso de un motor, el valor del condensador necesario para ello depende de aspectos como la velocidad del motor, su carga y la frecuencia de la alimentación. Esto causa complicaciones cuando hay varios motores en la misma fuente de alimentación y cuando su velocidad y carga varían.

Algunas plantas industriales utilizan baterías de condensadores para acercar el factor de potencia global a la unidad y reducir así los costes de electricidad.

Ventajas de la corrección del factor de potencia:

- tarifas eléctricas reducidas y ninguna penalización económica por parte del proveedor de electricidad;
- reducción de las pérdidas de calor en cables, conmutadores, transformadores y equipos de distribución;
- prolongación de la vida útil de los equipos de transmisión y generación;
- menor caída de tensión en los cables, lo que permite utilizar cables de menor calibre.



### Un reto:

Investiga el efecto de cambiar la frecuencia la alimentación trifásica. ¿Qué frecuencia proporciona la mejor corrección del factor de potencia para la carga inductiva?

### Para que lo sepas:

- Explica, utilizando gráficos de tensión / tiempo, el significado del término "corrección del factor de potencia".
- Describe dos ventajas de la corrección del factor de potencia para un consumidor industrial.
- Dibuje el esquema de un circuito que utiliza una alimentación monofásica de CA para accionar un motor eléctrico.  
motor e incorpora corrección del factor de potencia.