

Transformador

(Modalidad Virtual)



Fig. 1 Transformador

1. OBJETIVOS A LOGRAR:

- Realizar el cableado del transformador e instrumentos de medición.
- Configurar el transformador según requerimiento.
- Medir parámetros eléctricos del transformador en operación y en ensayos.
- Realizar configuración del **ensayo de vacío** a condiciones del ensayo.
- Realizar configuración del **ensayo de cortocircuito** a condiciones del ensayo.
- **Plantear el circuito equivalente del transformador** a partir de la medición de resistencia y los ensayos de vacío y cortocircuito.
- Definir el ensayo regulación del transformador.

2. FUNDAMENTO TEORICO:

Es la aplicación directa de la Ley de inducción de Faraday en la forma estática, es decir, el transformador **no tiene ninguna parte móvil.**

$$e = \frac{\partial \Phi}{\partial t}$$

e Tensión inducida.

Φ Flujo magnético producido por el campo inductor.

El requisito fundamental para la existencia de la tensión inducida e es la existencia de la derivada del flujo con respecto del tiempo; en el caso del transformador esto se logra en términos generales **aplicando una tensión variable con el tiempo al primario del transformador.**

La tensión inducida en valor eficaz está dada por:

$$E = \frac{2 \cdot \pi}{\sqrt{2}} \cdot N_{esp} \cdot f \cdot A \cdot B_{max}$$

E Tensión inducida eficaz.

N_{esp} Numero de espiras de la bobina.

f Frecuencia de la tensión de alimentación de la bobina.

A Área trasversal al campo magnético.

B_{max} Campo magnético máximo.

Donde se puede apreciar que la tensión generada, para un transformador dado, depende fundamentalmente del número de espiras de la boina y la magnitud del flujo aplicado.

Los transformadores pueden ser de:

- **Tensión** donde se transmite la energía del primario al secundario **aumentando** (trafo elevador) o **disminuyendo la tensión** (transformador reductor). **Todo transformador puede funcionar como elevador o reductor de tensión** cuidando únicamente de no sobrepasar los valores nominales de tensión, potencia y corriente.

$$a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

- **Aislamiento** utilizado para aislar un circuito de un circuito secundario de un circuito primario, para **filtrar la componente DC de una señal que tiene componentes AC y DC.**

$$a = 1$$

- **Autotransformadores** normalmente se utilizan como transformadores **reductores** con relaciones de transformación bajas (2:1)

Circuito equivalente de un transformador monofásico

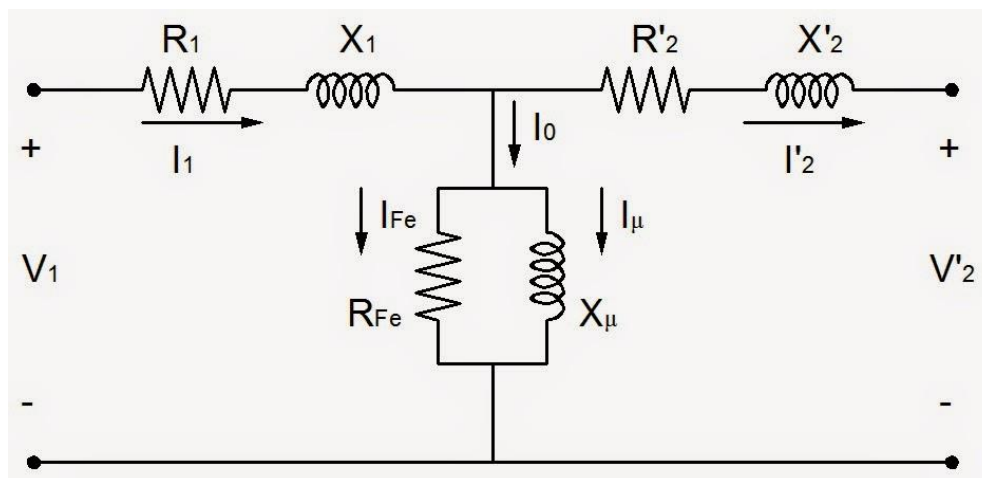


Fig. 2 Circuito equivalente del transformador monofásico

- R_1, R'_2 : Resistencias de pérdidas en el cobre.

Son determinadas mediante en ensayo de cortocircuito y representan las pérdidas en el cobre al aplicársele carga al transformador. Se ven fundamentalmente afectadas por el tipo de material empleado y el diámetro del conductor.

- X_1, X'_2 : Reactancias de pérdidas por dispersión de flujo.

Son determinadas mediante el ensayo de cortocircuito y representa el flujo disperso o de fuga que no concatena electromagnéticamente al primario y secundario.

- R_{Fe} : Resistencia de pérdidas en el núcleo.

Es evaluada mediante el ensayo de vacío y representa las pérdidas en el núcleo debidas a las corrientes parásitas y a la histéresis del material.

Las pérdidas por corrientes parásitas están relacionadas con la forma constructiva del núcleo, es decir, si es macizo o formado por la apilación de chapas delgadas y separadas una de la otra por un barniz u otro material adecuado.

Las pérdidas por histéresis están relacionadas con la clase de material empleado en la construcción del núcleo. El área encerrada por el lazo de histéresis representa las pérdidas por histéresis por lo cual se selecciona un material que cumpla dos requisitos:

- Menor lazo de histéresis
- Menor costo

a la frecuencia de trabajo. A frecuencias industriales de hasta 100 Hz se utiliza el acero al silicio.

- X_m : Reactancia de magnetización.

Se evalúa con el ensayo de vacío, modela el comportamiento del circuito magnético del núcleo en cuanto al acoplamiento electromagnético entre las bobinas primaria y secundaria.

- I_0 : Corriente de vacío

La corriente de vacío es la mínima corriente necesaria para producir el acoplamiento electromagnético entre la bobina primaria y secundaria y compensar las pérdidas en vacío. Se descomponen en:

- Corriente de pérdidas en el núcleo
 - Histéresis
 - Foucault o Eddy o parásitas
 - Corriente de magnetización.
- I_1, I'_2 : Corriente del primario y del secundario referida al primario.

3. ACTIVIDADES A DESARROLLAR

- Verificar la ficha técnica del transformador a evaluar y determinar valores nominales para las pruebas a realizar.
- Realizar la medición de resistencias de la bobina de alta y baja.
- Realizar el cableado del transformador en la configuración de 48 / 120 V con 240 VA.
- Realizar el cableado, colocación de instrumentos y condiciones de operación para el ensayo de cortocircuito del transformador en la configuración de 48 / 120 V.

4. MATERIALES PARA LA REALIZACIÓN DEL LABORATORIO

- PC o Laptop con conexión a internet

4.1. LISTA DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS EN EL SOFTWARE

Código	Equipo	Características
8821	Fuente de alimentación	Tensión constante 120/208 VAC, 15 A, 60 Hz, 4 hilos Tensión variable 0-120/208 VAC. 5 A. 4 hilos Tensión variable 0-120 VDC, 8A Tensión constante 120 VDC, 2A

9063	Interfaz de adquisición de datos y control	Entrada de tensiones E1, E2, E3, E4; entrada de Corrientes I1, I2, I3, I4; entradas analógicas 7/T (torque), 8/n (velocidad); terminal común de la entrada/salida analógica; entrada de alimentación 24 VAC
8353	Transformador monofásico	Transformador 240 VA, 2 x 24 V / 2 x 120 V 60 Hz. 2 x 5 A / 2 x 1 A
8311	Carga resistiva	252 W, 120 V, 60 Hz 0.1 A, 1200 ohm 0.2 A, 600 ohm 0.4 A, 300 ohm

Tabla 1 - Equipos a utilizar en el Laboratorio del Transformador

5. PROCEDIMIENTO

5.1. CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE PARA EL ENSAYO

- Abrir el software LVSIM configurar el sistema a 120 V y 60 Hz
- Desplazar a la consola principal según la Figura 3 los siguientes componentes:
 - Fuente de alimentación 8821
 - Transformador monofásico 8353.
 - Interfaz de adquisición y control de datos 9063-20.
 - Multímetro. (Cuando sea requerido)

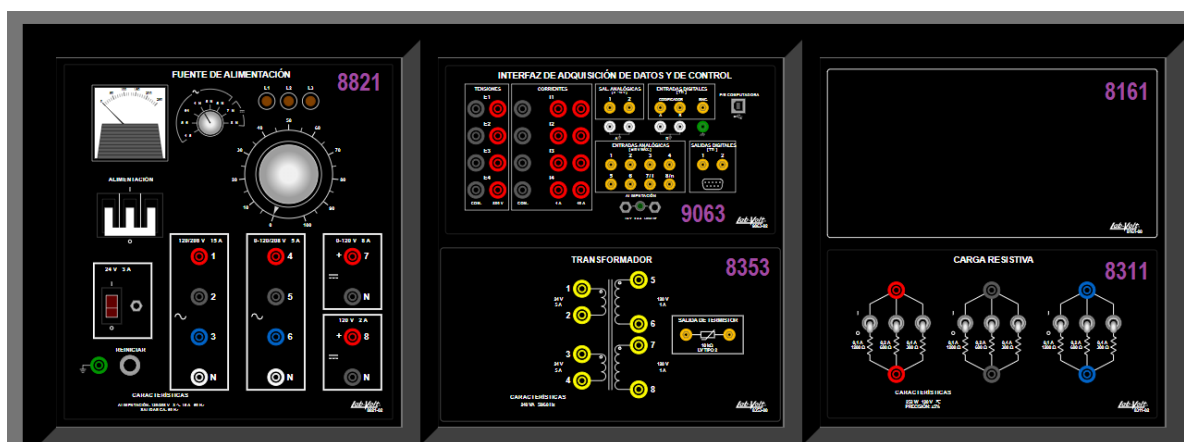


Fig. 3 Equipos del Ensayo de Transformador

CARACTERÍSTICAS
240 VA 50/60 Hz

Fig. 4 Placa del Transformador en el simulador

5.2. MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA ÓHMICA DE LAS BOBINAS DEL TRANSFORMADOR

Realiza la medición del valor de las resistencias de los bobinados de alta y baja del transformador (8353) con el multímetro virtual y complete la tabla 2 con los valores obtenidos.

BOBINA	RESISTENCIA (Ω)
1 - 2	
3 - 4	
5 - 6	
7 - 8	

Tabla 2 - Resistencia de armadura

Cuando se mide la resistencia del bobinado debe considerarse que en operación la temperatura se incrementa y ello genera una variación en la resistencia. (En el simulador no lo consideraremos)

5.3. ESQUEMA DE CONEXIONES.

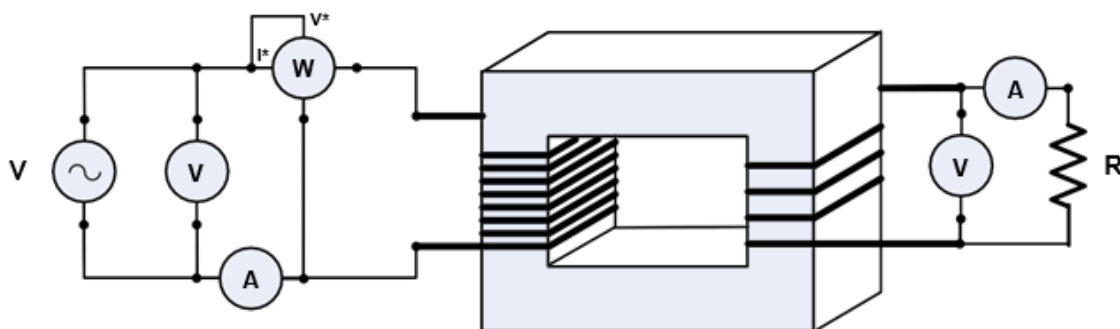


Fig. 5 Disposición física general del transformador y los equipos e instrumentos para los ensayos

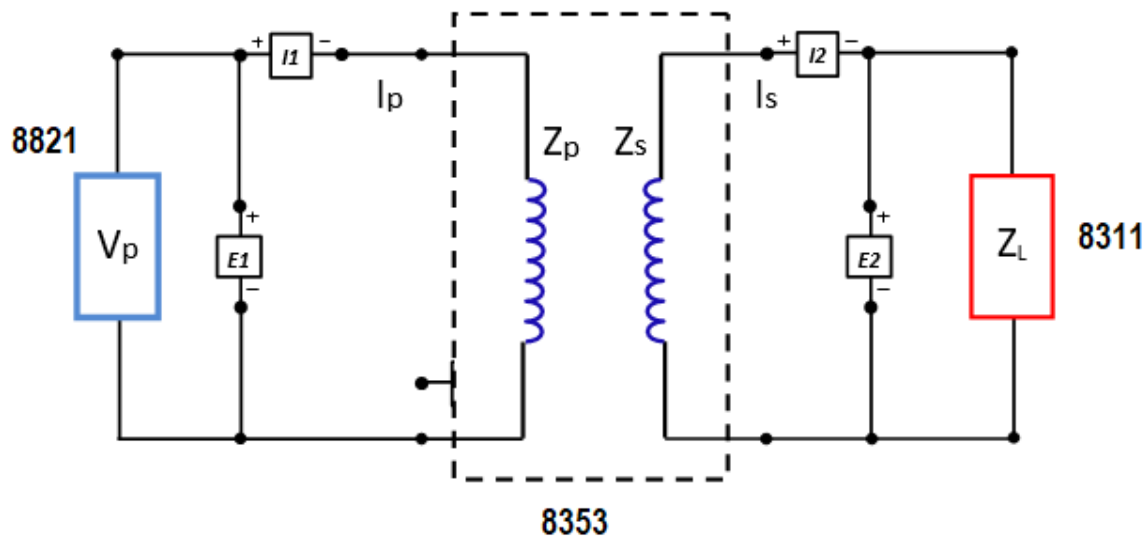


Fig. 6 Esquema general de conexiones en LVSIM-EMS

5.4. ENSAYO DE VACIO.

Condiciones del ensayo de vacío:

- Sin carga.
- Voltaje nominal del secundario.
- Corrientes de primario reducida.

Finalidad del ensayo.

- Determinar los valores de la Resistencia de pérdidas en el núcleo y Reactancia de magnetización.

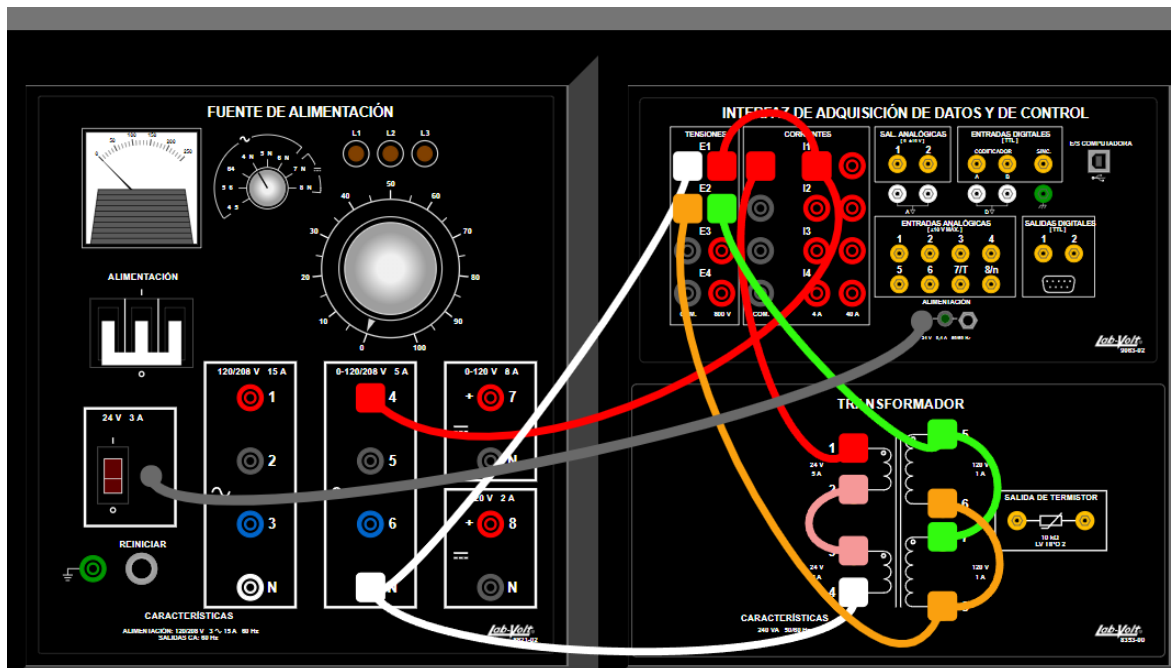


Fig. 8 Conexión para el ensayo de vacío

Con el circuito cableado según la Figura 8:

1. Configurar los Aparatos de medición.

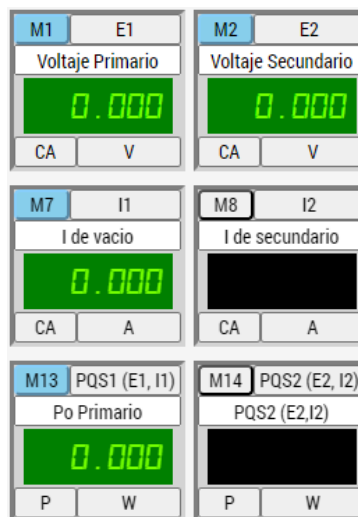


Fig. 9 Configuración de instrumentos

2. Encender la alimentación eléctrica de la Interfaz de adquisición de datos.
3. Activar la llave de encendido de la fuente de alimentación.

4. Regular la tensión del primario a fin de que la tensión en el secundario sea la nominal.
5. Anote la información en la tabla de datos.
6. Disminuya el voltaje de alimentación hasta cero y apague la fuente de alimentación y la interfaz.
7. Guarde la información de la tabla en un archivo con el nombre de “ensayo de vacío”.
8. Borrar la tabla.

5.5. ENSAYO DE CORTOCIRCUITO.

Condiciones del ensayo de cortocircuito:

- Secundario cortocircuitado.
- Voltaje reducido.
- Corriente nominal en el circuito secundario.

Finalidad del ensayo.

- Determinar los valores de las Resistencias de pérdidas en el cobre y Reactancias de pérdidas por dispersión de flujo.

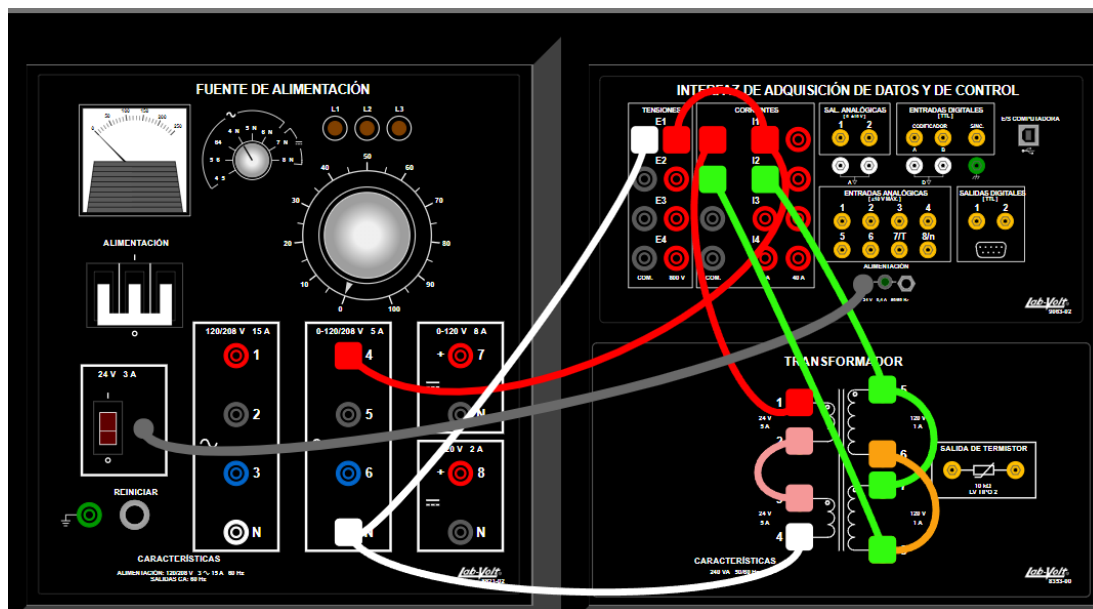


Fig. 10 Conexión para el ensayo de cortocircuito

Con el circuito cableado según la Figura 10:

1. Configurar los Aparatos de medición.

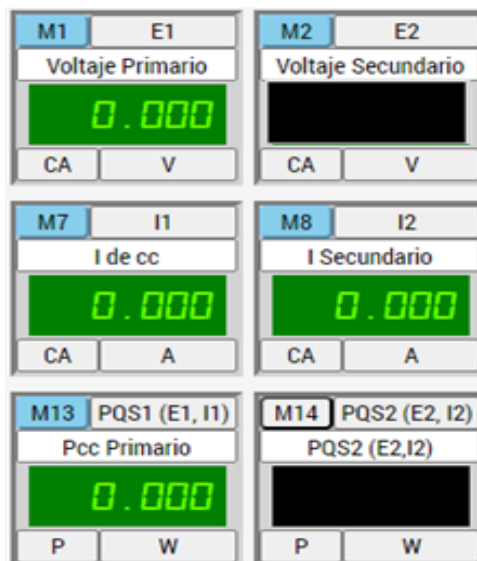


Fig. 11 Configuración de instrumentos

2. Encender la alimentación eléctrica de la Interfaz de adquisición de datos.
3. Activar la llave de encendido de la fuente de alimentación.
4. Regular la tensión del primario a fin de que la corriente en el secundario sea la nominal.
5. Anote la información en la tabla de datos.
6. Disminuya el voltaje de alimentación hasta cero y apague la fuente de alimentación y la interfaz.
7. Guarde la información de la tabla en un archivo con el nombre de “ensayo de cortocircuito”.
8. Borrar la tabla.

5.6. ENSAYO CON CARGA

Condiciones del ensayo de con carga:

- Voltaje de primario constante.
- Variación de la corriente del secundario por medio de inserción de cargas resistiva que originan corrientes de 0 a I_{Nom} tomar adicional 3 puntos intermedios.

Finalidad del ensayo.

- Determinar el comportamiento de los parámetros del transformador con carga resistiva.

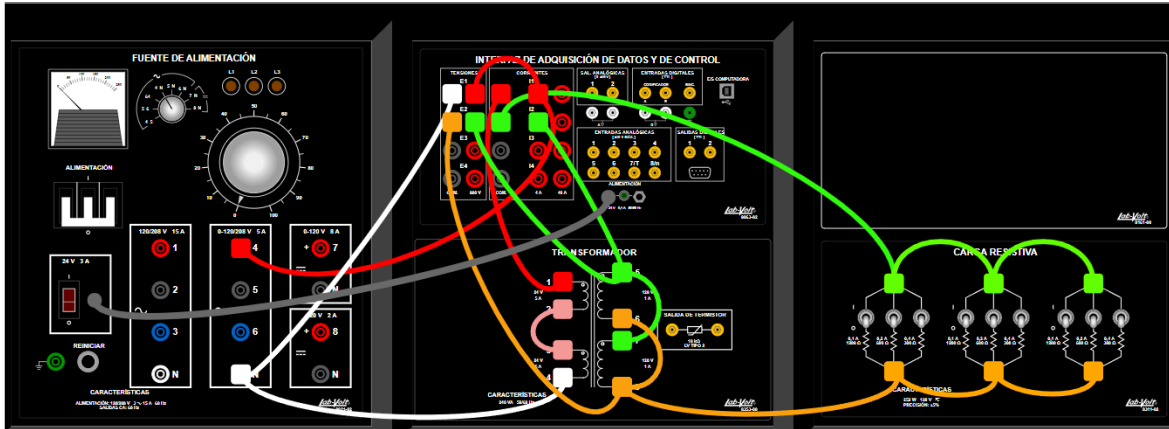


Fig. 12 Esquema de ensayos con carga

Con el circuito cableado según la Figura 12:

1. Configurar los Aparatos de medición.

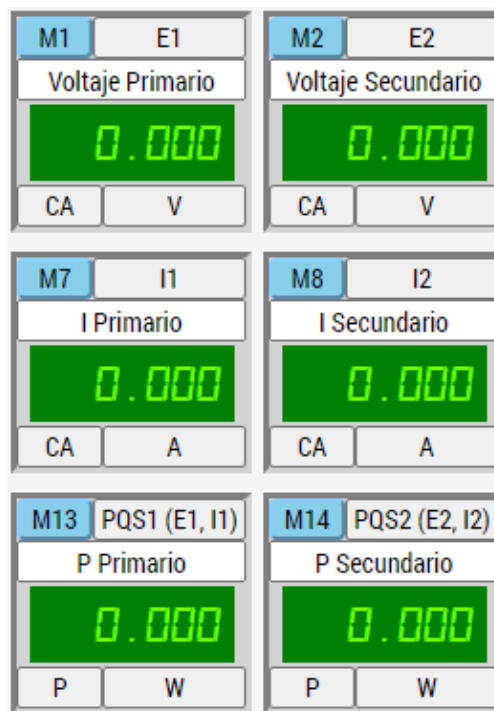


Fig. 11 Configuración de instrumentos

2. Encender la alimentación eléctrica de la Interfaz de adquisición de datos.
3. Activar la llave de encendido de la fuente de alimentación.
4. Regular la tensión del primario a fin de que el voltaje nominal en el secundario en el secundario sea la nominal. Esta tensión del primario se debe mantener constante durante los ensayos
5. Anote la información en la tabla de datos.
6. Active una resistencia hasta tener una corriente en el secundario cercana al 25% de la corriente nominal. Repita el paso 5 también y el paso 6 con el 50%, 75% y 100%
7. Disminuya el voltaje de alimentación hasta cero y apague la fuente de alimentación y la interfaz.
8. Guarde la información de la tabla en un archivo con el nombre de “ensayo de con carga”.
9. Borrar la tabla.

6. COMPLEMENTO DE LAS ACTIVIDADES DE MEDICIÓN:

- Con la información del ensayo 5.5 de cortocircuito calcular las Resistencias de pérdidas en el cobre y Reactancias de pérdidas por dispersión de flujo.
- Con la información del ensayo 5.4 de vacío calcular la Resistencia de pérdidas en el núcleo y Reactancia de magnetización.
- Con la información del ensayo 5.6 de carga calcular la regulación en cada punto y la eficiencia.
- Con la información del ensayo 5.6 de carga graficar V_{sec} vs I_1 .