

Capítulo 3. Equipo utilizado y pruebas en la calibración de medidores en laboratorio.

Introducción

Los laboratorios de CFE realizan pruebas o verificaciones al equipo de medición. La mesa Tesco es parte esencial del equipo manejado en laboratorio para realizar las pruebas de desempeño antes de ser instalados en campo, equipo que se utiliza para energizar cualquier tipo de medidor y de esta manera iniciar las pruebas, en este capítulo se mostrarán las diferentes conexiones para utilizar la mesa Tesco con los diferentes medidores.

El equipo que se usa para practicar estas verificaciones en laboratorio, además de la mesa Tesco, es el contador fotoeléctrico, sirve para contar las revoluciones del disco una vez energizado a través de la mesa Tesco. El medidor patrón es otro dispositivo en el que se basan las pruebas de desempeño del medidor, ya que funciona como referencia para detectar los porcentajes de registro.

En el ámbito de la medición existen el medidor autocontenido y el equipo de medición, este último se refiere al sistema que contiene un medidor y transformadores de instrumento, mientras que el medidor autocontenido consiste en un medidor sin la necesidad de equipo secundario adicional. En este capítulo se explicará la función de los transformadores de instrumento, los tipos de transformadores de instrumento, las pruebas practicadas a estos dispositivos, así como el equipo utilizado para realizar estas pruebas.

Se mostrarán las características técnicas de los transformadores de instrumento, necesarias para el correcto uso y mantenimiento seguro, entre ellas se pueden mencionar el bürden, la clase de precisión del transformador, el factor de sobrecarga y la corriente térmica de corto circuito. Esta información técnica permitira conocer de manera amplia el funcionamiento de los transformadores de corriente o de potencial.

3.1. Mesa de prueba Tesco.

La mesa de prueba de wathorímetros Tesco sirve para probar y calibrar todo tipo de medidores monofásicos y polifásicos que tienen voltajes nominales de: 120, 240, 480V y pruebas de carga alta, carga baja y carga inductiva.

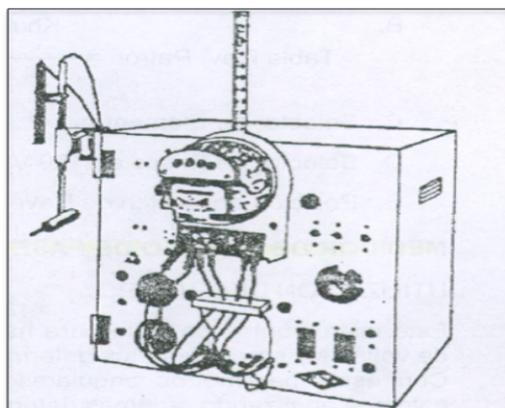


Fig. 13. Se muestra la mesa Tesco 690, para realizar las pruebas en laboratorio de todos los tipos de medidores utilizados por CFE.¹⁷

¹⁷ "Medición de Energía para Ingenieros", Capítulo 12: Calibración y prueba de Wathotimetros, CFE, 2008. Pag 51.

Como parte de la descripción de este equipo se presentan en forma de lista los elementos de control de la mesa Tesco

1. Interruptor general de la mesa.
2. Interruptor de potencial para los medidores en prueba.
3. Perilla de selector de prueba.
4. Perilla de selector de amperaje.
5. Perilla de selector de voltaje.
6. Interruptor de factor de potencia.
7. Interruptor de carga alta y carga baja.
8. Interruptor de corriente de los elementos del medidor en prueba.
9. Switch para invertir una corriente.
10. Dos interruptores para la prueba de 1500V de aislamiento.

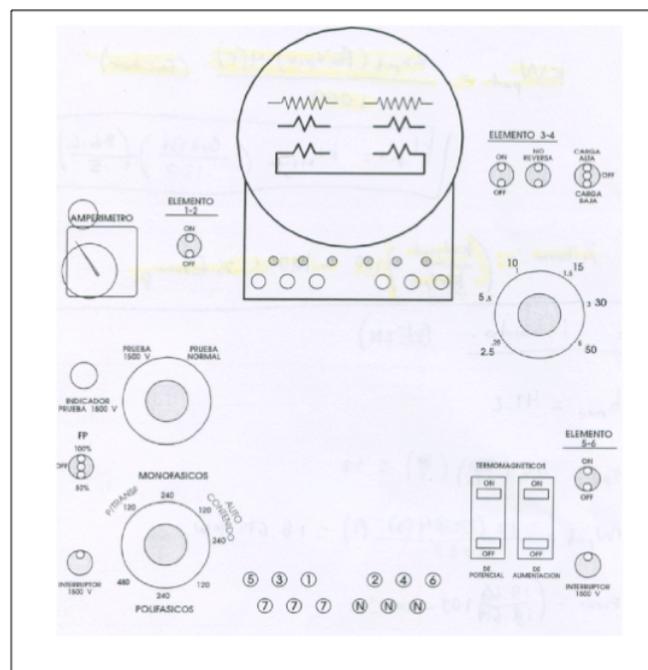


Fig. 14. Se muestra los elementos de control y la estructura externa o cara frontal de la mesa de prueba, este equipo permite energizar cualquier tipo de medidor, y probarlo en carga alta o baja. Se puede cambiar el factor de potencia; así como realizar prueba de aislamiento de los equipos de medición.¹⁸

3.2. Contador fotoeléctrico.

Una de las formas para verificar el buen funcionamiento de un waththorimetro es contando visualmente las revoluciones de su disco y controlando mediante un interruptor manual las revoluciones del disco del waththorimetro patrón, para de esta manera comparar el desempeño del waththorimetro a prueba.

Otra forma para realizar las pruebas es utilizando el contador fotoeléctrico para contar y controlar las revoluciones del disco.

¹⁸ "Medición de Energía para Ingenieros", Capítulo 12: Calibración y prueba de Waththorimetros, CFE, 2008.

Actualmente se dispone de varios tipos de contadores cuya diferencia radica en el método de transmisión de la información del wathhorimetro patrón ya que las revoluciones del disco del wathhorimetro bajo prueba se transmiten en una forma común.

El contador fotoeléctrico esta formado por elementos de estado sólido y por circuitos integrados, vease la figura 15.

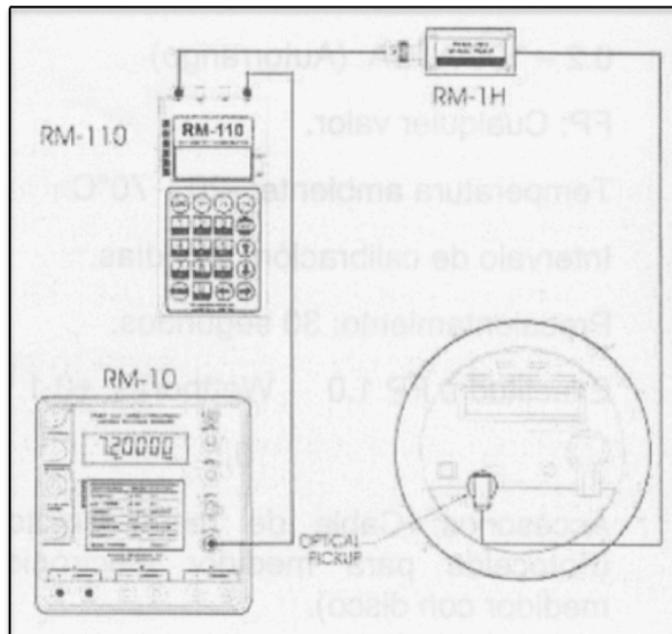


Fig. 15. Se muestra contador electrónico RM-110 conectado a una unidad óptica infrarroja RM-1H y un sensor óptico conectado al medidor, así como conectar el respectivo patrón de wathhoras digital RM-10.¹⁹

3.3. Medidor patrón de estado sólido o digital.

Este patrón se utiliza como un medidor perfecto en cuanto a calibración de fábrica, esto para poder tener una referencia para la comparación del desempeño de wathhorímetros dentro y fuera del laboratorio y poder de esta manera dado el caso calibrar los equipos de manera correcta y precisa, ver figura 16.

¹⁹ "Medición de Energía para Ingenieros", Capítulo 16: Instrumentos de Medición y Equipos de Prueba, CFE, 2008.



Fig. 16. Patrón de wathoras digital RM-12.²⁰

Dentro de las especificaciones de este medidor patrón se puede mencionar que tiene una Kh (constante de prueba) igual a la unidad, es decir, que integra consumos en un cien por ciento. Este equipo al momento de ser energizado tiene una modalidad de autorango soportando voltajes de 60 a 600V y de 0.2 a 100A (de Corriente Alterna), en cuanto al factor de potencia puede trabajar a cualquier valor. Este dispositivo es de uso muy práctico pues no se necesita ajustar ningún rango de voltaje o corriente y tan sólo tiene que ser energizado para comenzar con las pruebas.

3.4. Diagramas de conexión y apuntes para la verificación de medidores en campo y laboratorio.

A continuación se presentan los diagramas de conexión para energizar los diferentes medidores utilizados por CFE, mediante la mesa Tesco 960 (descrita con anterioridad en el Tema 3.1) para pruebas de laboratorio y realizar calibraciones o ajustes necesarios.

Medidor tipo F121, se describen sus características utilizando el catálogo de código de medidores (vease el tema 2.4) y en la figura 17 se puede observar la parte frontal de este tipo de medidor y los datos de placa.

- Primer dígito: F= 15A, clase 100A.
- Segundo dígito: 1= 1 fases, 1 hilos, 1 elemento, 120V.
- Tercer dígito: 2= Base tipo socket, 60Hz.
- Cuarto dígito: 1= Registro KWh.

²⁰ Ídem No. 18.

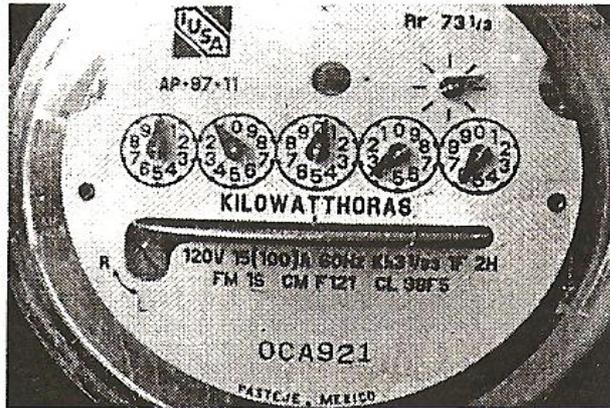


Fig. 17. Medidor F121. Fuente: foto tomada en campo.

Para poder realizar las pruebas al medidor F121 con la mesa Tesco, se necesitan ajustar algunos controles de la mesa de prueba como se indica a continuación:

- a) Para la prueba de este wathhorimetro en la mesa Tesco se utiliza el adaptador tipo socket.
- b) Revoluciones del patrón: $R_p = KHM \times Rev. m / (Khp \times C) \dots$ donde $C = 1$.
- c) Selector de elementos 1-2 (una bobina de corriente).
- d) Selector de fases en 120 volts, 2W Self contained.
- e) Posición del switch de reversa "off".
- f) Perilla de operación "normal test".
- g) Perilla de corriente 1.5-15A (la corriente de prueba será de 15A).

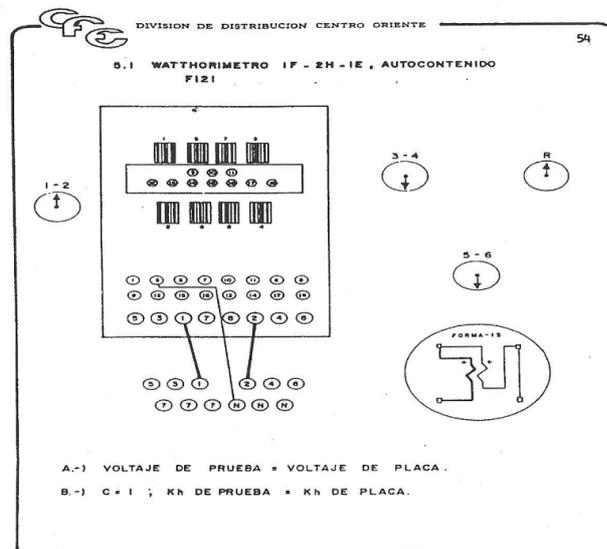


Fig. 18. Se muestra el esquema de conexión para energizar un medidor tipo F121 mediante la mesa de pruebas Tesco 960, los pasos a seguir para activar los controles indicados de corriente y voltaje, y de esta manera verificar el funcionamiento del medidor en prueba.²¹

²¹ "Medición de Energía para Ingenieros", Capítulo 12: Calibración y prueba de Wathhotímetros, CFE, 2008.

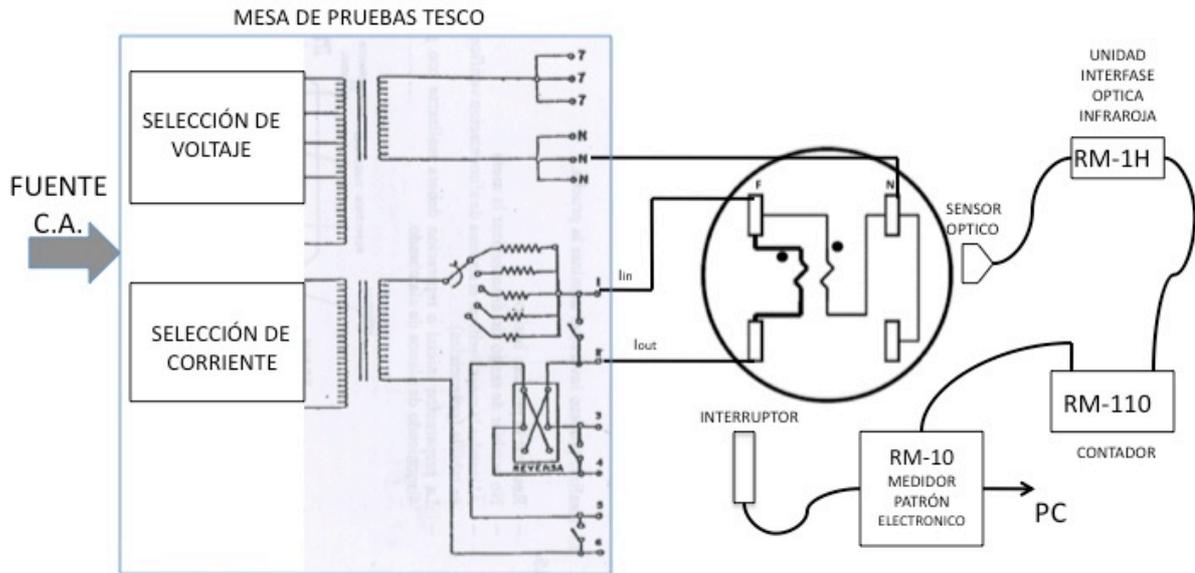


Fig. 19. Diagrama eléctrico de un medidor F121 energizado con la mesa Tesco, conformado por un elemento (una bobina de corriente y una de potencial), con sus respectivas polaridades. El diagrama eléctrico de la mesa de prueba tesco y el sistema de calibración (sensor óptico, contador y medidor patrón).

Medidor tipo F621, en base al catálogo de códigos de medidores se pueden conocer sus datos técnicos, en la figura 20 se puede observar un ejemplo de un medidor de tipo F621 con sus datos de placa:

- Primer dígito: F= 15A, clase 100A
- Segundo dígito: 6= 2 fases, 3 hilos, 2 elementos, 120V, estrella
- Tercer dígito: 2= Base tipo socket, 60Hz
- Cuarto dígito: 1= Registro KWh



Fig. 20. Medidor F621. Fuente: foto tomada en campo.

De igual forma que con el medidor F121 se tienen que realizar algunos ajustes en los controles de la mesa Tesco para poder conectar un medidor tipo F621, se debe de tomar en cuenta el inciso "c" de la pagina siguiente en el cual se energizan las dos bobinas de corriente de los dos elementos del medidor bifásico. Antes de iniciar la prueba se debe de abrir el eslabón para pruebas de laboratorio del medidor ver figura 22, estos eslabones se manipulan por el exterior en la parte trasera (lado de las terminales).

A continuación se indican los ajustes a la mesa Tesco para energizar el medidor tipo F621:

- Para la prueba de este waththorimetro se utiliza el adaptador tipo socket.
- Revoluciones del patrón: $R_p = KHM \times Rev. m / (Khp \times C)$... donde $C= 2$.
- Selector de elementos 1-2 y 3-4 (dos bobinas de corriente).
- Selector de fases en 120 volts, poliphase.
- Posición del switch de reversa "off".
- Perilla de operación "normal test".
- Perilla de corriente 1.5 -15 A.
- Terminada la prueba se debe cerrar el eslabón del medidor.

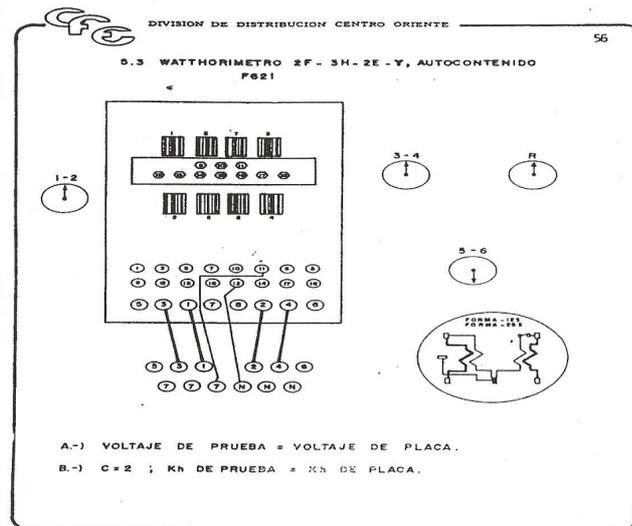


Fig. 21. Se muestra el esquema de conexión para conectar un medidor tipo bifásico o F621 en la mesa Tesco y realizar las pruebas necesarias.²²

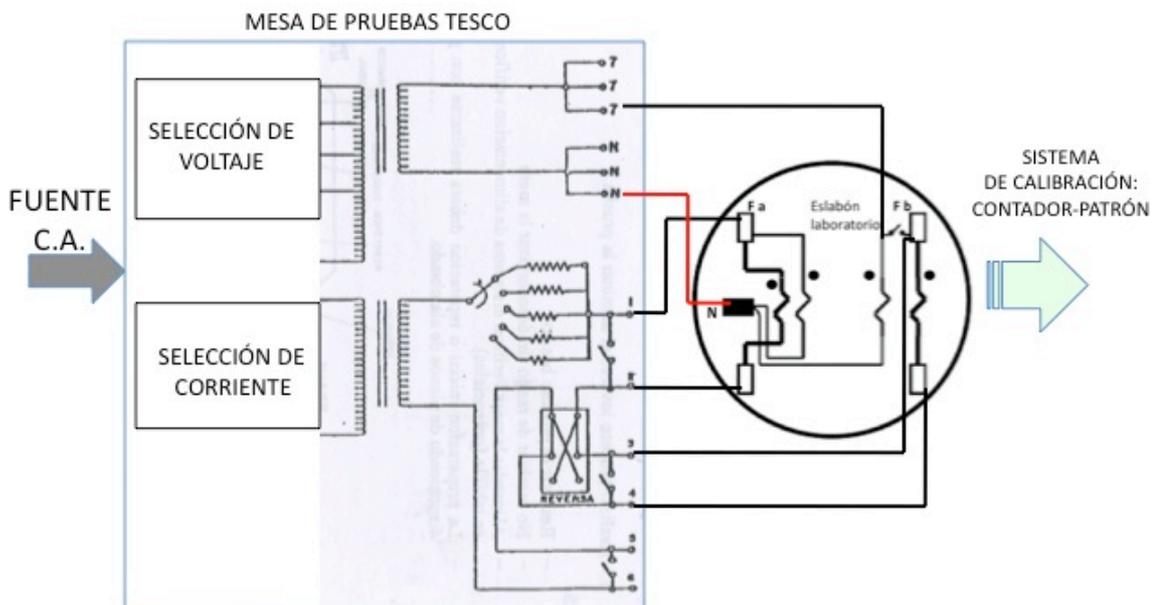


Fig. 22. Diagrama eléctrico del medidor F621, integrado por dos elementos (dos juegos de bobinas de potencial y corriente), se indica el eslabón para pruebas de laboratorio, el cual se abre antes de conectar el medidor en la mesa Tesco, las conexiones para energizar el medidor y realizar las pruebas de desempeño con el sistema de calibración.

²² Ídem. No 20.

El medidor FD21, guiándose en el catálogo de códigos de medidores se pueden saber las siguientes características, en la figura 23 se puede apreciar la cara frontal del medidor con sus datos :

- Primer dígito: F= 15A, clase 100A.
- Segundo dígito: D= 3 fases, 4 hilos, 3 elementos, 120V, estrella.
- Tercer dígito: 2= Base tipo socket, 60Hz.
- Cuarto dígito: 1= Registro KWh.

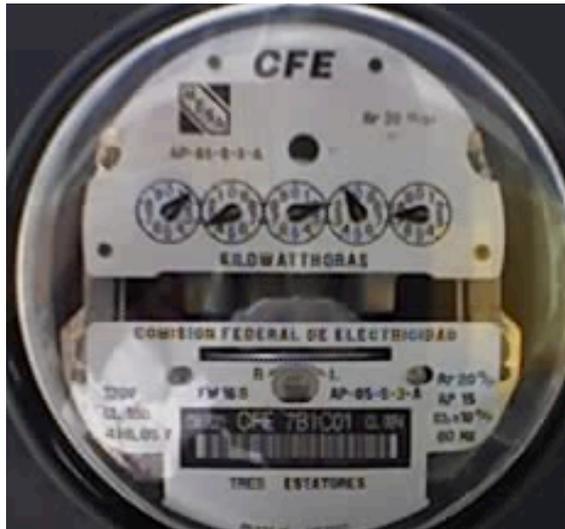


Fig. 23. Medidor FD21. Fuente: foto tomada en campo.

Antes de instalar el medidor FD21 se tienen que abrir los eslabones para pruebas en al mesa Tesco (ver figura 25), se tienen que establecer ciertos ajustes en los controles para alimentar los tres elementos de nuestro medidor trifásico.

- a) Para la prueba de este wathhorimetro se utiliza el adaptador tipo socket.
- b) Revoluciones del patrón: $R_p = KHM \times Rev. m / K_{hp} \times C \dots C= 3.$
- c) Selector de elementos 1-2, 3-4 , 5-6 (tres bobinas de corriente).
- d) Selector de fases en 120 volts, poliphase.
- e) Posición del switch de reversa "off".
- f) Perilla de operación "normal test".
- g) Perilla de corriente 1.5 -15A.
- h) Terminada la prueba se debe cerrar los tres eslabones.

En el último inciso es importante mencionar que tanto en la prueba del F621 y el FD21 en la mesa Tesco, previamente se tienen que abrir los eslabones para prueba de laboratorio, para que de esta manera se puedan energizar las bobinas de potencial de manera independiente a las de corriente.

Pero al finalizar las pruebas se tienen que cerrar los eslabones, pues de lo contrario no quedan activadas para poder cumplir con la función de medir el voltaje una vez instalado en un servicio, y el medidor no integrará en un cien por ciento los consumos, es por esto que en campo siempre se deben de encontrar cerrados los eslabones de prueba, sólo se abren para pruebas en laboratorio.

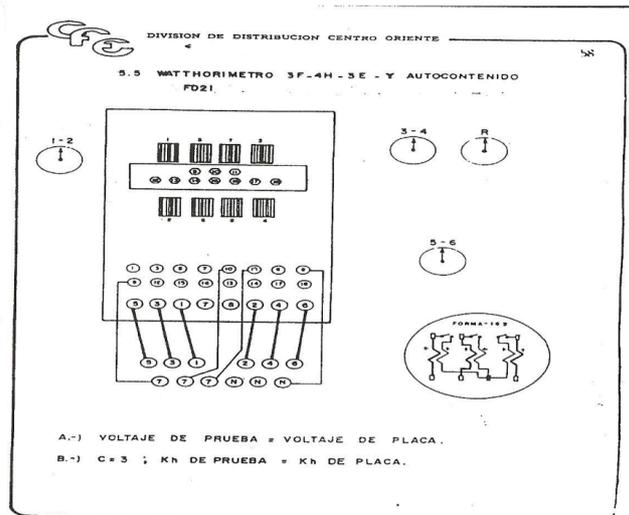


Fig. 24. Se muestra como conectar un watthorímetro tipo FD21 o trifásico en la mesa Tesco, se observa que se energizan las tres bobinas de corriente teniendo como entrada de corriente los puntos 1,3 y 5 y de salida el 2,4 y 6. Las tres bobinas de potencial se conectan de los tres puntos: 7 y el neutro de los punto N.²³

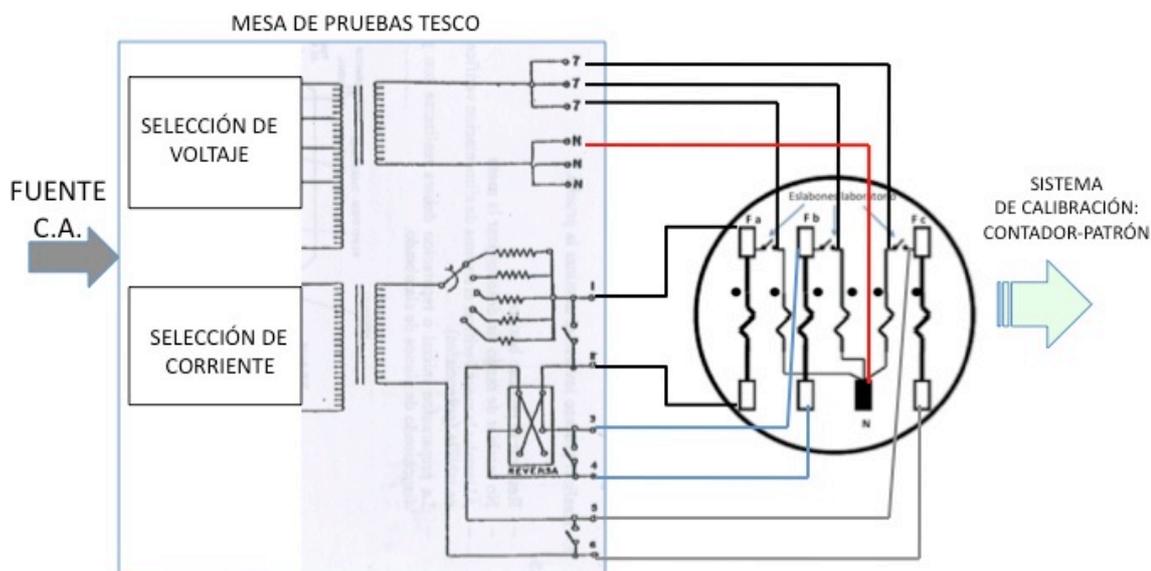


Fig. 25. Diagrama eléctrico del FD21, integrado por tres elementos, tres eslabones de prueba de laboratorio. Conexiones con la mesa tesco para probar el desempeño con el sistema de calibración.

El medidor tipo KL28, en base al catálogo de códigos de medidores se pueden identificar sus características, que es similar al FD21 pero con un rango mayor de amperaje además de ser totalmete electrónico, internamente están conformados por transformadores de voltaje y de corriente para obtener niveles reducidos que puedan ser procesados por los circuitos electrónicos:

- Primer dígito: K= 30A, clase 200A.
- Segundo dígito: L= 3 fases, 4 hilos, 3 elementos, 120 a 480V, estrella o delta.
- Tercer dígito: 2= Base tipo socket, 60Hz.
- Cuarto dígito: 8= Registro KWh-KW-KVARh (Edo. Sólido).

²³ Ídem. No. 20.



Fig. 26. Medidor KL28. Fuente: foto tomada en campo.

Se realizarán los siguientes ajustes a la mesa Tesco para poder instalar el medidor KL28, además de activar el modo de prueba del medidor, esto se hace conectando una computadora por medio óptico al medidor y se activa por medio del software del fabricante:

- a) Para la prueba de este wattorímetro se utiliza el adaptador tipo socket.
- b) Revoluciones del patrón = $R_p = KHM \times Rev. m / K_{hp} \times C$... donde $C = 3$.
- c) Selector de elementos 1-2, 3-4, 5-6.
- d) Selector de fases en 120 volts, poliphase.
- e) Posición del switch de reversa "off".
- f) Perilla de operación "normal test".
- g) Perilla de corriente 3-30A.
- h) Ubicar medidor en el modo de prueba.
- i) Terminada la prueba se debe regresar la configuración del medidor al modo de operación.

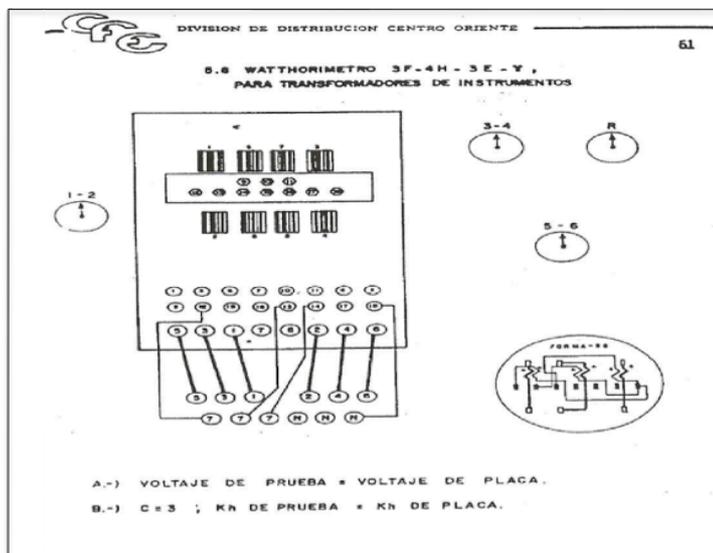


Fig 27. Se muestra la forma de conectar un medidor KL28 en la mesa Tesco, la conexión es similar a la de un medidor FD21, es decir son trifásicos pero el KL28 maneja hasta 30A en las pruebas de laboratorio.²⁴

²⁴ Ídem. No. 20.

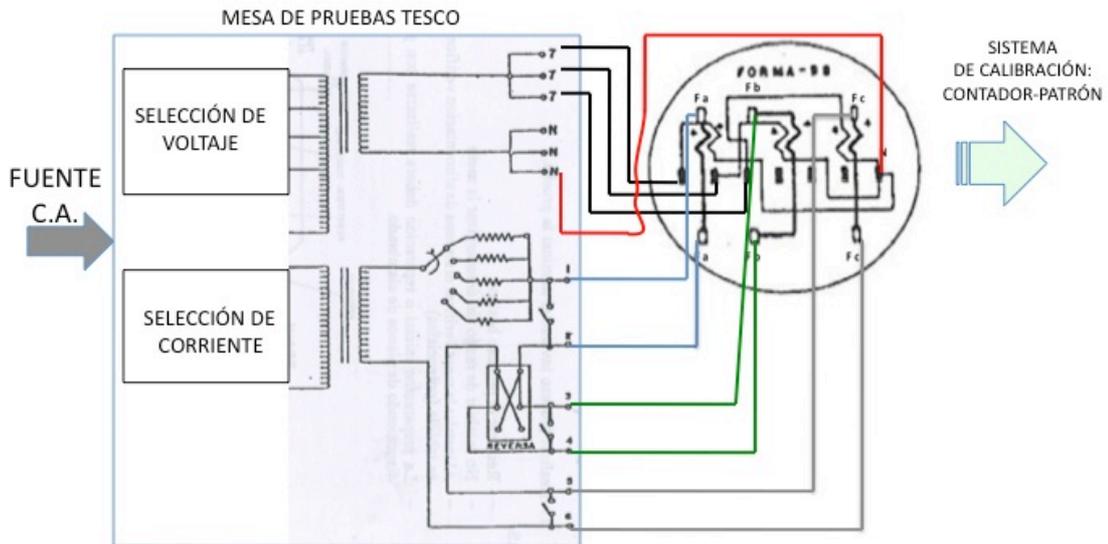


Fig. 28. Diagrama eléctrico del medidor KL28, de tres elementos, se indican sus tres sensores de corriente conectados en serie y los de voltaje en paralelo, energizados por la mesa tesco.

El medidor electrónico VL28, este tipo de medidor tiene un rango de amperaje de 2.5 a 20A de acuerdo con el catálogo de códigos de medidores, por lo que no pueden ser conectados de manera directa a la acometida del servicio para registrar consumos. La señal de corriente de cada fase debe ser obtenida de transformadores de corriente (transformadores de instrumento), que reduzcan la corriente a un valor máximo de 5A para poder medir los consumos por medio del VL28.

- Primer dígito: V= 2.5A, clase 20A (Estos medidores utilizan transformadores de corriente).
- Segundo dígito: L= 3 fases, 4 hilos, 3 elementos, 120 a 480V, estrella o delta.
- Tercer dígito: 2= Base tipo socket, 60Hz.
- Cuarto dígito: 8= Registro KWh-KW-KVARh (Edo. Solido).



Fig. 29. Medidor VL28. Fuente: foto tomada en campo.

La configuración de la mesa Tesco es la siguiente, para poder conectar el medidor VL28 y realizar las pruebas necesarias, de manera similar al KL28 se configura el medidor a modo de prueba utilizando el puerto óptico.

- a) Para la prueba del wathhorimetro tipo VL28 se utiliza el adaptador tipo socket.
- b) Revoluciones del patrón = $R_p = KHM \times Rev. m / Khp \times C$...donde $C= 3$.
- c) Selector de elementos 1-2, 3-4, 5-6.
- d) Selector de fases en 120 volts, poliphase.

- e) Posición del switch de reversa "off".
- f) Perilla de operación "normal test".
- g) Perilla de corriente 0.25 – 2.5A.
- h) Ubicar medidor en el modo de prueba.
- i) Terminada la prueba se debe regresar al modo de operación.

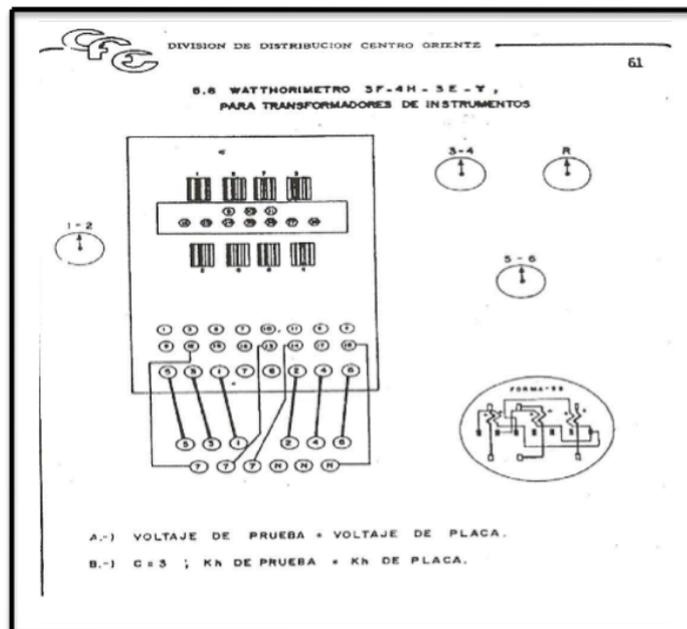


Fig. 30. Se muestra la forma de conexión del medidor VL28 en la mesa de prueba Tesco este medidor es trifásico, pero soporta un amperaje de hasta 2.5A (en su prueba de laboratorio), por su tipo de clase (20A) son conectados en campo acompañados de transformadores de corriente y de voltaje.²⁵

Internamente el medidor VL28 esta construido de la misma manera que el KL28, tiene tres sensores de voltaje y tres de corriente (ver figura 28), transductor de Watts, microprocesador, pantalla de cristal liquido y su memoria no-volátil. Con la diferencia que este tipo de medidores son conectados de transformadores de instrumento, pues su clase es de 20, pueden medir una corriente maxima de 20A.

3.5. Mesa de prueba Avo Óptima.

La mesa de prueba Avo Óptima es similar a la mesa Tesco 960, pero esta acompañada de un software que facilita el desarrollo de las pruebas, se pueden realizar pruebas a medidores monofásicos y polifásicos, controlada por computadora y software específico.

²⁵ Ídem. No. 23.

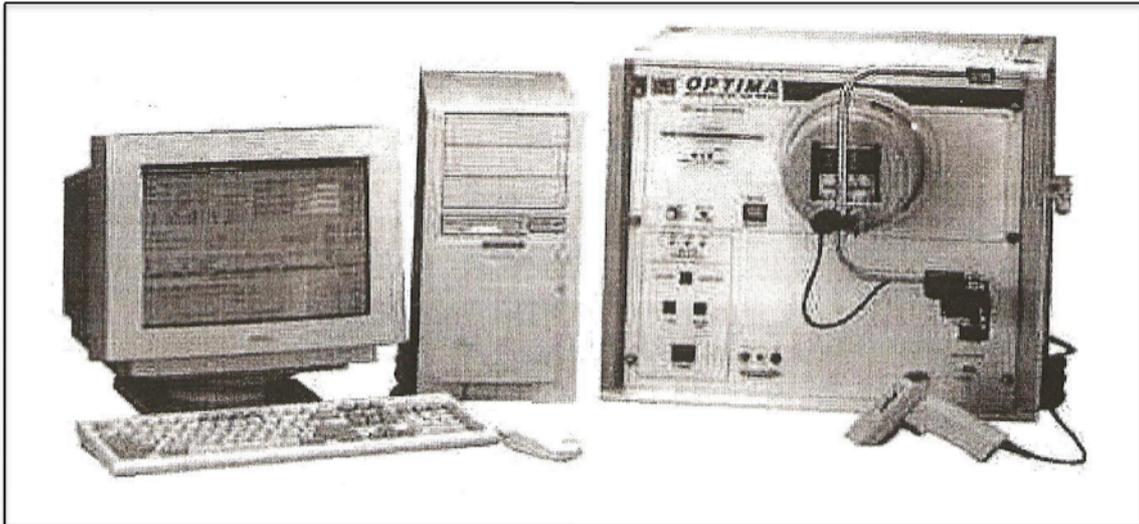


Fig. 31. Mesa de calibración Avo-Óptima.²⁶

En cuanto a las especificaciones técnicas de la mesa de prueba Avo Óptima, tiene tres señales de corriente independientes de 0 a 100A, de 0 a 120A o de 0 a 20A este último para probar los medidores que necesitan transformadores de corriente, en cuanto a las señales de voltaje para las pruebas a los medidores se tienen tres que van de 0 a 600V de Corriente Alterna, ángulo programable. La manera de utilizar esta mesa de prueba es más simple ya que sólo se inserta el medidor de base socket a la mesa, se selecciona el número de fases o elementos que se van a energizar, y se realiza la prueba.

3.6 Transformadores de instrumento, conceptos y pruebas.

El transformador de instrumento es una máquina eléctrica que cuenta con dos devanados, el primero y el secundario; Se transfiere energía de un devanado a otro, del primario al secundario. El transformador de instrumento es utilizado para adecuar las intensidades de corriente o voltaje a valores pequeños para facilitar la medición en ciertos equipos.

Las funciones principales de los Transformadores de Instrumento son:

- Transformar los voltajes o corrientes de línea a valores adecuados de instrumentos estándares los cuales normalmente operan a 5 amperes y 120 Volts por seguridad.
- Aislar los instrumentos y medidores del voltaje de línea. Para hacer que esta protección sea completa tanto para los instrumentos como para los operadores, el circuito secundario debe ser aterrizado. En los transformadores de corriente (TC) esto es importante ya que de no hacerlo el TC se satura y explota arriesgando la seguridad del personal (nunca se desconecta el secundario de un TC energizado).
- Los datos de especificaciones de los transformadores de instrumento se encuentran en su respectiva placa. Las características básicas a especificar en los transformadores de instrumento son la relación de transformación, la precisión, el burden y características generales.

²⁶ "Medición de Energía para Ingenieros", Capítulo 16: Instrumentos de Medición y Equipos de Prueba, CFE, 2008.

Los tipos de Transformadores de Instrumento son:

1. Transformadores de Corriente (TC). Se usan para transformar o cambiar la corriente.
2. Transformadores de Potencial (TP). Se usan para transformar o cambiar el voltaje.

Transformador de corriente.

Los transformadores de corriente están diseñados para que su devanado primario se conecte en serie con el circuito que transporta la corriente a ser medida o controlada. Entonces el devanado secundario entregará una corriente proporcional a la de la línea para la operación de los medidores, instrumentos y relevadores, en la figura 32 se muestra la simbología un TC con su polaridad y su respectiva tierra, la cual debe conectarse siempre para evitar daño al transformador.

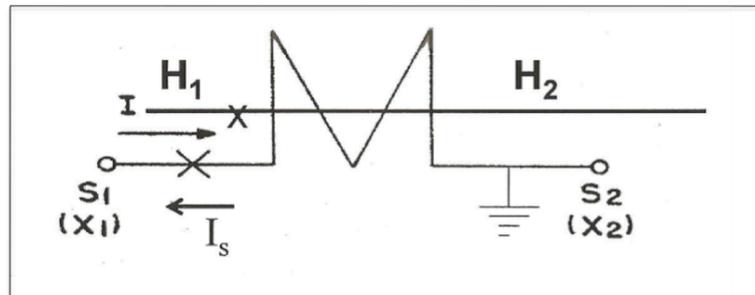


Fig. 32. Simbología para el Transformador de Corriente.

La clasificación de los transformadores de corriente está planteada con respecto a su construcción mecánica que pueden ser en tipo dona, barra o devanado:

Tipo ventana o dona:

Tiene el devanado secundario completamente aislado y permanentemente ensamblado en el núcleo, pero no tiene devanado primario, el devanado primario consiste en pasar el conductor con la corriente consumida a través de la "Dona", este tipo de construcción se utiliza por lo común en TC's con clase de aislamiento de 0.6 KV.

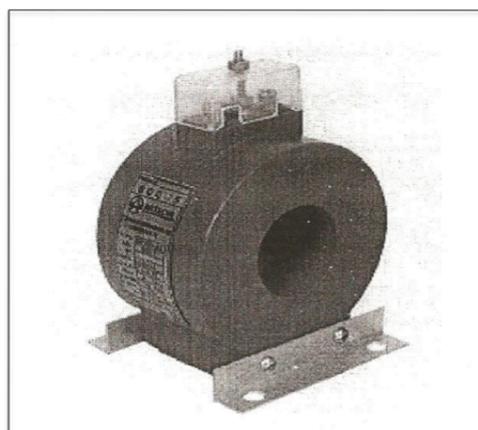


Fig. 33. Se muestra el TC tipo "ventana" o "dona" y observamos que no tiene devanado primario.²⁷

²⁷ "Medición de Energía para Ingenieros", Capítulo 21: Transformadores de Instrumento, CFE, 2008.

Tipo barra:

Igual que el de tipo ventana, excepto que tiene un barra insertada en la abertura de la ventana. En estos tipos de transformadores se conecta los bornes del primario P1 y P2 en la barra conforme a su polaridad. La barra puede estar fija en su posición o ser removida.

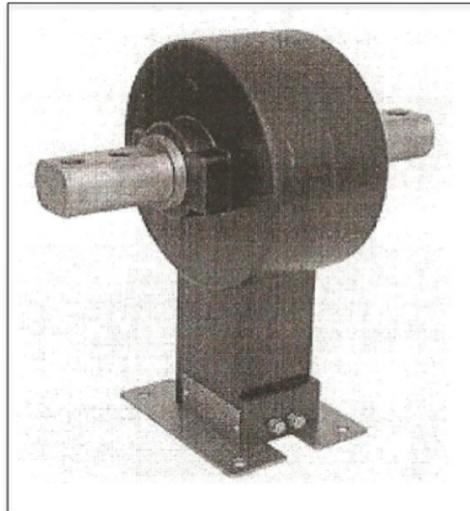


Fig. 34. Transformador de corriente tipo barra.²⁸

Tipo Devanado:

Este tipo tiene los devanados primarios y secundarios completamente aislados y permanentemente ensamblados en el núcleo, también se les conoce como tipo “poste”, los cuales en su interior utilizan un tipo de aceite como aislante.



Fig. 35. Se muestran los TC tipo “poste”.²⁹

Además de los transformadores de corriente y de potencial, existen el equipo combinado de medición (ECM) en los que se encuentra en una sola pieza el transformador de corriente (TC) y el transformador de potencial (TP). También se cuenta con el transformador integral de medición (TIM) en este tenemos un TC y un TP en un sólo dispositivo, estos son los que se utilizan comunmente para servicios en media tensión, en la tabla 7 se muestran los transformadores de instrumento tipicos que se utilizan actualmente en CFE.

²⁸ Ídem. No. 26.

²⁹ Ídem. No. 26, Pag. 5.

TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTO	
TC - INTERIOR 0.6 - 400/5	(R/A)
TC - INTERIOR 0.6 - 800/5	(R/A)
ECM - 3E - 15 - (15000Y) - 8400/120 - 10/5	(R/A)
ECM - 3E - 15 - (15000Y) - 8400/120 - 50/5	(R/A)
ECM - 3E - 15 - (15000Y) - 8400/120 - 200/5	(R/A)
ECM - 3E - 25 - (25000Y) - 14400/120 - 10/5	(R/A)
ECM - 3E - 25 - (25000Y) - 14400/120 - 50/5	(R/A)
ECM - 3E - 25 - (25000Y) - 14400/120 - 200/5	(R/A)
ECM - 3E - 34.5 - (34500Y) - 20125/115 - 10/5	(R/A)
ECM - 3E - 34.5 - (34500Y) - 20125/115 - 50/5	(R/A)
ECM - 3E - 34.5 - (34500Y) - 20125/115 - 200/5	(R/A)
TIM - 15 - 8400/120 - 10/5	(R/A)
TIM - 15 - 8400/120 - 50/5	(R/A)
TIM - 15 - 8400/120 - 200/5	(R/A)
TIM - 25 - 14400/120 - 10/5	(R/A)
TIM - 25 - 14400/120 - 50/5	(R/A)
TIM - 25 - 14400/120 - 200/5	(R/A)
TIM - 34.5 - 20125/115 - 10/5	(R/A)
TIM - 34.5 - 20125/115 - 50/5	(R/A)
TIM - 34.5 - 20125/115 - 200/5	(R/A)
TP - INTEMPERIE PARA SISTEMAS DE 69 KV.	
TP - INTEMPERIE PARA SISTEMAS DE 115 KV.	
TP - INTEMPERIE PARA SISTEMAS DE 138 KV.	
TP - INTEMPERIE PARA SISTEMAS DE 230 KV.	
TC - INTEMPERIE PARA SISTEMAS DE 69 KV.	(R/A)
TC - INTEMPERIE PARA SISTEMAS DE 115 KV.	(R/A)
TC - INTEMPERIE PARA SISTEMAS DE 138 KV.	
TC - INTEMPERIE PARA SISTEMAS DE 230 KV.	
(R/A). Transformadores de corriente de rango ampliado	

Tabla 7. Se muestran los transformadores de instrumento típicos que se utilizan actualmente en el ámbito de CFE. El R/A indica rango ampliado o factor de sobrecarga igual a dos.³⁰

La potencia de los transformadores de corriente o burden es el valor de impedancia en ohms, reflejada en el secundario de los transformadores de corriente, y que esta constituida por la suma de las impedancias del conjunto de todos los medidores, relevadores, cables y conexiones conectadas en serie con el secundario (carga secundaria).

El burden se puede expresar también por los volts-amperes totales de carga y su factor de potencia, obtenidas a un valor específico de corriente y frecuencia, por ejemplo 25 VA a 5 amp y 0.5 de F.P.

Las cargas normalizadas se designan con la letra "B", seguida del valor total de la impedancia, por ejemplo B-1.0, B-0.1. Véase la tabla 8. La corriente del devanado secundario de los TC's normalmente es de 5 o 3 Amps.

BURDEN PARA MEDICIÓN						
BURDEN	RESISTENCIA (Ω)	INDUCTANCIA (mH)	IMPEDANCIA (Ω)	VA	FP	
B-0.1	0.09	0.116	0.1	2.5	0.9	
B-0.2	0.18	0.232	0.2	5.0	0.9	
B-0.5	0.45	0.580	0.5	12.5	0.9	
B-0.9	0.81	1.04	0.9	22.5	0.9	
B-1.8	1.62	2.08	1.8	45.0	0.9	
BURDEN PARA RELEVACION						
B-1	0.5	2.3	1	25	0.5	
B-2	1	4.6	2	50	0.5	
B-4	2	9.2	4	100	0.5	
B-8	4	18.4	8	200	0.5	

Tabla 8. Se muestra la tabla de Burden para medición manejada por CFE.³¹

³⁰ Ídem. No. 26.

La clase de precisión del transformador de corriente es el error máximo admisible, expresado en por ciento, que el transformador de corriente nominal primaria y la frecuencia nominal.

La clase de precisión de un transformador de corriente debe poder garantizar valores entre 90 y 110% de la corriente nominal. Las normas ANSI definen la clase de precisión de acuerdo con los siguientes valores: 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.6, 1.2, 3 y 5. La precisión utilizada en medición por CFE es de 0.3.

El factor de sobrecarga es el valor máximo de sobrecorriente admisible en permanencia que el transformador de corrientes soporta sin perder la precisión. El factor de sobrecarga para los TC's utilizados en CFE es de 2 y se les llama de rango ampliado.

La corriente térmica de corto circuito es la corriente que puede aguantar el devanado primario con el devanado secundario en corto circuito, sin que la temperatura pase los valores fijados por el material o que alcance la saturación.

Conforme a mi experiencia dentro del área medición considero que la parte más riesgosa del manejo de equipo, es el transformador de corriente, el no conocer ampliamente su funcionamiento y las precauciones que se deben de llevar al momento de realizar pruebas al equipo de medición, puede provocar lamentables accidentes. Nunca desconectar los bornes del devanado secundario de un TC energizado, siempre mantenerlos cortocircuitados, son recomendaciones que se deben de impartir constantemente al personal de trabajo técnico de nuevo ingreso y al que ya labora, pues se pueden evitar graves accidentes. Siempre trabajar sin distracciones ni juegos pues al desconectar algún cable del secundario de un TC sin darse cuenta se tiene una descarga de un alto potencial eléctrico.

Por esto es muy importante brindar y obtener capacitación e intercambio de información, experiencias referentes a los equipos con mayor riesgo como los son los transformadores de instrumento en específico los TC's. Se deben de respetar y seguir paso a paso los procedimientos autorizados por CFE.

Transformador de potencial.

El transformador de potencial (TP) esta diseñado para que su devano primario se conecte en paralelo con el circuito de suministro de potencial a ser medida o controlada. Entonces el devano secundario entregará un potencial proporcional a la de la línea para la operación de los medidores, instrumentos y relevadores. Este está diseñado para conectarse entre fases o de fase a neutro y en paralelo al sistema de suministro, en la figura 36 se muestra la simbología de un TP indicando su polaridad y la conexión de la tierra en el devanado secundario.

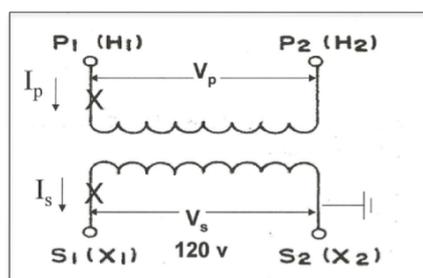


Fig. 36. Simbología para transformador de potencial (TP).

³¹ Ídem. No. 26.

La potencia de los transformadores de potencial o burden es expresado en volta-amperes (VA) y es el voltaje del secundario multiplicado por los amperes que fluyen a través de los instrumentos que están conectados en paralelo en el secundario.

La clase de precisión del transformador de potencial es el error máximo admisible, en por ciento, que el transformador de potencial puede introducir en la medición, operando con su tensión nominal primaria y la frecuencia nominal. La precisión de un transformador se debe poder garantizar para valores entre 90 y 110% de la tensión nominal. La precisión utilizada en medición CFE es de 0.3 para los TP.

Los tipos de transformadores de potencial dependen del tipo de uso si es para exterior o para interior, en cuanto a la construcción mecánica todos son de tipo devanado, como se muestra en la figura 37.



Fig. 37. Se muestran los tipos de Transformadores de Potencial.³²

Pruebas al transformador de instrumento.

La prueba de polaridad.

Esta prueba es realizada a los transformadores de potencial, la polaridad indica la relativa dirección instantánea de la corriente secundaria. Si un par de terminales adyacentes de los devanados son conectados entre si (veasé figura 38) y se aplica potencial a uno de los devanados:

- La terminal de polaridad es ADITIVA si el potencial entre las otras dos terminales de ambos devanados es mayor que el potencial aplicado al devanado.
- La terminal de polaridad es SUBSTRACTIVA si el voltaje entre las otras dos terminales de ambos devanados es menor que el potencial aplicado.

³² "Medición de Energía para Ingenieros", Capítulo 21: Transformadores de Instrumento, CFE, 2008. Pag.11.

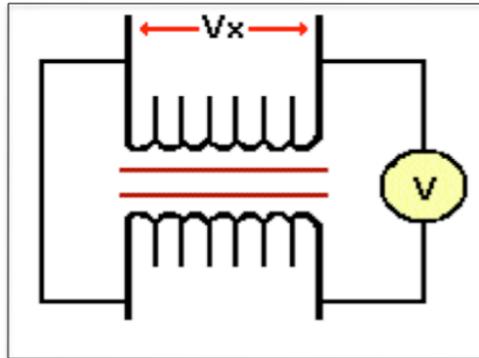


Fig. 38. Esquema de prueba de polaridad a un TP con una fuente de corriente alterna y un voltmetro.

Se coloca el voltímetro entre las terminales del lado derecho del mismo, luego se alimenta del bobinado primario con un voltaje V_x (que puede ser 120, 240 ó 480V), si la lectura del voltímetro es mayor que V_x la polaridad es aditiva o si es menor la polaridad es sustractiva (ver figura 38).

Una terminal primaria y secundaria tiene la misma polaridad cuando en un instante dado, la corriente fluye entrando a la terminal primaria y fluye saliendo de la terminal secundaria en la misma dirección como si las dos terminales formaran un circuito continuo.

Esta prueba nos sirve para determinar que el transformador de instrumento envíe correctamente las señales corriente o voltaje a nuestros equipos de medición.

Prueba de relación de transformación.

La obtención de la relación de transformación utilizando el TTR³³, el cual sirve para detectar cortos circuitos entre espiras, averías en el núcleo, falsos contactos, circuitos abiertos, realizar mediciones de relación de transformación en transformadores de potencial o corriente.

La relación de transformación se representa por medio de la siguiente ecuación:

$$RT = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} = \frac{N_p}{N_s} \dots\dots\dots(9)$$

Donde:

- N = Número de espiras.
- I = Corriente
- V= Voltaje
- p = Primario
- s = Secundario

³³ Nombre del equipo por sus siglas en ingles, Transformer Turns Ratio (TTR) que mide la relación de transformación de un transformador, entre otras funciones dependiendo del modelo y marca.

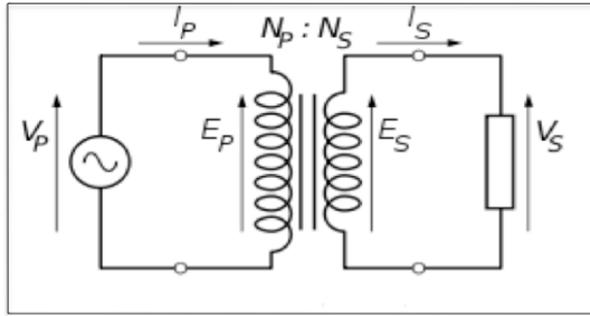


Fig. 39. Circuito con fuente alterna, transformador conectado a una carga.

De fábrica este tipo de TTR puede dar lecturas de relación no mayor a 130, y si se requiere leer relaciones mayores se deben utilizar aditamentos o agregar otro transformador de referencia al TTR. El medidor de transformación es un equipo que básicamente está formado por un transformador de referencia con relación de ajustable entre 0 y 130, una fuente de excitación de corriente alterna, un galvanómetro detector de corriente cero y un juego de cables o terminales de prueba. El generador o fuente de corriente alterna es del tipo de imanes permanentes y proporciona una tensión del orden de 8V. La relación de transformación de un TC que se pueda probar con un TTR es de hasta 600/5.

La prueba de relación de transformación a un TC utilizando la carga artificial se pueden probar con la corriente que se genera de la carga artificial y conectando las terminales de corriente en serie con el devanado primario del TC y las terminales del secundario en corto circuito (es importante puentear el devanado secundario cuando se energize el TC, si no se realiza este paso el TC se satura generando un alto potencial de riesgo para el personal). La máxima corriente que puede generar la carga artificial es de 50A.

Se puede obtener la relación de transformación por medio del Medidor de Relación de Transformación Digital Modelo 8500 marca AEMC, conocido como DTR (por sus siglas en ingles), ver figura 40.

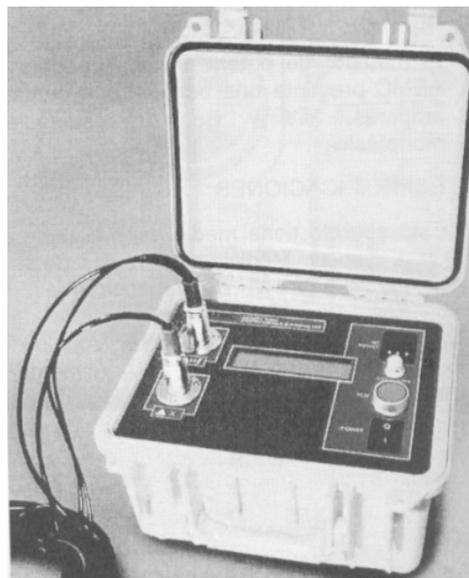


Fig. 40. DTR (Probador de Relación de Transformación).³⁴

³⁴ "Medición de Energía para Ingenieros", Capítulo 16: Instrumentos de Medición y Equipos de Prueba, CFE, 2008.

La ventaja de este equipo es que las conexiones para las pruebas de relación de transformación de un transformador de distribución y de uno de corriente, no es necesario energizar el transformador, el DTR provee la corriente de excitación para probar el transformador. El voltaje de excitación manejado por este equipo en modo de prueba es de 44Vrms.

Prueba de aislamiento.

La prueba de aislamiento utilizando Megger es la prueba que mide la resistencia en Megaohms que tiene un aislamiento al aplicarle un voltaje de Corriente Directa, utilizando el equipo Megger, se muestra en la figura 41.



Fig. 41. Megger de aislamiento 5000V, AEMC.³⁵

Esta prueba sirve para determinar las condiciones que guardan los materiales que integran los aislamientos de los equipos. Los factores que puede llegar a afectar la prueba y tienden a reducir la resistencia de aislamiento:

- La suciedad.
- La humedad relativa.
- La temperatura.
- La inducción electromagnética.

Los potenciales de prueba mas comúnmente utilizados son tensiones de corriente directa de 500 a 5000V, pero el voltaje de prueba utilizado por CFE es de 2500 Volts.

Existen tres tipos de medidores de aislamiento y son los accionados manualmente, accionados por motor y los tipo rectificador.

Los tipos de prueba de aislamiento utilizando el Megger son dos y se muestra cada uno de ellos a continuación:

³⁵ Ídem. No. 34.

ALTA VS. BAJA + TIERRA

1. Se coloca un puente entre P1 y P2.
2. Se coloca un puente entre S1 y S2 y el tornillo de la carcaza, y se conecta a tierra.
3. La Terminal "L" se conecta a P1 o P2.
4. La Terminal "T" se conecta a S1 o S2.
5. La Terminal "G" se conecta a tierra efectiva.

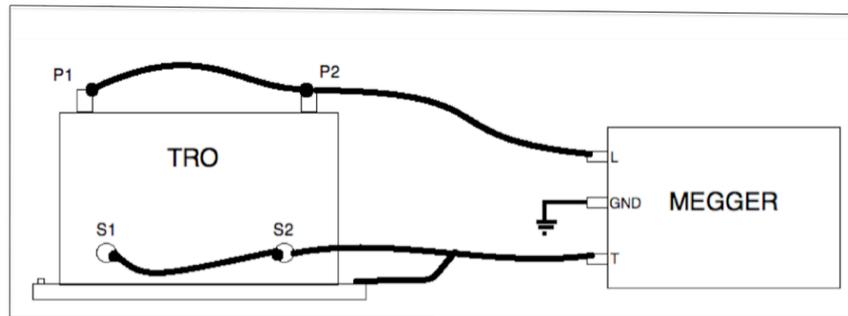


Fig. 42. Diagrama de conexión de prueba de aislamiento "Alta vs. Baja mas Tierra" con Megger, el voltaje aplicado para ducha prueba es de 2500 V de C.D.³⁶

ALTA VS. BAJA

1. Se coloca un puente entre P1 y P2.
2. Se coloca un puente entre S1 y S2.
3. La Terminal "L" Se conecta a P1 o P2.
4. La Terminal "T" se conecta a S1 o S2.
5. La Terminal "G" se conecta a tierra efectiva.

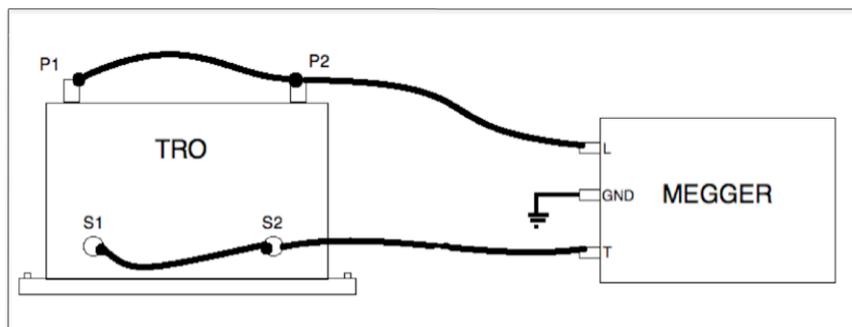


Fig. 43. Diagrama de Conexión de la prueba de aislamiento "Alta vs. Baja" con Megger.³⁷

³⁶ Autoría propia en base al Procedimiento MED-7005-CFE. "Pruebas a Equipo de Medición". 1994.

³⁷ Ídem. No.36.

Dentro de las aplicaciones del megger, se utiliza para medir resistencia de aislamiento de equipos como: cables de energía, devanado de motores, transformadores, entre otros. Las pruebas manejan tensiones desde 500 a 5000VCD.

Un criterio práctico para determinar si un aislamiento esta en buenas condiciones es que, conforme la temperatura se eleva la medición en Megaohms disminuye.

La resistencia de aislamiento mínimo, es igual a $1M\Omega$ por cada Kilovolt de la clase de aislamiento del devanado, a $75^{\circ}C$. El valor anterior debe duplicarse, por cada $10^{\circ}C$ de disminución de la temperatura con respecto a los $75^{\circ}C$, en la ecuación 10 se puede identificar esta condición .

$$R_{\text{aislamiento}} = 2(\text{Clase de aislamiento})^{(10-T)/10} \dots\dots\dots(10)$$

Donde:

Clase de aislamiento: En KV

Raislamiento: en $M\Omega$

T: en $^{\circ}C$

Conclusiones del Capítulo 3.

Para medir los consumos de un servicio en media tensión a través de señales de baja tensión es necesario el uso de transformadores de instrumento, esta forma de medición se lleva a cabo para manejar con mayor seguridad el punto donde se instalará el medidor (el área de medición), en la cual se realizarán las pruebas de verificación al equipo de medición.

En un punto de medición donde se mide en media tensión, dentro del gabinete se tendran altos niveles de tensión, lo cual representa un alto riesgo para el personal de mantenimiento y para los usuarios. En el caso de medir los consumos en media tensión por medio de equipo de medición en baja tensión, se toma la señal de baja tensión de los transformadores de instrumento y de esta manera se manejarán voltajes de 120 o 115V y corrientes de 3 a 5A como máximo. Esto no significa que se tenga menos riesgo, pero se trabajará con la misma seguridad cualquiera sea el caso, pero si es considerable la disminución de las magnitudes del voltaje y corriente en el equipo de medición