



Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Departamento de Ingeniería Eléctrica
EL3003 – Laboratorio de Ingeniería Eléctrica

Guía de Trabajo

Circuitos Trifásicos

Contenido

1	Temas a Investigar.....	1
2	Trabajo de Laboratorio.....	2
2.1	Equipamiento	2
2.2	Consideraciones de seguridad	2
2.3	Medición de Secuencia	3
2.4	Conexión de Carga Equilibrada	3
2.4.1	Condiciones de trabajo.....	3
2.4.2	Medidas a realizar	4
2.4.3	Montaje (Conexiones e Instrumentos)	4
2.5	Conexión de Carga Desequilibrada	6
2.5.1	Condiciones de trabajo.....	6
2.5.2	Medidas a realizar	6
2.5.3	Montaje (Conexiones e Instrumentos)	6
2.6	Mediciones de Diagrama Fasor	7
2.6.1	Condiciones de trabajo.....	7
2.6.2	Medidas a realizar	7
2.6.3	Montaje (Conexiones e Instrumentos)	8
3	Bibliografía	9
4	Anexos.....	10
4.1	Datos	10
4.1.1	Conexión de carga equilibrada.....	10
4.1.2	Conexión de carga desequilibrada	11
4.1.3	Mediciones para construir el diagrama fasor	11

1 Temas a Investigar

Investigue sobre los siguientes temas relevantes para la realización de la presente experiencia de laboratorio:

- Generalidades sobre circuitos trifásicos equilibrados y desequilibrados.
- Determinación de secuencias de fase.
- Relaciones matemáticas entre potencia aparente, potencia activa, potencia reactiva y factor de potencia.
- Teorema de Millman.
- Método de los dos wattmetros.
- Diagramas fasoriales para cargas inductivas y capacitivas.

2 Trabajo de Laboratorio

2.1 Equipamiento

Para el desarrollo de esta experiencia dispone del siguiente equipamiento:

Tabla 1: Equipamiento de la experiencia.

Cantidad	Descripción
1	Secuencímetro
2	Wattmetros
4	Amperímetros CA
4	Voltímetros CA
1	Osciloscopio doble haz
2	Módulos de carga trifásica variable
10	Cables largos
10	Cables medianos
1	Caja de conectores

2.2 Consideraciones de seguridad

En esta experiencia se utilizará la alimentación trifásica de 380 Volts fase-fase disponible en cada mesón, por lo que se reitera observar las condiciones de seguridad en la operación de los equipos.

Advertencia:

Consulte al auxiliar del laboratorio antes de energizar

2.3 Medición de Secuencia

En esta prueba Ud. medirá la secuencia de las fases de la fuente. Para evaluar esto, realice la siguiente secuencia de pasos:

- **Sin energizar**, conecte el secuencímetro al sistema de alimentación de voltajes trifásico disponible en la pared.
- Una vez conectadas las tres fases, accione la palanca del interruptor para **energizar** y determine la secuencia de fases. Al usar un secuencímetro de luz, la secuencia corresponde al sentido que indica la flecha cuya luz enciende.
- Una vez identificada la secuencia, accione el interruptor para **desenergizar** y desconecte el secuencímetro.



Figura 1: Secuencímetro de luz.

2.4 Conexión de Carga Equilibrada

2.4.1 Condiciones de trabajo

En esta prueba Ud. revisará el comportamiento del sistema con carga **R-L equilibrada** en tres configuraciones distintas:

- Carga en conexión estrella sin conexión de neutro
- Carga en conexión estrella con conexión de neutro
- Carga en conexión delta

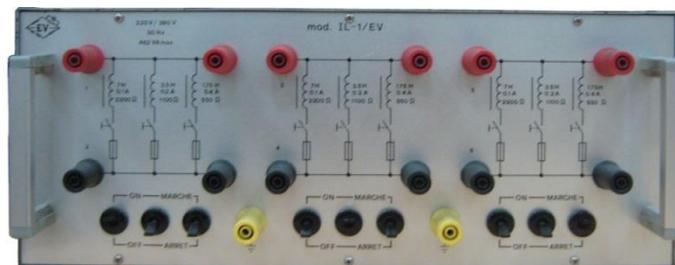


Figura 2: Carga resistiva inductiva (RL).

En la Figura 2 se muestra el módulo de tres cargas RL a utilizar. Cada carga cuenta con tres impedancias que se pueden abrir o cerrar con los interruptores a modo de obtener distintas configuraciones. Los bornes amarillos corresponden a la toma de tierra del módulo, los rojos al positivo de la fase y los negros al negativo.

2.4.2 Medidas a realizar

Para cada una de estas configuraciones (Y con/sin neutro y Δ), debe establecer un valor de carga (un valor para las 3 impedancias) **equilibrada** (los valores de las impedancias para cada carga deben ser iguales) y medir las siguientes variables eléctricas en **solo una** de las fases:

- Corriente de línea.
- Tensión fase-neutro (para Y) y fase-fase (para Δ) en la carga.
- Potencia disipada por la carga (recuerde utilizar el método de los 2 wattmetros)

Observaciones:

- Estas mediciones debe realizarlas para a lo menos 3 valores distintos de configuraciones de carga R-L equilibradas.
- Notar que estos valores de carga R-L se deben repetir de una configuración a otra (Y con/sin neutro y Δ).
- Anote los datos en la Tabla 3 y Tabla 4 en el anexo.

2.4.3 Montaje (Conexiones e Instrumentos)

A continuación, se indican los pasos a seguir para la conexión de los instrumentos de medición. Recuerde que los wattmetros son instrumentos que miden potencia, para lo cual cuentan con una bobina de corriente y otra de tensión, en la Figura 6 se ilustra el esquema de conexión de un wattmetro.

2.4.3.1 Montaje conexión estrella con neutro conectado:

- Conecte un amperímetro en la fase a.
- Conecte un voltímetro en la carga de la fase a.
- Conecte la bobina de tensión del wattmetro 1 entre la fase a y la fase c.
- Conecte la bobina de corriente del wattmetro en la fase a.
- Conecte la bobina de tensión del wattmetro 2 entre la fase b y la fase c.
- Conecte la bobina de corriente del wattmetro en la fase b.

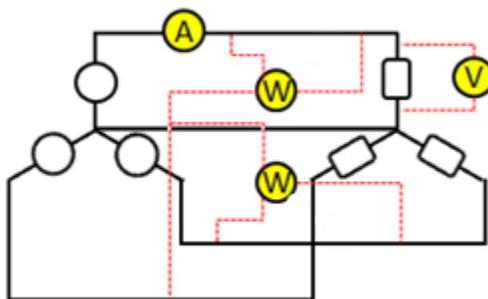


Figura 3: Montaje conexión estrella con el neutro conectado.

2.4.3.2 Montaje conexión estrella con neutro levantado:

- Conecte un amperímetro en la fase a.
- Conecte un voltímetro en la carga de la fase a.

- Conecte la bobina de tensión del wattmetro 1 entre la fase a y fase c.
- Conecte la bobina de corriente del wattmetro en la fase a.
- Conecte la bobina de tensión del wattmetro 2 entre la fase b y fase c.
- Conecte la bobina de corriente del wattmetro en la fase b.

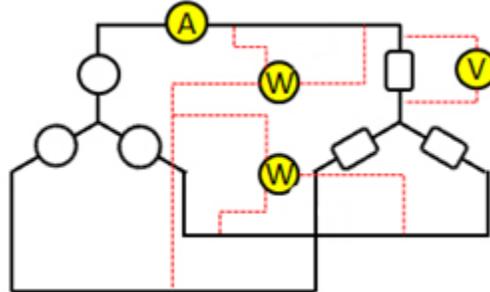


Figura 4: Montaje conexión estrella sin el neutro conectado.

2.4.3.3 Montaje conexión delta:

- Conecte un amperímetro en la fase a.
- Conecte un voltímetro en la carga de la fase ab.
- Conecte la bobina de tensión del wattmetro 1 entre la fase a y fase c.
- Conecte la bobina de corriente del wattmetro en la fase a.
- Conecte la bobina de tensión del wattmetro 2 entre la fase b y fase c.
- Conecte la bobina de corriente del wattmetro en la fase b.

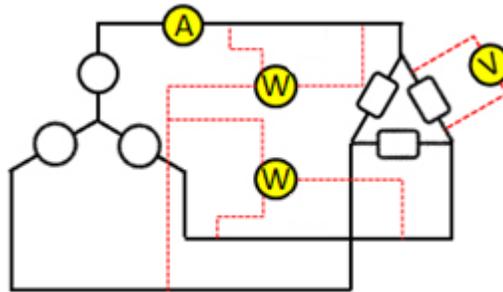


Figura 5: Montaje conexión delta.

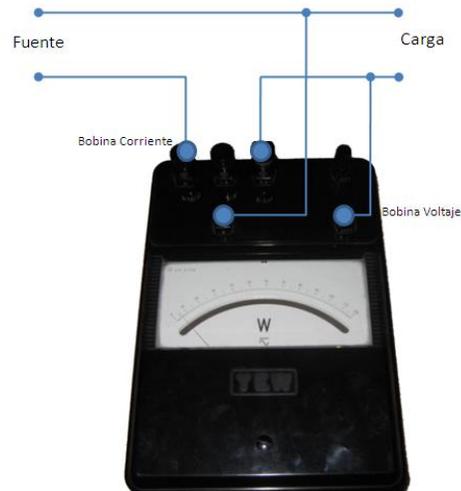


Figura 6: Conexión de un wattmetro.

Observación:

Al momento de medir se le recuerda **revisar la escala** que está utilizando el wattmetro en la placa del instrumento ubicada al reverso de éste o arriba.

2.5 Conexión de Carga Desequilibrada**2.5.1 Condiciones de trabajo**

En esta prueba Ud. revisará el comportamiento del sistema con carga **R-L desequilibrada**. En esta oportunidad la conexión de la carga se realizará en configuración estrella **sin** conexión de neutro.

2.5.2 Medidas a realizar

Para la conexión en estrella sin neutro conectado debe establecer una configuración de cargas **desequilibrada** (los valores de las impedancias para las cargas deben ser distintos) y medir las siguientes variables eléctricas en **cada una** de las fases:

- Corrientes de línea.
- Tensión fase-neutro.
- Tensión entre el neutro de la carga y el neutro de la fuente (recordar que no son el mismo punto, dado que no hay neutro. De esta forma este voltaje es distinto de cero).

Estas mediciones debe realizarlas para al menos 5 configuraciones distintas de cargas desequilibradas. Anote los datos en la Tabla 5 en el anexo.

2.5.3 Montaje (Conexiones e Instrumentos)

- Conecte un amperímetro en cada fase.
- Conecte un voltímetro en cada carga.
- Conecte un voltímetro entre los neutros de fuente y carga.

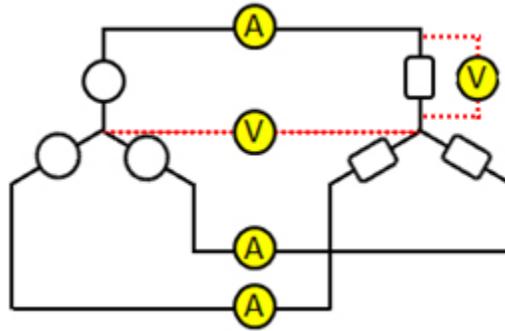


Figura 7: Montaje conexión estrella con carga desequilibrada sin neutro conectado.

2.6 Mediciones de Diagrama Fasor

2.6.1 Condiciones de trabajo

En esta prueba Ud. revisará el desfase que se establece entre el voltaje y la corriente en la carga, debido a la impedancia de la misma (en particular a su factor de potencia). Para esto se trabajará el sistema con carga **equilibrada** en conexión estrella y neutro conectado. Se diferenciará entre dos configuraciones:

- Carga Resistivo-Inductiva (RL).
- Carga Resistivo-Capacitiva (RC).

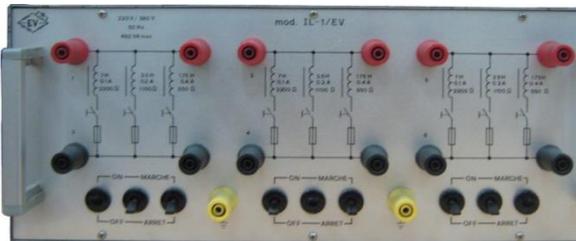


Figura 8: Carga resistiva inductiva RL



Figura 9: Carga resistiva capacitiva RC

En la Figura 8 y la Figura 9 se muestran los módulos de tres cargas RL y RC a utilizar. Cada carga cuenta con tres impedancias que se pueden abrir o cerrar con los interruptores a modo de obtener distintas configuraciones. Los bornes amarillos corresponden a la toma de tierra del módulo, los rojos al positivo de la fase y los negros al negativo.

2.6.2 Medidas a realizar

Para la conexión en estrella con neutro conectado debe establecer una configuración de carga **equilibrada** (los valores de las impedancias para las cargas deben ser iguales) y medir las siguientes variables eléctricas en **solo una** de las fases:

- Corriente de línea.
- Tensión fase-neutro en la carga.
- Potencia (recuerde utilizar el método de los 2 wattmetros).

Con estos valores deberá calcular el factor de potencia.

Estas mediciones y cálculos debe realizarlas para a lo menos 3 configuraciones distintas de la carga RL. Anote los datos en la Tabla 6 en el anexo.

Luego, debe realizar estas medidas para a lo menos 3 configuraciones distintas de carga RC. Anote los datos en la Tabla 7 en el anexo.

2.6.3 Montaje (Conexiones e Instrumentos)

- Conecte un amperímetro en la fase a.
- Conecte un voltímetro en la carga de la fase a.
- Conecte la bobina de tensión del wattmetro 1 entre la fase a y la fase c.
- Conecte la bobina de corriente del wattmetro en la fase a.
- Conecte la bobina de tensión del wattmetro 2 entre la fase b y la fase c.
- Conecte la bobina de corriente del wattmetro en la fase b.

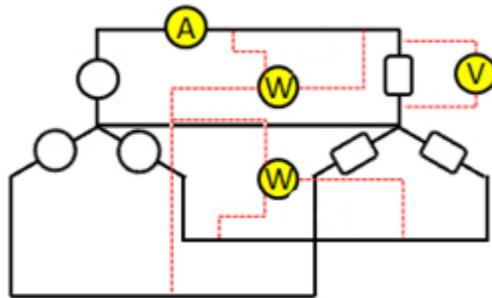


Figura 10: Montaje para determinación de diagramas fasoriales.

3 Bibliografía

- [1] Publicación Docente C/3, "*Métodos de Medición de Variables Eléctricas*",
Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Chile.

- [2] Dorf, R.C. and J.A. Svoboda. "*Introduction to Electric Circuits*".
Fourth Edition. John Wiley & Sons, 1999.
Capítulo 12.

- [3] Cogdell, J.R. "*Foundations of Electric Circuits*".
Prentice-Hall, 1999.

4 Anexos

4.1 Datos

Estos datos deben ser entregados al ayudante a cargo al finalizar la sesión correspondiente.

4.1.1 Conexión de carga equilibrada

Tabla 2: Datos de la conexión con la carga en estrella con el neutro conectado.

Resistencia [Ω]	Inductancia [H]	Impedancia [Ω]	I_{linea} [A]	Tensión fase a [V]	Potencia Wattmetro 1 [W]	Potencia Wattmetro 2 [W]	Potencia Trifásica [W]	Potencia Reactiva [Var]

Tabla 3: Datos de la conexión con la carga en estrella sin el neutro conectado.

Resistencia [Ω]	Inductancia [H]	Impedancia [Ω]	I_{linea} [A]	Tensión fase a [V]	Potencia Wattmetro 1 [W]	Potencia Wattmetro 2 [W]	Potencia Trifásica [W]	Potencia Reactiva [Var]

Tabla 4: Datos de la conexión con la carga en delta.

Resistencia [Ω]	Inductancia [H]	Impedancia [Ω]	I_{linea} [A]	Tensión fase a [V]	Potencia Wattmetro 1 [W]	Potencia Wattmetro 2 [W]	Potencia Trifásica [W]	Potencia Reactiva [Var]

4.1.2 Conexión de carga desequilibrada

Tabla 5: Datos de la prueba con cargas desequilibradas.

Resistencia [Ω]	Inductancia [H]	Impedancia [Ω]	I_{linea} fase a [A]	I_{linea} fase b [A]	I_{linea} fase c [A]	Tensión fase a [V]	Tensión fase b [V]	Tensión fase c [V]

4.1.3 Mediciones para construir el diagrama fasor

Tabla 6: Datos de la configuración con la carga RL.

Resistencia [Ω]	Inductancia [H]	Impedancia [Ω]	I_{linea} [A]	Tensión f-n [V]	Potencia Trifásica [W]	Potencia Reactiva [Var]	Potencia Aparente [VA]	Factor de Potencia

Tabla 7: Datos de la configuración con la carga RC.

Resistencia [Ω]	Inductancia [H]	Impedancia [Ω]	I_{linea} [A]	Tensión f-n [V]	Potencia Trifásica [W]	Potencia Reactiva [Var]	Potencia Aparente [VA]	Factor de Potencia