

36
Ej.



*Universidad Nacional
Autónoma de México*

Facultad de Estudios Superiores

CUAUTITLAN



**"PRUEBAS ELECTRICAS DE CAMPO APLICADAS A EQUIPOS
ELECTRICOS EN ALTA TENSION 400-230-85/23 KV."**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

T E S I S
Que para obtener el Título de
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
p r e s e n t a
BERNARDO SAUCEDO COLIN

Asesor: Ing. Esteban Corona Escamilla

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx. 1992



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

PRUEBAS ELECTRICAS DE CAMPO APLICADAS A EQUIPOS ELECTRICOS DE SUBESTACIONES EN ALTA TENSION 400-230-85/23 KV

CAPITULO I

1.1	INTRODUCCION	1
1.2	Objetivo de la Tesis	2
1.3	Pruebas de Campo	2
1.4	Objetivo de una subestación de distribución	5
1.5	Clasificación de las subestaciones	5
1.6	Elementos de una subestación	6

CAPITULO II

RESISTENCIA DE TIERRA

2.1	Teoría básica	18
2.2	Técnica de medición	22
2.3	Interpretación de resultados	26

CAPITULO III

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

3.1	Teoría básica	28
3.2	Instrumento de medición (megohmetro o megger)	34
3.3	Aplicación de la prueba	41
3.4	Procedimiento de la prueba	42
3.5	Criterios para la interpretación de resultados	48

CAPITULO IV

RESISTENCIA OHMICA

4.1	Teoría general	69
4.2	Técnica aplicada	69
4.3	Procedimiento	70
4.4	Aplicación de la prueba a devanados	71
4.5	Aplicación de la prueba a contactos a presión o deslizables	80

CAPITULO V

FACTOR DE POTENCIA DE LOS AISLAMIENTOS

5.1	Teoría general	91
5.2	Equipo de prueba	100
5.3	Procedimiento de prueba	103
5.4	Interpretación de resultados	104
5.5	Aplicación de la prueba a elementos de la subestación	107

CAPITULO VI

CORRIENTE DE EXCITACION

6.1	Teoría básica	140
6.2	Procedimiento de prueba	144
6.3	Aplicación de la prueba	145
6.4	Interpretación de resultados	146

CAPITULO VII

RIGIDEZ DIELECTRICA

7.1	Teoría básica general	153
7.2	Pruebas de campo	159
7.3	Procedimientos de prueba	167

CAPITULO VIII

HUMEDAD RESIDUAL EN AISLAMIENTOS SOLIDOS

8.1	Generalidades teóricas	172
8.2	Métodos y procedimientos de prueba	173
8.3	Equipos de medición para punto de rocío	177
8.4	Valores máximos aceptables de humedad residual	183

CAPITULO IX

CONTENIDO DE HUMEDAD AL GAS HEXAFLORURO DE AZUFRE

9.1	Teoría general	184
9.2	Aplicación del gas hexafloruro de azufre	187
9.3	Productos de descomposición en un arco eléctrico	187
9.4	Prácticas de seguridad para la reparación de equipos eléctricos	188
9.5	Características normalizadas del hexafloruro de azufre	190
9.6	Pruebas para el control de hexafloruro de azufre	190
9.7	Pruebas de contenido de humedad al gas SF ₆	191

CAPITULO X

RELACION DE TRANSFORMACION

10.1	Teoría general	196
10.2	Equipo de medición	196
10.3	Procedimiento de prueba	200
10.4	Aplicación de la prueba de relación de transformación	200
10.5	Análisis de resultados	206

CAPITULO XI

SINCRONISMO Y TIEMPOS DE OPERACION DE INTERRUPTORES

11.1	Teoría general	214
11.2	Técnica aplicada y equipos de prueba	214
11.3	Aplicación de la prueba	219
11.4	Condiciones generales para la prueba	220
11.5	Procedimiento y circuitos de prueba	221
11.6	Análisis de resultado	221
11.7	Voltajes mínimos de operación	233

CONCLUSIONES

APENDICE

Reportes de Prueba.

1.1 INTRODUCCION

Hoy en día, el uso de la Energía Eléctrica es un factor primordial para el transcurrir de la vida, lo mismo en la industria, que en el comercio o el hogar.

Las grandes ciudades se paralizarían sin el suministro del fluido eléctrico.

Se ha llegado a mencionar que el progreso de una nación descansa en la capacidad instalada de Energía Eléctrica, esto es verdad a medias, ya que el desarrollo económico e industrial de cualquier país se basa en su potencial humano, energético y de recursos naturales, y en el uso óptimo y equilibrado de cada uno de ellos.

Para el aprovechamiento óptimo de la Energía Eléctrica que se generan en plantas: Hidroeléctrica y Termoelectricas de nuestro país, se requiere de una red eficiente de líneas de transmisión y de una amplia gama de subestaciones igualmente eficientes y confiables, que deberán cumplir con ciertos requisitos, para que el sistema eléctrico mantenga continuidad en el servicio proporcionado a los usuarios.

En el presente trabajo nos ocuparemos particularmente de las Subestaciones Eléctricas de alta tensión, de los elementos o equipos que las componen y en especial, de las pruebas aplicadas a dichos dispositivos para determinar si están en condiciones de entrar en servicio.

Una de las principales pruebas que se efectúan a los equipos eléctricos que forman una Subestación son las dieléctricas, esto debido a que las condiciones óptimas de los aislamientos será una garantía para tener la seguridad de que la Subestación en su conjunto opere satisfactoriamente.

El presente trabajo pretende ser una guía o manual para conocer y adentrarse a las diferentes pruebas que se deben realizar a los elementos de una Subestación, durante su montaje, para antes de la puesta en servicio o como diagnóstico para un mantenimiento preventivo o correctivo.

El trabajo esta presentado, en forma tal, que la prueba a realizar se aborda como un tema o capitulo global; como introducción la teoría básica sobre el tema, en seguida una breve descripción del instrumento o aparato de medición, para después mencionar de forma escueta a que equipos de la Subestación se aplica dicha prueba, su metodología, el proceso, y el análisis de resultados, esto es, se describen las pruebas, que se deben realizar a cada equipo, sus conexiones, lo que se prueba en cada conexión específica, y se da un criterio para conocer si los valores de prueba obtenidos son aceptables. Se anexan también los reportes de las pruebas y la secuencia de las mismas y en que momento del montaje se deberá hacer cada prueba y bajo que condiciones del equipo.

Este trabajo, está basado en una amplia recopilación de las experiencias que sobre el tema tiene el personal de la Gerencia de Construcción, en especial de la Superintendencia de Pruebas y Control de Calidad de Compañía de Luz y Fuerza del Centro, donde laboré por cerca de 10 años.

La mayoría de las pruebas y teoría están especificadas en normas de Comités Nacionales e Internacionales, en forma particular, para cada equipo.

1.2 OBJETIVO DE LA TESIS

El objetivo de este trabajo es describir las técnicas de prueba que se realizan a los equipos eléctricos instalados en las Subestaciones y conocer los procedimientos de dichas pruebas.

Por otra parte está enfocado principalmente a ser una guía, un manual auxiliar tanto para el ingeniero residente durante el montaje, así como para el personal encargado de realizar las pruebas en campo.

1.3 PRUEBAS EN CAMPO

El objetivo de las pruebas realizadas a los equipos de una Subestación eléctrica es conocer el estado en que se encuentran es o no aceptable para su funcionamiento normal.

La aplicación regular de la serie de pruebas realizadas, cuando la subestación se encuentra operando, permite trazar la velocidad de la degradación que se efectúa en los equipos de la misma y en la mayoría

de los casos, se puede programar el mantenimiento requerido antes de que ocurra una falla.

En todos los casos, tratándose de equipo nuevo para la puesta en servicio o equipo en operación, las pruebas que se realicen siempre deberán estar precedidas de actividades de inspección y revisión.

La forma y conexiones de las diferentes pruebas que se llevan a cabo a cada equipo deberán efectuarse hasta donde sea posible en el orden en que se presentan.

No deberán usarse equipos de prueba cuyas tensiones en terminales sea superior al que se considera seguro aplicar al equipo y probar.

Con el objeto de evitar errores en la aplicación de las pruebas se deben colocar los instrumentos de prueba sobre bases firmes y bien niveladas se debe seleccionar la tensión al valor que se requiera para efectuar la prueba.

Deberán tomarse todas las medidas de seguridad tanto del equipo de pruebas como del personal que interviene en las mismas. En la tabla 1.1 se anotan las diferentes pruebas que deberán realizarse a cada equipo eléctrico en particular.

Las pruebas de campo se dividen en dos tipos que son:

1.- DE PUESTA EN SERVICIO

La prueba de puesta en servicio se realiza en tres partes:

* Pruebas preliminares, pruebas de recepción y pruebas finales u operativas

PRUEBAS PRELIMINARES:

Son las pruebas que se realizan a los aislamientos para saber cuales son las condiciones dieléctricas antes y durante el montaje.

PRUEBAS DE RECEPCION:

Este tipo de pruebas se realizan después del montaje para comprobar el estado final del equipo.

PRUEBAS FINALES U OPERATIVAS:

Son el conjunto de pruebas dieléctricas operativas y de simulación, que con operaciones reales demuestran completamente las condiciones del equipo.

**TABLA 1.1 RELACION DE PRUEBAS A EQUIPO ELECTRICO
EN SUBESTACIONES DE DISTRIBUCION**

EQUIPO SUJETO A PRUEBAS	PRUEBAS										
	RESISTENCIA DE AISLAMIENTO	FACTOR DE POTENCIA	RELACION DE TRANSFORMACION	RIGIDEZ DIELECTRICA ●	RESISTENCIA DE CONTACTOS	TIEMPOS DE OPERACION	PERDIDAS DIELECTRICAS	HUMEDAD RESIDUAL	CONTINUIDAD	VOLTAJES MINIMOS	PUNTO DE ROCIO
APARTARRAYOS	X	X					X				
BOQUILLAS	X	X					X				
BANCO DE CAPACITORES	X	X		X							
CUCHILLAS	X				X					X	
CUCHILLAS FUSIBLES	X				X						
CABLES	X	X									
CONDENSADOR DE ACOPLAMIENTO	X	X									
GAS AISLANTE SF ₆								X			X
INTERRUPTOR	X	X		X	X	X	X	X		X	
REACTORES	X	X								X	
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE	X	X	X						X		
TRANSFORMADOR DE POTENCIAL	X	X	X						X		
TRANSFORMADOR DE POTENCIA	X	X	X	X			X	X			
TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION	X	X	X	X					X		
TRAMPA DE ONDA	X	X									
EQUIPO UTILIZADO	MEGGER MONTAJEADO ELECTRONICO	MEU	TTR	BAUR	DUCTER PILAS O ELECTRICO	MILLIGRAPH MILLI AVAC ANALIZADOR	MEU MH	PANAMETRIC	MEGGER MULTIMETRO	VARIAC	

X PRUEBAS EFECTUADAS

● ESTA PRUEBA SE REALIZA CUANDO EL EQUIPO INDICADO CONTIENE ACEITE

2. PRUEBAS DE MANTENIMIENTO:

Esta prueba se divide en dos partes que son: Pruebas preventivas y pruebas predictivas.

*Pruebas preventivas.

Se realizan de acuerdo con un programa de mantenimiento; ya sea que se aplique por tiempo de servicio o por número de operaciones.

*Pruebas predictivas.

Se llevan a cabo para determinar en el momento, las condiciones actuales de un equipo.

SUBESTACIONES DE ALTA TENSION:

1.4 OBJETIVO DE UNA SUBESTACION DE DISTRIBUCION.

El objetivo principal de una Subestación de Distribución es transformar la energía suministrada, ya sea por plantas generadoras o por una línea de transmisión a valores adecuados de tensión y corriente, para después distribuir localmente esta energía para su consumo.

1.5 CLASIFICACION DE LAS SUBESTACIONES.

Las Subestaciones de Distribución se clasifican:

I) POR SU MANEJO

a) MANUALES

b) AUTOMATICAS

II) POR SU FUNCION

a) REDUCTORAS

b) INTERCONEXION
PRIMARIAS

III) POR SU SERVICIO

SECUNDARIAS

REDUCTORAS
DE ENLACE O
DISTRIBUCION
DE MANIOBRA
REDUCTORAS
DE ENLACE

IV) POR SU CONSTRUCCION.

a) TIPO INTEMPERIE

b) TIPO INTERIOR

c) COMPACTAS (INTERIOR O INTEMPERIE)

d) BLINDADAS (INTERIOR O INTEMPERIE).

1.6 ELEMENTOS DE UNA SUBESTACION.

Los elementos que constituyen una Subestación de distribución de 400-230-85/23 kV, se pueden clasificar en elementos principales y secundarios, y el número de elementos dependerá de la capacidad de la Subestación y de la elección del diagrama de conexiones, tanto del lado de baja, como del lado de alta tensión.

Elementos principales:

- 1.- Transformador de Potencia
- 2.- Interruptores de Potencia
- 3.- Cuchillas desconectadoras
- 4.- Cuchillas fusible ó Coratacircuitos
- 5.- Transformadores de instrumentos
- 6.- Apartarayos
- 7.- Capacitores
- 8.- Reactores
- 9.- Condensador de acoplamiento y trampa de onda
- 10.- Tableros de control, protección y medición.

Elementos secundarios:

- 1.- Cables de potencia
- 2.- Instalaciones y cables de control
- 3.- Sistema de tierras
- 4.- Barras colectoras
- 5.- Equipo misceláneo

GENERALIDADES DE LOS ELEMENTOS DE LA SUBESTACION

ELEMENTOS PRINCIPALES.

1.- Transformador de potencia

El transformador es la parte más importante de la Subestación, y se define como una máquina estática que transfiere la energía eléctrica de un circuito a otro con la misma frecuencia, pero con diferentes valores de tensión y corriente, permaneciendo los dos circuitos eléctricamente aislados el uno del otro, pero eslabonados magnéticamente.

Los transformadores en aceite tienen su parte activa sumergida en aceite mineral (derivados del petróleo) por lo que, en estas máquinas, de hecho no se tienen limitaciones en la potencia ni en las tensiones, ya que es común encontrar transformadores hasta de 140 MVA., y con tensiones del orden de 500 kV y en algunos casos con valores de potencia y tensión como los usados en las redes eléctricas de Estados Unidos, Rusia y Canadá.

2 Interruptor de potencia.

El interruptor de potencia es un dispositivo que tiene la función de desconectar o restablecer la continuidad de los circuitos eléctricos de potencia con carga, bajo condiciones de corriente nominal, vacío o de corto circuito es decir, en condiciones normales o anormales.

Cuando los contactos del interruptor de potencia se abren éste debe ser capaz de disipar la energía producida por el arco eléctrico, sin que sufran daño los contactos, e inmediatamente después, debe recuperar la rigidez dieléctrica del aislamiento que existe entre los contactos, esta rigidez dieléctrica deberá ser superior a la tensión del restablecimiento. La recuperación de la rigidez dieléctrica se obtiene alejando lo más pronto posible los contactos y sustituyendo el gas ionizado producto del arco eléctrico, por el material aislante, que puede ser aire, aire comprimido, gas o presión (hexafluoruro de azufre SF₆), aceite mineral o vacío.

Tipos de Interruptores:

Los interruptores se pueden clasificar de acuerdo al método que se utiliza para extinguir el arco.

Interrupción en Aire:

Para la extinción de un arco eléctrico en aire a la presión atmosférica normal, el procedimiento más usual es el sople magnético; en este tipo de interruptores el arco se alarga y se enfría aumentando considerablemente su resistencia, lo que reduce la corriente hasta que el arco se extingue.

Para llevar a cabo el alargamiento, la misma corriente por interrumpir, es utilizada para crear un campo magnético que impulsa el arco contra un laberinto de celdas de material cerámico des-ionizante, donde el arco adquiere una mayor longitud y al mismo tiempo, se vá enfriando hasta conseguir su completa extinción.

Interrupción en aceite:

El principio de interrupción de los interruptores en aceite es en general el de auto extinción del arco, ya que al abrirse el interruptor, se forma un arco entre la parte estacionaria del contacto y la parte móvil, produciéndose gases que ejercen una alta presión (del orden de 10 Kg/cm^2) en la cámara de extinción. Esta presión expulsa aceite por la boca de la cámara de extinción, empujándolo a través del arco y comprimiendo a su vez los gases, lo que aumenta su rigidez dieléctrica, esta presión tiende al mismo tiempo a empujar los vástagos de los contactos móviles, acelerando así, el desenganche del interruptor. La cámara de extinción regula la cantidad de gases que pasa al tanque principal del aceite, reduciéndose considerablemente los esfuerzos a que está sometido dicho tanque. Todas estas acciones combinadas tienden a acortar la duración del arco y disminuir el volumen del gas formado.

Interrupción en Aire Comprimido.

Esta interrupción se realiza, aplicando al arco eléctrico, una fuerte inyección de aire comprimido, de manera que el arco mismo se alarga, enfriándose en una forma eficiente y se elimina rápidamente el gas ionizado, de tal forma, que se recupera de inmediato las características dieléctricas entre los contactos, evitando así posibles rearqueos.

Interrupción en Hexafluoruro de Azufre (SF_6)

En los últimos años se ha desarrollado especialmente para tensiones superiores a 400 kV, interruptores en los que el medio de extinción del arco está constituido por el gas SF_6 .

Este es un gas que presenta ciertas características, las cuales han sido importantes para su utilización y son:

- a) Un elevado valor de rigidez dieléctrica.
- b) Una elevada velocidad de recuperación de la rigidez dieléctrica, cuando ésta se pierde durante la interrupción a causa del arco eléctrico.

- c) La rigidez dieléctrica del SF₆ a la presión atmosférica es dos o tres veces mayor que la del aire y su valor a una presión de 3 Kg/cm² es comparable con el del aceite mineral tratado.

3.- Cuchillas Desconectoras.

Los seccionadores llamados también desconectores, se emplean principalmente para separar equipos de las barras o de aparatos bajo tensión, para seccionar barras y circuitos y también para transferencias, ensayos y puestas a tierra. Normalmente no se contruyen para interrumpir la corriente de servicio excepto en condiciones especiales con cargas limitadas.

Las cuchillas desconectoras deben cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Garantizar un aislamiento dieléctrico o tierra, particularmente en la apertura.
- b) Conducir en forma continua la corriente nominal sin que exista una elevación de temperatura en las diferentes partes de la cuchilla.
- c) Soportar los efectos térmicos y dinámicos de las corrientes de corto circuito por un tiempo determinado.
- d) Garantizar la seguridad en las maniobras de cierre y apertura.

4.- Cuchillas fusibles o cortacircuitos

La cuchilla fusible es un dispositivo que sirve para la conexión y desconexión de circuitos eléctricos y tiene dos funciones básicas, una es como cuchilla desconectora y otra es como elemento de protección contra corto circuitos y sobrecargas. La protección la constituye el elemento fusible al interrumpir la corriente del circuito que protege, cuando se presentan condiciones anormales de operación, a través de la fusión del elemento fusible.

5.- Transformadores de Instrumentos:

Los equipos de medición, control y protección del tipo de C.A., están accionados por corriente y tensión suministrados por transformadores de corriente y potencial. La función principal de estos transformadores es:

- a) Proporcionar aislamiento contra la alta tensión del circuito de potencia.
- b) Alimentar al equipo de medición, control y protección, con magnitudes proporcionales a aquellas del circuito de potencia, pero lo suficientemente reducidas en magnitud para que los equipos puedan fabricarse relativamente pequeños y no costosos.

La aplicación adecuada de los transformadores de corriente y de potencial, implica la consideración de varios factores como son: construcción mecánica, tipo de aislamiento (seco o líquido), relación en función de las corrientes o tensiones primarias y secundarias, clases de aislamiento, nivel de impulso, condiciones de servicio, precisión y conexiones.

El Transformador de corriente es aquel cuya función principal es cambiar el valor de la corriente del primario a un valor normalizado de corriente en el secundario con el cual, se puede alimentar los instrumentos de medición, control o protección.

El transformador de potencial es aquel cuya función principal es transformar la tensión a un valor normalizado que puede ser empleado para alimentar a los instrumentos de medición, control y protección.

6.- Apartarrayos

Los apartarrayos actúan como válvulas de seguridad destinadas a limitar la magnitud de las sobretensiones causadas por descargas atmosféricas, maniobras y otras perturbaciones a valores que no sean perjudiciales para los elementos del sistema, que en caso contrario, se descargarían por los aisladores o perforando el aislamiento, ocasionando una interrupción de una línea y eventualmente desperfectos en las máquinas.

Los apartarrayos se fabrican en diferentes tipos, basados en el mismo principio de operación, que consiste en la formación de un arco eléctrico entre dos explosores cuya separación está determinada de antemano de acuerdo con la tensión a la que se va a operar. Los tipos de apartarrayos más comunes son los conocidos como apartarrayos tipo autovalvular y apartarrayos de resistencia variable. El apartarrayos tipo autovalvular consiste de varias chapas de explosores conectados en serie por medio de resistencias variables y el apartarrayos de resistencia variable consiste en dos explosores que se conectan en serie a una resistencia variable.

7.- Banco de Capacitores:

Las funciones principales de los bancos de capacitores son las siguientes:

- Mejorar el factor de potencia en una línea o un sistema.
- Aumentar la estabilidad de la línea, mediante la regulación de su tensión y de su factor de potencia.

Los bancos de capacitores, deben ser instalados junto a la carga o lo más cerca posible de ella, como es en una subestación reductora de tensión o una subestación de distribución. Los capacitores, para la distribución de energía, son de dos tipos principalmente:

Síncronos; los capacitores estáticos, se componen de placas de hojas metálicas; separadas por un aislamiento de papel, sumergidas en aceite o en un líquido aislante no inflamable, y colocadas en cajas metálicas cerradas. Los condensadores síncronos, son motores construídos para funcionar sin carga mecánica y con una amplia regulación de la excitación o campo.

8.- Reactores.

El propósito principal de los reactores es el de limitar la corriente que fluye en varias partes del sistema durante un corto circuito, haciendo ésto, se reducen esfuerzos en conductores, soportes, cuchillas y otros aparatos conductores de corrientes de corto

circuito. Los daños debido al arqueo mismo, del corto circuito se reducen considerablemente; más aún, interruptores de menor capacidad interruptiva pueden ser utilizados.

9.- Condensador de acoplamiento y trampa de onda.

(equipo carrier de comunicación)

Algunas líneas largas llevan equipo carrier para comunicación, que es más confiable, más económico que el alambre piloto de comunicación, en cada terminal de línea de transmisión, protegida con relevadores se protege a un sistema carrier, o sea a una unidad receptor-transmisor y a su capacitor de acoplamiento, además de la trampa de línea. Los relevadores son del tipo de alta velocidad y pueden ser para cada fase y para cada tierra.

La unidad receptor-transmisor se conecta al conductor de la línea de transmisión de alto voltaje por medio de un capacitor de acoplamiento. Este consta de un banco de capacitores sumergidos en aceite en un recipiente de porcelana y conectados en serie para aumentar la resistencia de la línea de alto voltaje. Se pone a tierra a través de una bobina de choque (del orden de 100 mili henrys).

El banco de capacitores sumergidos en aceite tiene una capacitancia de alrededor de $1/1000$ de micro farad, dando una impedancia de un poco menor de 1 000 000 de ohms a la corriente de la línea; la inductancia de la bobina, por otro lado, ofrece una baja impedancia a la corriente de 60 Hz y una alta resistencia a la frecuencia del carrier. Así la unidad carrier transmisor-receptor es aislada efectivamente de la línea de transmisión a 60 Hz. La reactancia del capacitor de acoplamiento a la corriente del carrier es compensada por la inductancia en serie ajustable en el sintonizador de la línea operada.

Una trampa de línea consiste en una combinación de inductancias y capacitancias en paralelo ajustadas a la frecuencia del carrier; se conecta en serie con el conductor de línea en cada extremo de la línea de transmisión protegida.

El propósito de la trampa es confinar la potencia del carrier a la sección protegida; así se asegura una amplia resistencia de la señal, que no es afectada por la operación de interruptores o por fallas de línea a tierra o sobre otro circuito.

En terminos generales el condensador de acoplamiento es un elemento equivalente a un transformador de potencial, pero en lugar de ser de tipo inductivo es de tipo capacitivo; se utiliza para alimentar con tensión los aparatos de medición y protección de un sistema de alta tensión. Esta compuesto por un divisor capacitivo y una unidad electromagnética, interconectados en tal forma que la tensión secundaria es directamente proporcional y está en fase con la tensión primaria, como ya se menciona es equipo complementario del BLU (Banda Lateral Unica) o equipo de comunicación por onda portadora.

La trampa de onda es una bobina montada en soportes de fibra de vidrio, utilizada para los equipos de BLU de comunicación y son instaladas y soportadas en la estructura remate de la línea de transmisión. Es un circuito resonante de impedancia cero a la corriente de 60 Hz.

10.- Tableros de control, protección y medición.

Los tableros de una subestación tienen por objeto alojar los aparatos de control, protección y medición, los indicadores luminosos de posición y en algunos casos especiales el diagrama sinoptico (Bus Mímico).

TIPOS DE TABLEROS

a) Tableros de un solo frente

En subestaciones pequeñas se pueden montar los aparatos de control y de protección en un mismo tablero de un solo frente, este tipo de instalación se encuentra en subestaciones antiguas de Compañía de Luz y actualmente ésta disposición ya no se realiza en las nuevas subestaciones, debido al mayor tamaño de las mismas y a la mayor complejidad, tanto de las protecciones como de la automatización.

b) Tableros Duplex:

El tablero duplex, se adapta a las subestaciones de tamaño medio, en donde, los dispositivos de mando y los aparatos indicadores van montados en un tablero frontal y los relevadores de protección en un tablero posterior.

c) **Tableros separados para el mando y los relevadores:**

Este tipo de instalación se usa mucho en Europa y en el sistema de Compañía de Luz y se utiliza en las subestaciones grandes; se montan los dispositivos de mando, el diagrama sinóptico (Bus Mímico), los indicadores luminosos de posición y los aparatos de medición en un tablero fácilmente visible y accesible para el operador. Los relevadores de protección se montan en tableros separados, colocados ya sea en otra sección del edificio central, en otro frente colocados atrás del frente de tableros de mando, o bien en casetas colocadas cerca del equipo de alta tensión.

d) **Tableros tipo mosaico para el mando:**

El arreglo de tableros tipo mosaico para el mando es conveniente en subestaciones operadas a control remoto, donde los relevadores de protección se montan en tableros separados, colocados en otra sección del edificio o en casetas colocadas en las proximidades del equipo de alta tensión. La ventaja de esta disposición consiste en que, los dispositivos de mando, el diagrama sinóptico, los indicadores luminosos de posición y los aparatos de medición son de tamaño reducido, lo cual, hace que el tablero de mando sea compacto.

ELEMENTOS SECUNDARIOS

1.- **Cable de potencia:**

Se llama cable de potencia a uno o varios conductores aislados y alojados en un envoltorio hermético y que sirven para transmitir y distribuir la energía eléctrica. El avance tecnológico de los nuevos elementos para la fabricación de conductores eléctricos, ha desarrollado dos aislamientos del tipo seco para cables de alta tensión, que han desplazado a los aislamientos de papel impregnado en aceite, estos aislamientos son: Polietileno vulcanizado de cadena cruzada (XLP) y Etileno Propileno Rubber (EPR).

Un cable de potencia, debido a las condiciones de servicio que debe soportar, requiere de un diseño y construcción especial.

Las partes básicas que forman los cables de potencia son:

- a) Conductor
- b) Pantalla del conductor (su función es la de distribuir el campo eléctrico en la superficie exterior del conductor, evitando con ésto, la concentración de esfuerzos eléctricos en la superficie del mismo).
- c) Aislamiento
- d) Pantalla semiconductora
- e) Pantalla metálica (junto con la pantalla semiconductora forma la llamada pantalla electrostática, siendo su función la de confinar el campo eléctrico al interior del aislamiento, evitando con ésto, gradientes de potencial peligrosos en la superficie de los cables y como protección del sistema).
- f) Mylar (actúa como separador entre la chaqueta y la pantalla).
- g) Chaqueta o cubierta protectora (su función es la de dar protección mecánica al cable y sobre ésta se pone la identificación del mismo, tanto el voltaje de operación como el calibre y otros datos. Dependiendo de las condiciones de trabajo y contaminación del terreno, es necesario, en algunas situaciones utilizar armaduras, un fleje de acero, o una malla de alambres de acero, cubriendo el 100 % del cable).

2.- Instalaciones y cables de control:

Se entiende por sistemas de control de una subestación, al conjunto de instalaciones de baja tensión necesarias para controlar las instalaciones de alta tensión.

Los sistemas de control de las subestaciones se pueden clasificar en dos tipos:

- a) Sistemas de control local, utilizados en subestaciones con personal permanente de operación, que vigilan y operan las instalaciones.

- b) **Sistemas de control remoto**, utilizados en subestaciones con **vigilancia permanente controlados desde un centro de operación remoto** y que solo en forma ocasional se operan localmente.

Las instalaciones de control comprenden lo siguiente:

- a) **Dispositivos de mando para la operación del equipo de alta tensión** (apertura y cierre de interruptores y cuchillas desconectoras) y el equipo auxiliar necesario para la correcta ejecución de las maniobras (diagrama sinóptico e indicadores luminosos de posición).
- b) **Dispositivos de control automáticos** (recierre automático de interruptores, sincronización automática, cambio automático de derivaciones de los transformadores, etc.)
- c) **Dispositivos de alarma sonoros y luminosos**, destinados a avisar al operador de la operación de una protección automática, o de alguna condición anormal en el funcionamiento del equipo eléctrico de alta tensión (transformadores de potencia, interruptores, cuchillas desconectoras).
- d) **Aparatos registradores** destinados a suministrar información sobre los disturbios que afectan la subestación (osciloperturbógrafos), para registrar la operación de los relevadores y los interruptores y la aparición de condiciones anormales de funcionamiento de los aparatos de la subestación.
- e) **Cables de control**, sirven para interconectar los distintos elementos de las instalaciones de control y alimentar los relevadores de protección y los aparatos de medición, desde los secundarios de transformadores de corriente y potencial.
- f) **Tableros que sirven para soportar los aparatos de control, protección y medición.**

3.- Sistema de tierras:

Uno de los aspectos principales para la protección contra sobretensiones en las subestaciones, es la de disponer de una red de tierras adecuada, en la cual se conectan los neutros de los aparatos, los apartarrayos, los pararrayos, los cables de guarda, las estructuras metálicas que deben estar a potencial de tierra.

4.- Barras colectoras:

Se llaman barras colectoras al conjunto de conductores que se utilizan como conexión entre los diferentes circuitos de que consta una subestación de distribución.

En una subestación se pueden tener uno o varios juegos de barras que agrupen diferentes circuitos, en uno o varios niveles de tensión, dependiendo del propio diseño de la subestación de distribución.

Cada juego de barras consta de tantos conductores como fases o polos se componga el circuito, ya sea que tenga corriente alterna o corriente continua.

Los materiales normalmente usados para sistema de barras son aluminio o cobre en cables o secciones tubulares; la elección del material y forma de un sistema de barras está en función de requisitos propios de cada subestación como son corriente a conducir, claros entre soportes, distribución de equipos, etc.

5.- Equipos misceláneos

Los equipos misceláneos tienen por objeto complementar las instalaciones de las subestaciones y su función es importante para la operación de éstas, se pueden considerar los siguientes:

- Alumbrado y contactos
- Herrajes y conectores
- Banco y cargador de baterías
- Transformador de servicios propios para la subestación
- Alumbrado de emergencia.

CAPITULO II

2.1 RESISTENCIA DE TIERRA (TEORIA BASICA)

Los criterios normalizados de diseño de sistemas de tierras fueron publicados por primera vez en 1961, bajo la norma AIEE std. 80.

Desde esta fecha se han editado muchos trabajos que mejoraron los criterios de diseño y desarrollaron más eficaces métodos de análisis para determinar la eficiencia de los sistemas de tierra.

La edición 1986 de la IEEE std. 80 que rige hoy en día el procedimiento del proyecto y construcción del sistema de tierras conteniendo algunos cambios de la edición anterior, siendo el principal, la revisión de un valor más estricto para la corriente permisible en el cuerpo humano.

FUNCIONES PRINCIPALES DEL SISTEMA DE TIERRA

- a) Proporcionar un medio o circuito de muy baja impedancia, para la disipación de las corrientes eléctricas a tierra, ya sea que se deban a una falla de aislamiento, una falla de corto circuito o la operación de un pararrayo.
- b) Proveer un medio seguro para proteger al personal en la proximidad de sistemas o equipos conectados a tierra, de los peligros de una descarga eléctrica bajo condiciones de falla.
- c) Proveer una conexión a tierra para el punto neutro de los equipos que así lo requieran (transformadores, pararrayos, reactores, etc.)
- d) Proveer un medio de descarga y desenergización de equipos antes de proceder a tareas de mantenimiento.
- e) Facilitar mediante la operación de relevadores y otros dispositivos de protección, la eliminación de fallas a tierra en el sistema.
- f) Dar mayor confiabilidad y continuidad al servicio eléctrico.

EFFECTOS DE LA HUMEDAD, TEMPERATURA Y CONTENIDO QUIMICO SOBRE LA RESISTENCIA DEL TERRENO

La resistencia de la mayoría de los suelos se eleva considerablemente cuando el contenido de humedad se reduce a menos del 15 % del peso del suelo. La cantidad de agua en el suelo depende del tamaño de las partículas, su compactación y variabilidad. Sin embargo como se muestra en la figura 2.1, curva 2, la resistencia se afecta muy poco una vez que el contenido de humedad excede el 22 %.

La curva 3 de la figura 2.1, muestra la variación de la resistencia del suelo con respecto a la temperatura para un suelo arcilloso conteniendo 15.2 % de humedad por peso. El efecto de la temperatura sobre la resistencia del suelo puede considerarse despreciable para temperaturas arriba del punto de congelación. A 0°C el agua en el suelo se empieza a congelar e incrementar su resistencia rápidamente.

La comparación y la cantidad de sales solubles, ácidos o alkalis presentes en el suelo, pueden afectar considerablemente su resistencia. La curva 1 de la figura 2.1 ilustra el efecto típico de la sal (Cloruro de sodio) sobre la resistencia del suelo que contiene 30 % de humedad por peso.

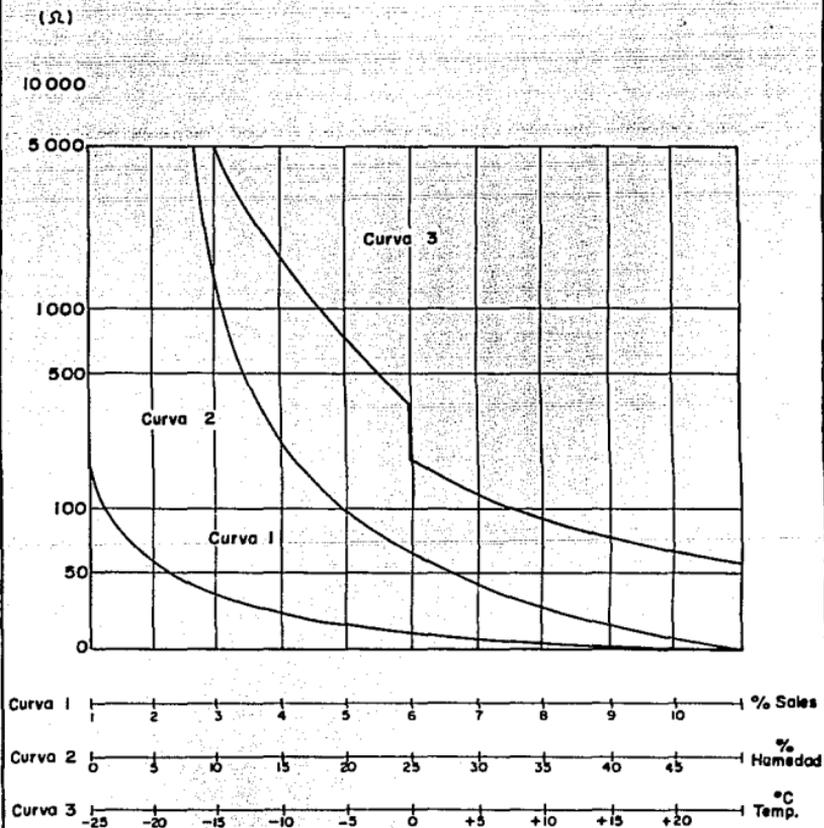
La resistencia del terreno para un diseño de tierras generalmente se determina con datos de campo, ya que, la resistencia del terreno varía tanto horizontal como verticalmente, los datos generalmente conocidos como "perfil de resistencia aparente del suelo", se obtienen por pruebas en varios lugares hasta una cierta profundidad en el terreno de la subestación.

La siguiente tabla da una idea de los valores medidos de la resistencia.

RESISTENCIAS MEDIAS DEL TERRENO

TIPO DE TERRENO	RESISTENCIA EN OHMS
Tierra Orgánica	10
Mojada	
Tierra Húmeda	10 ²
Tierra Seca	10 ³
Roca Solida	10 ⁴

FIG. 2.1 RESISTENCIA



APLICACION DE LA PRUEBA DE RESISTENCIA OHMICA A SISTEMA DE TIERRAS

El objeto de una conexión a tierra es facilitar el paso de corriente del sistema de potencia a tierra en caso de falla; la oposición que presenta a la circulación de ésta corriente se llama resistencia de tierra.

Las características de una conexión a tierra, varía con la composición y el estado físico del suelo, así como de la extensión y configuración de electrodos enterrados. El suelo puede estar formado por combinaciones de materiales de diferente resistividad, puede ser homogéneo y en algunos casos, estar formado de granito, arena o roca; materiales de alta resistividad.

Consecuentemente, las características de una conexión a tierra (resistencia ohmica), varía con las estaciones del año, las cuales producen cambios en la temperatura, contenido de humedad y composición.

La construcción de redes de tierra ayuda grandemente a la reducción de la resistencia de tierra; está formado por un conjunto de conductores enterrados a una profundidad de 30 a 50 centímetros, espaciados preferentemente en forma uniforme y conectados a varillas de 3 o más metros de longitud.

La resistencia de tierra puede ser medida:

- 1.- Para determinar en la conexión la resistencia de tierra actual.
- 2.- Para comprobación de cálculos.
- 3.- Para determinar:
 - a) La elevación en el potencial de tierra, en toda una área, como resultado de la circulación de la corriente de falla a tierra en un sistema de potencia.
 - b) La disponibilidad de una conexión a tierra para protección de descargas atmosféricas y:
 - c) La adaptabilidad de una conexión a tierra; para transmisión de radio frecuencia, a un transmisor.
- 4.- Para obtener datos necesarios en la selección de protección de líneas, el equipo interior y todo aquel personal que puede ser involucrado.

2.2 TECNICA DE MEDICION

El instrumento de uso común para la prueba de resistencia de tierra es el ohmetro de tierras fig. (2.2) que utiliza por lo regular el método de caída de potencial; este método involucra la utilización de dos electrodos auxiliares: uno de potencial y otro de corriente. El electrodo de corriente se usa para hacer circular una corriente a través del suelo a probar y con el método se nota la influencia de ésta corriente en términos de voltaje entre el electrodo auxiliar de potencial.

El instrumento consta de 4 terminales (C_1 , C_2 , P_1 , P_2).

Para suelos de más de 1 ohm de resistencia, las terminales P_1 y C_2 pueden utilizar una punta común para el electrodo bajo prueba.

La resistencia de tierra, generalmente se obtiene colocando el electrodo 2, a una distancia del centro del electrodo 1 alrededor del 62 % de la resistencia D que separa a los electrodos 1 y 3: la cual debe ser tan grande como sea posible (normalmente $D=100$ pies).

Es conveniente que el electrodo 3 se ubique en línea recta con los otros dos y se proceda a trazar una gráfica con los valores que se obtengan moviendo el electrodo 2 colinialmente a otros dos.

La gráfica resultante debe ser similar a la indicada en la figura 2.3, debiéndose obtener una parte horizontal, la cual indicará el valor de la resistencia de tierra del electrodo.

Cuando se mide la resistencia de tierra en un sistema que contiene varias varillas de tierra, las distancias requeridas por los electrodos están basadas en la longitud de la diagonal del sistema completo.

En la figura número.2.4. se determina la distancia de los electrodos auxiliares del equipo de prueba para una red de tierras de forma cuadrada o rectangular en función de su diagonal.

De la misma manera que para medir la resistencia de tierra de un electrodo, es necesario trazar una gráfica, variando la posición del electrodo número. 2 y el valor de la parte horizontal, indicará la resistencia de tierra de la red.

PRUEBA DE RESISTENCIA DE TIERRA

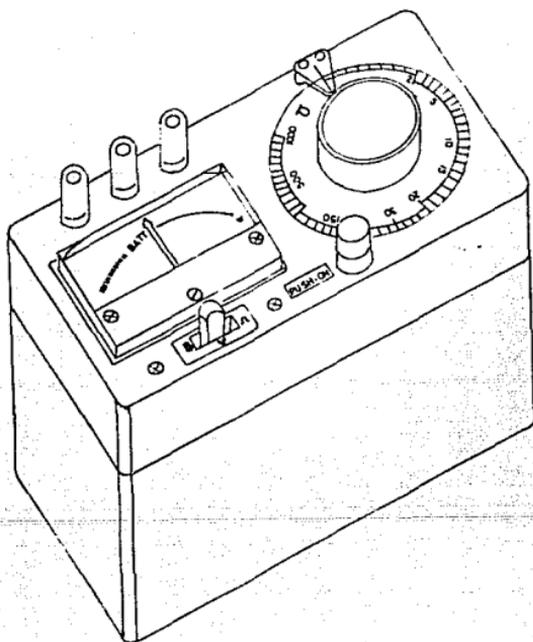


FIG. 2.2- PRABADOR DE RESISTENCIA DE TIERRA MARCA MEU
TIPO 3235

FIG. 2.3 MEDICION DE RESISTENCIA DE TIERRA
DISTANCIA (PIES)

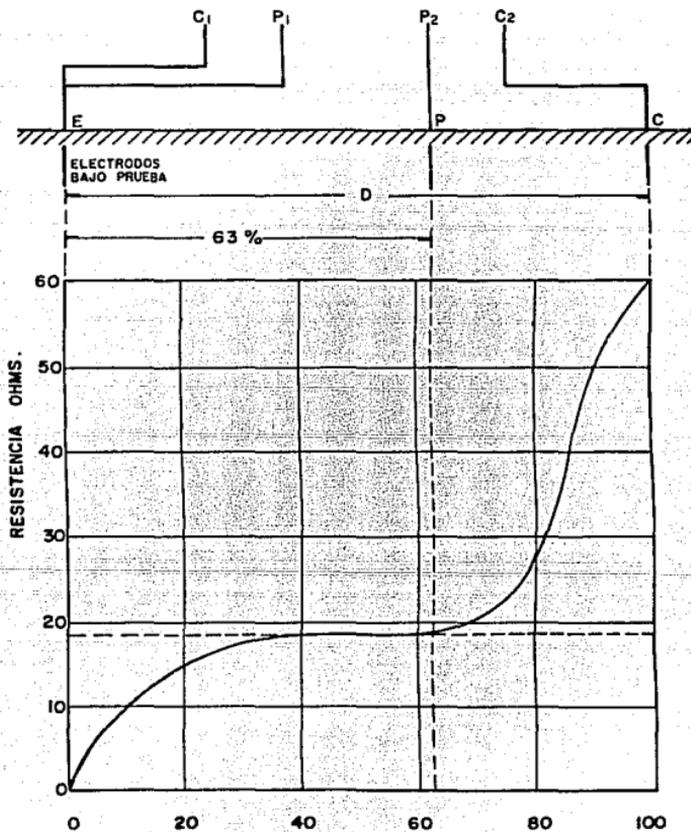
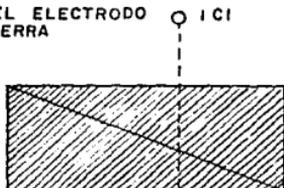


Fig. 2.4 SISTEMAS DE TIERRA

RESISTENCIA DEL SISTEMA
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0217

LONGITUD DEL ELECTRODO
DE TIERRA



AREA DEL SISTEMA

2 C2

TABLA DE LA DISTANCIA "D"	
DIMENSION DEL ELECTRODO DEL SISTEMA DE TIERRA mts.	DISTANCIA "D" A C2 mts.
0.60	21.34
1.22	30.49
1.83	40.85
2.44	42.69
3.05	48.78
3.66	51.83
4.27	57.93
4.88	60.93
5.49	64.03
6.10	67.08
12.20	97.57
18.29	118.91
24.39	137.20
30.49	152.45
36.59	167.69
42.70	179.89
48.78	195.15
54.88	207.35
60.98	216.50

2.3 INTERPRETACION DE RESULTADOS

El C.S.A (Comittee Standar American) recomienda los siguientes valores límites de resistencia de la red de tierra de una Subestación como valores aceptables en época de estiaje.

Capacidad de la S.E. en KVA	Resistencia de tierra Ω
1,500	15
1 501 - 10 000	10
Mayores de 10.000	2

En la Figura 2.5 se muestran las conexiones de prueba para medir la resistencia del suelo.

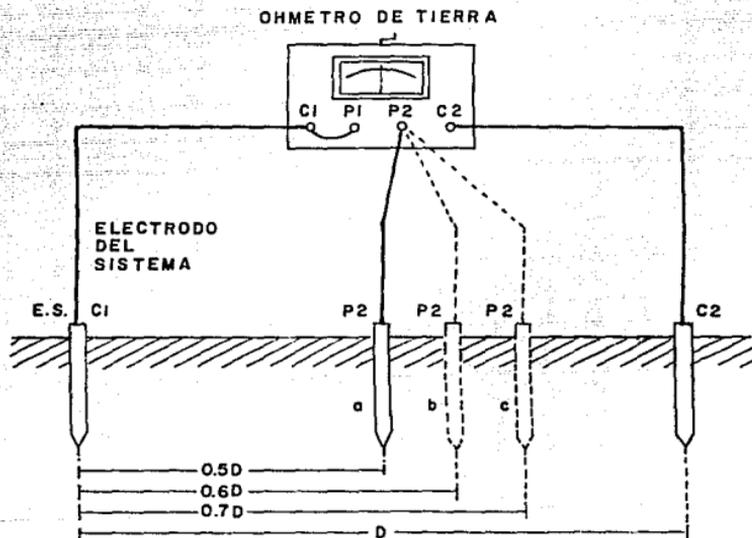
En la Compañía de Luz se han establecido los siguientes valores de resistencia de tierra en torres de transmisión.

TENSION	VALORES DE RESISTENCIA
66 kV	5 = Ohms Máximos
115 kV	7 = Ohms Máximos
230 kV	9 = Ohms Máximos
400 kV	15 = Ohms Máximos

Todos estos valores son como referencia en tiempo de secas y deberán ajustarse al valor calculado para cada línea ya que en función de la distancia varía el límite del valor de la resistencia.

Fig. 2.5 SISTEMAS DE TIERRA

RESISTENCIA DEL SISTEMA
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0217



PRUEBA	CONEXIONES DEL SISTEMA				MIDE
	C1	P1	P2	C2	
1a	E.S.	E.S.	p2 en 1a	1 C2	r 1a
1b	E.S.	E.S.	p2 en 1b	1 C2	r 1b
1c	E.S.	E.S.	p2 en 1c	1 C2	r 1c
2a	E.S.	E.S.	p2 en 2a	2 C2	r 2a
2b	E.S.	E.S.	p2 en 2b	2 C2	r 2b
2c	E.S.	E.S.	p2 en 2c	2 C2	r 2c

CAPITULO III

3.1. Resistencia de Aislamiento

TEORIA BASICA

La Resistencia de Aislamiento es el término usado para definir el cociente del potencial aplicado con C.D. a un devanado, dividido entre la corriente que fluye a través de su aislamiento, en un tiempo determinado después de iniciada la prueba.

La "Resistencia de Aislamiento" se puede definir como la resistencia que ofrece al flujo de corriente un aislamiento, cuando entre sus terminales se aplica una tensión de corriente directa durante un tiempo que generalmente es de 1 a 10 minutos.

El tiempo según Norma AIEE- No. 43, tiene mucha importancia para la prueba, pues se trata de medir solo la corriente que fluye a través y sobre la superficie del aislamiento.

A la corriente que resulta de la aplicación del potencial de C.D. se le denomina corriente de aislamiento y está compuesta de dos partes:

A) La corriente que fluye dentro del volumen de aislamiento está compuesta por:

A.1) Corriente capacitiva

La Corriente Capacitiva es aquella que carga a la capacitancia geométrica del aislamiento bajo prueba, entendiéndose por capacitancia geométrica a la capacidad de almacenamiento de carga eléctrica de un aislamiento y que depende de su forma y tamaño. Es una corriente rápida (aprox. 15 seg.) a un valor despreciable conforme se carga el aislamiento y es debido a esta corriente, que se obtiene un valor bajo inicial de Resistencia de Aislamiento, su efecto es notorio en aquellos equipos que tienen alta capacitancia, como son los cables de potencia de grandes longitudes. La corriente capacitiva tiene la siguiente expresión inicial:

$$i_c = \frac{V}{R_i} e^{-\frac{t}{R_i C_0}}$$

donde:

- i_c = Corriente capacitiva
- V = Tensión de corriente directa aplicada
- R_i = Resistencia interna del instrumento de medición

- t = Tiempo en segundo
- Co = Capacitancia geométrica del aislamiento
- e = 2.718

A.2) Corriente de Absorción Dieléctrica (i_a)

La corriente de absorción es aquella que se debe al fenómeno de polarización, el cual se presenta en la mayoría de los dieléctricos. La corriente de absorción es una componente transitoria que disminuye a un ritmo relativamente más lento. Esta corriente decrece con el tiempo y se amortigua desde un valor alto hasta cero, siguiendo una función exponencial en un tiempo de 10 a 15 minutos dependiendo del tipo y volumen del aislamiento.

La corriente de absorción fluye en el volumen del aislamiento y se expresa exponencialmente de la siguiente forma:

$$i_a = VCo e^{-at}$$

Donde:

- i_a = Corriente de absorción
- V = Tensión de corriente directa aplicada
- Co = Capacitancia geométrica del aislamiento
- t = Tiempo en segundos
- a = Constante
- e = 2.718

A.3) Corriente de Conducción (i_r)

La corriente de conducción es aquella que influye a través de la superficie del volumen del aislamiento. Se puede observar en la gráfica de la fig. (3.1) que la corriente de conducción permanece constante después del transitorio, una vez que las otras componentes han desaparecido.

La expresión algebraica que representa a la corriente de conducción es la siguiente:

$$i_r = \frac{V}{R_a}$$

Donde:

- i_r = Corriente de Conducción
- V = Tensión de Corriente directa aplicada
- Ra = Resistencia de aislamiento

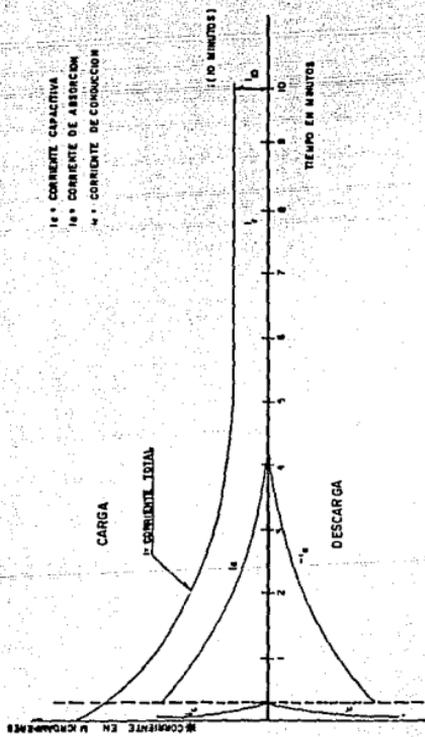


FIG. 3 J. - COMPORTAMIENTO DEL AISLAMIENTO DE UN TRANSFORMADOR DURANTE LA APLICACION DE LA TENSION DE C.D. (CARGA) Y DESPUES DE REALIZADA LA PRUEBA AL CORTOCIRCUITARSE Y ATERRIZARSE EL DEVANADO (DESCARGA)

* VARIABLE DEPENDIENDO DE TIPO "T" ESTADO DE AISLAMIENTO.

El comportamiento de las tres componentes anteriores con respecto al tiempo, puede observarse en la gráfica de la Figura 3.1.

ABSORCION DIELECTRICA

La "Resistencia de Aislamiento" varía directamente con el espesor del aislamiento e inversamente al área del mismo; cuando repentinamente se aplica un voltaje de C.D. a un aislamiento, la resistencia se inicia con un valor bajo y gradualmente va aumentando con el tiempo hasta estabilizarse.

A la curva obtenida cuando se grafican valores de resistencia de aislamiento contra tiempo, se le denomina curva de absorción dieléctrica y su pendiente indica el grado relativo de su secado o suciedad del aislamiento. Si el aislamiento está húmedo o sucio, se alcanzará un valor estable en uno o dos minutos después de haber iniciado la prueba y se obtendrá una curva con baja pendiente.

INDICES DE ABSORCION Y DE POLARIZACION.

La pendiente de la curva de absorción dieléctrica, se expresa mediante la relación de dos lecturas de resistencia de aislamiento, tomadas a diferentes intervalos de tiempo durante la misma prueba. A la relación de 60 seg. a 30" se le conoce como Índice de Absorción.

$$I_{ad} = \frac{\text{resist. a 60 seg.}}{\text{resist. a 30 seg.}}$$

A la relación de 10 min. al minuto se le conoce como índice de polarización.

$$I_p = \frac{\text{resist. a 10 min.}}{\text{resist. a 1 min.}}$$

En la figura 3.2 puede observarse una gráfica obtenida al hacer la prueba de resistencia de aislamiento a un transformador en particular. No siempre es necesario dibujar la curva completa, es suficiente con tomar las lecturas en los intervalos de 30 seg. a 10 min.

El índice de polarización es muy útil para la evaluación del estado del aislamiento bajo prueba, como generadores o transformadores.

Los índices de absorción y polarización utilizados para clasificar las condiciones eléctricas de un aislamiento son:

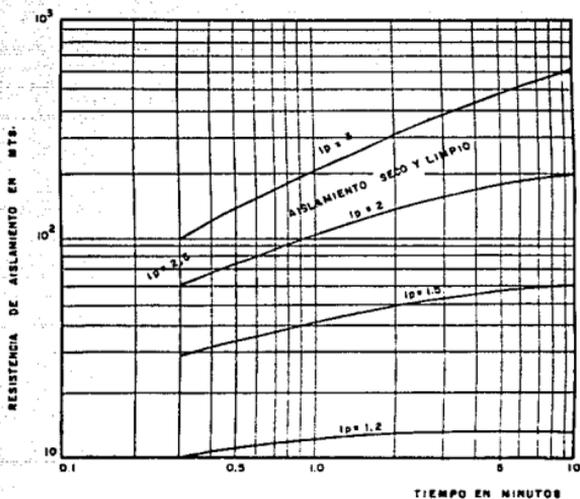


FIG. 3.2 CURVAS TÍPICAS QUE MUESTRAN LA VARIACION DE LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO CON EL TIEMPO, PARA EL AISLAMIENTO DE UN TRANSFORMADOR EN PARTICULAR

Índice de Absorción	Índice de Polarización	Clasificación de Aislamiento
Menor de 1	Menor de 1	Peligroso
De 1 a 1.1	De 1 a 1.5	Pobres
De 1.1 a 1.25	De 1.5 a 2	Dudoso
De 1.25 a 1.4	De 2 a 3	Regular
De 1.4 a 1.6	De 3 a 4	Bueno
Mayor de 1.6	Mayor de 4	Excelente

FACTOR QUE AFECTA LAS MEDICIONES DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.

- 1.- Condiciones de la Superficie
- 2.- Humedad
- 3.- Temperatura
- 4.- Corriente residual

CONDICION O ESTADO DE LA SUPERFICIE. Las materias extrañas o contaminantes que se depositan en la superficie del aislamiento, como carbón, polvo, pintura, etc., disminuyen el valor de la resistencia de aislamiento.

El polvo sobre la superficie de aislamiento, no es conductor cuando permanece seco, pero si queda expuesto a la humedad es parcialmente conductor. Si se disminuye la resistencia de aislamiento, puede mejorar mediante limpieza y secado siempre y cuando no existan defectos en el aislamiento.

HUMEDAD. Independientemente de la limpieza de la superficie del aislamiento, su temperatura es del punto de rocío del aire o inferior. se forma una película de humedad sobre la superficie disminuyendo su resistencia, este efecto es mucho mayor si la superficie se encuentra contaminada, por lo tanto es muy importante efectuar esta medición cuando la temperatura del devanado es superior a la temperatura del punto de rocío.

(PUNTO DE ROCIO. Es la temperatura a la cual la humedad presente o vapor de agua contenido en el aire, comienza a condensarse sobre la superficie en contacto con el aire).

La mayoría de los aislamientos, son higroscópicos como el aceite el papel, el carbón y algunas cintas, las cuales absorben la humedad efectuando directamente el valor de resistencia de aislamiento.

TEMPERATURA. Cuando se utiliza el índice de polarización para determinar las condiciones en que se encuentra el aislamiento, el efecto de temperatura es despreciable si éste no varía entre las lecturas leídas al minuto y diez minutos.

La resistencia de aislamiento de la mayoría de los materiales, varía inversamente con la temperatura.

Para disminuir el efecto de la temperatura o cuando se comparan los resultados de distintas pruebas de un aislamiento, o para conocer el valor mínimo de aceptación de resistencia de aislamiento recomendado, es importante que la prueba se corrija a una temperatura base, que normalmente para aislamientos es de 20°C.

CORRIENTE O CARGA RESIDUAL. Si en el aislamiento existen cargas residuales, las mediciones de resistencia de aislamiento serán erróneas, por lo que antes de medir la resistencia de aislamiento, los devanados deberán estar completamente descargados, conectados a tierra tanque y devanados durante un tiempo no menor a 10 min., después de desconectar el equipo. Después de la aplicación del potencial de C.D.y la conexión a tierra de los devanados, es importante como medida para la seguridad del personal.

3.2 INSTRUMENTO DE MEDICION (MEGAOHMETRO O MEGGER)

PRINCIPIO DE OPERACION

Aún cuando existe una gran variedad de instrumentos para medir la resistencia de aislamientos; puede decirse que la mayoría, utiliza el elemento de medición de bobinas cruzadas, cuya principal característica es que su exactitud es independiente del voltaje aplicado en la prueba.

El megaohmetro consta básicamente de una fuente de corriente continua de tipo magnetométrica, que suministra la tensión para llevar a cabo la medición, y el mecanismo del instrumento, por medio del cual se mide el valor de la resistencia que se busca. La escala de megaohmetro está graduada en megaohms.

La capacidad de la fuente de corriente continua es baja, ya que la finalidad de la prueba es verificar el estado en que se encuentra el aislamiento, es decir, que ésta es una prueba indicativa y no destructiva, de tal forma que, si el aislamiento a medir está débil no

lo dañe más.

El principio de operación de el megger, se basa en aplicar una determinada tensión de prueba de corriente continua al aislamiento. Esta tensión se suministra por medio de un generador que es operado de forma manual o motriz, en un rectificador de C.D.; o en una fuente de C.D. Directamente.

Principio de funcionamiento.

El megger consiste básicamente de dos bobinas designadas A y B, figura 3.3. que están montadas en un sistema móvil, con una aguja indicadora, unida a las mismas con la libertad de poder girar en un campo producido por un imán permanente.

La bobina deflectora A está conectada en serie con una resistencia fija R^1 , cuya función es la de limitar la corriente en la bobina A. También evita que se dañe el aparato cuando se pone en circuito corto las terminales de prueba.

La bobina B de control, está conectada en serie con una resistencia R, quedando la resistencia bajo prueba entre las terminales de línea y tierra.

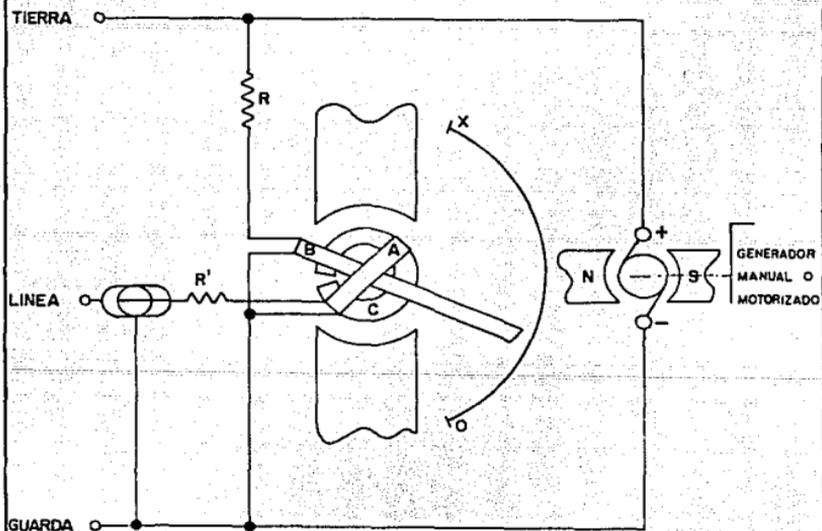
Las bobinas A y B están conectadas de tal forma que, cuando se les aplica una corriente desarrollan pares opuestos y las bobinas tienden a girar el sistema móvil en direcciones contrarias, por lo que la aguja indicadora se estabiliza en el punto donde los pares de las bobinas se balancean.

Cuando el aislamiento es casi perfecto, no habrá flujo de corriente por la bobina A, pero sí habrá una circulación de corriente por la bobina B, esto ocasiona que la aguja gire en sentido contrario a las manecillas del reloj, hasta que el entreluzo C, en esta posición. La aguja estará sobre la marca del infinito de la escala.

Cuando se corto-circuitan las terminales de prueba, esto ocasiona que fluya una corriente mayor en la bobina A, y una muy pequeña por la bobina B, por lo tanto, el par de la bobina A es mas grande y desplaza el sistema móvil en el sentido de las manecillas del reloj. Esto ocasiona que la aguja indicadora nos marque la posición de cero de la escala.

Debido a que los cambios en la tensión afectan las dos bobinas en la misma proporción, la posición del sistema móvil es independiente de la tensión.

FIG. 3.3 DIAGRAMA BASICO DE UN MEGGER



TENSION DE PRUEBA APLICADA

La prueba de resistencia de aislamiento se considera como una prueba no destructiva y la magnitud de la tensión que deberá aplicarse es de 100 a 500 volts de corriente directa, según la Norma IEEE-Std. 43-1974. estos valores se describen con más detalle en la siguiente tabla:

Tensión Nominal equipo a probar (C.A.)	Tensión a aplicar con el Megger (C.D.)
Hasta 100 Volts Incluyendo algunos equipos de señali- zación y control.	100 y 200 Volts.
De 100 hasta 400 Volts.	500 Volts.
De 400 hasta 1000 Volts.	1000 Volts.
De 1000 en adelante Volts.	2500 y 5000 Volts.

MÉTODOS DE MEDICION DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

Existen diferentes métodos para medir la resistencia de aislamiento, a continuación mencionaremos dos de los métodos más usuales para efectuar las pruebas en campo.

1.- Mediante un Megger de Indicación Directa

El megger se utiliza como instrumento standard para verificar el estado en que se encuentra la resistencia de aislamiento, respecto a los diferentes equipos de una subestación y equipo eléctrico en general.

Existen diferentes tipos de megger, los accionados manualmente, los accionados por motor y los tipo rectificador.

El primer tipo es conveniente para efectuar pruebas de tiempo corto y los otros dos para pruebas rutinarias de absorción dieléctrica a 10 minutos.

Mediante un megger se puede medir la resistencia de aislamiento, con los métodos siguientes:

a) Método de tiempo corto

Consiste en conectar el instrumento a través del aislamiento que se va a probar, operarlo durante 60 segundos y anotar la lectura final con objeto de poder efectuar comparaciones bajo la misma base con los datos de prueba existentes y futuros.

Esté método tiene su aplicación principalmente en equipos

pequeños y en aquellos que no tienen características notables de absorción como lo son: Cables, Interruptores, Apartarrayos, etc.

b) Método tipo resistencia o absorción dieléctrica.

Consiste en aplicar la tensión de prueba durante un tiempo de 10 minutos, tomando lecturas a intervalos de un minuto, donde en el primer minuto de inicio de la prueba se toman lecturas a 15, 30, 45 segundos. Proporciona una buena referencia para evaluar el estado de los aislamientos con características notables de absorción, sobre todo cuando no existe historial de pruebas anteriores.

Su aplicación principal es en transformadores y en grandes máquinas rotatorias.

c) Método de tensiones múltiples.

Consiste en aplicar dos o más tensiones al equipo que se está haciendo la prueba de resistencia de aislamiento. Para esto, es necesario el uso de instrumentos con varias tensiones.

Este método se basa en el hecho de que conforme se aumenta la tensión de prueba, se van aumentando los esfuerzos eléctricos sobre el aislamiento al aproximarse o superar las condiciones de operación. La influencia de los puntos débiles del aislamiento en las lecturas de resistencia, adquirirá importancia hasta hacerse decisiva al sobrepasar cierto límite. Cuando esto ocurre se tendrá una caída pronunciada en el valor de la resistencia de aislamiento, que se aprecia claramente al graficar las lecturas obtenidas contra la tensión aplicada.

La interpretación es sencilla, ya que se considera el aislamiento en buenas condiciones, si la relación entre resistencia y tensión permanece constante.

De preferencia las tensiones aplicadas tendrán una relación de 1 a 5, o mayor (por ejemplo de 500 Volts a 2500 Volts); según la experiencia, si existe un cambio del 25% en el valor de la resistencia de aislamiento para una relación de tensión de 1 a 5, generalmente se debe a la presencia de humedad u otros contaminantes.

Este método tiene su principal aplicación en la evaluación del aislamiento de máquinas rotatorias y en menor grado para los transformadores.

UTILIZACION DE LA CONEXION GUARDA

Todos los Meggers de rango mayor de 1000 Megaohms. están provistos de una terminal de guarda, el propósito de esta terminal es el contar con un medio para efectuar mediciones en mallas trifásicas, de tal forma, que pueda determinarse el valor directamente de una de las dos trayectorias posibles.

Como puede observarse en la Figura (3.4), usando las conexiones indicadas, se medirá la resistencia R-2, directamente, ya que las otras dos no entrarán en la medición por estar conectadas en la terminal de guarda.

APLICACIONES

La prueba de resistencia de aislamiento tiene como aplicación principal la de detectar el estado del aislamiento de los equipos que se encuentran en una subestación, así como equipos eléctricos en general; esta prueba nos indica si existe humedad, suciedad u otros contaminantes en el aislamiento. A continuación se enlistan los principales equipos de subestaciones a los que se les realiza esta prueba.

TRANSFORMADORES

INTERRUPTORES

TRANSFORMADORES PARA INSTRUMENTOS

APARTARRAYOS

CABLES

CAPACITORES

REACTORES

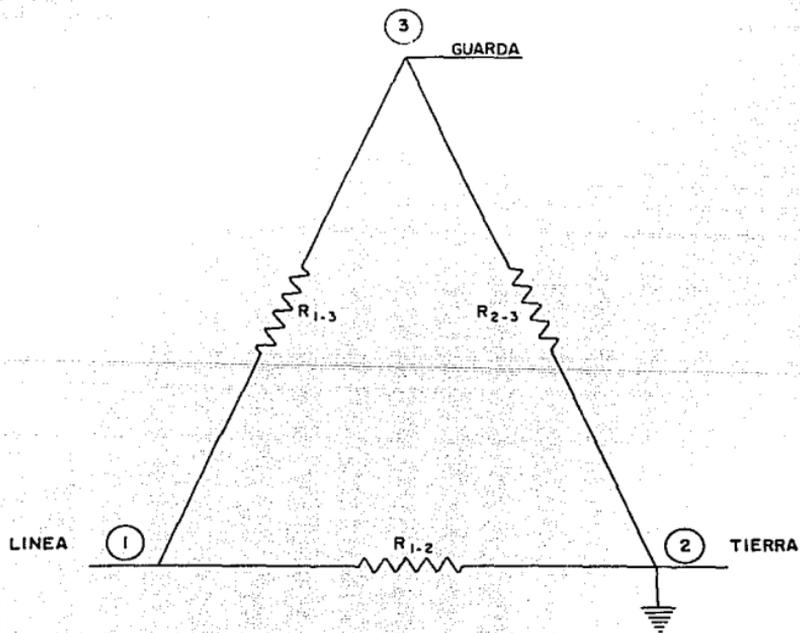
CUCHILLAS

BOQUILLAS

PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

- 1.- Se selecciona la tensión adecuada con base en el equipo al que se le va a efectuar la prueba.
- 2.- Se coloca el instrumento en una base firme y bien nivelada.
- 3.- Se verifica el infinito del instrumento operándolo en vacío, si es necesario se ajusta mediante el tornillo de ajuste.
- 4.- Verificar los cables de prueba, estos se verifican conectando los cables al aparato y operándolo a una tensión mínima; la aguja indicadora deberá alcanzar el infinito, después se conectan entre

FIG. 3.4 DIAGRAMA DE CONEXIONES PARA LA MEDICION DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO EN MALLA TRIFASICA



si las terminales de los cables de prueba, (línea-tierra) la aguja indicadora deberá marcar cero.

- 5.- Asegurarse de que el equipo al que se le efectuará la prueba esté energizado; éste se aterriza durante un tiempo mínimo de 10 minutos, para eliminar toda carga capacitiva que pueda afectar la medición.
- 6.- Conecte adecuadamente las terminales de prueba al equipo que se va a probar, opere el aparato, gire el switch de descarga a posición de test (prueba), y tome las lecturas en los tiempos requeridos.
- 7.- Registrar la temperatura del equipo bajo, prueba anotándola en el formato de prueba.
- 8.- Al efectuar pruebas de absorción en equipo con volumen grande de aislamiento, se tendrá la precaución al terminar la prueba, de descargar toda corriente capacitiva de absorción, aterrizando el equipo durante un tiempo cuando menos igual al de la prueba, antes de retirar las terminales de prueba.

3.3 APLICACION DE LA PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO A TRANSFORMADORES DE POTENCIA

Esta prueba es de gran utilidad para dar una idea rápida y confiable de las condiciones del aislamiento total de transformador bajo prueba. Las pruebas se efectúan con Megger. Con tensión mínima de 1,000 Volts operado con motor, rectificador o bien con Megger transistorizado. Para transformadores con voltajes mayores de 69 KV o capacidades mayores de 10 MVA, utilizar siempre un Megger motorizado con escala máxima 50,000 Megaohms para transformadores con voltajes de 69 KV o menores. Se puede utilizar el Megger transistorizado con escala de 2,000 megaohms. Se debe tener precaución de utilizar siempre el mismo Megger para un determinado equipo, a fin de que los resultados de las pruebas puedan ser comparables.

PREPARACION DEL TRANSFORMADOR PARA LA PRUEBA

a) Librar las terminales completamente desconectando todas las terminales de boquillas, en caso de que el transformador tenga salida con cable subterráneo.

Se recomienda efectuar la prueba con todo y cables, desde el transformador hasta el interruptor, pero tomando todas las

precauciones necesarias. Y sólo en caso necesario desconectar para probar cable y transformador por separado.

b) Asegurar de que el tanque del transformador está sólidamente aterrizado.

c) Drene todas las cargas estáticas que puedan estar presentes en los devanados al inicio de cada una de las pruebas.

d) Desconectar los neutros de los devanados.

e) Colocar puentes entre las terminales de las boquillas del devanado primario, del secundario y del terciario, si éste es el caso.

f) Limpiar las porcelanas de las boquillas, quitando el polvo, suciedad, etc.

g) Poner especial cuidado en que no haya cambios bruscos de temperatura mientras dure la prueba.

h) Preferentemente efectúe las pruebas, si la humedad relativa es menor de 75%.

CIRCUITOS DE PRUEBA

Al efectuar pruebas con Megger en los transformadores, hay diferentes criterios en cuanto a la terminal de guarda. Aquí se incluyen pruebas con o sin guarda, quedará a juicio de la persona responsable el seleccionar las que sean de su utilidad de acuerdo con las pruebas efectuadas con anterioridad al equipo.

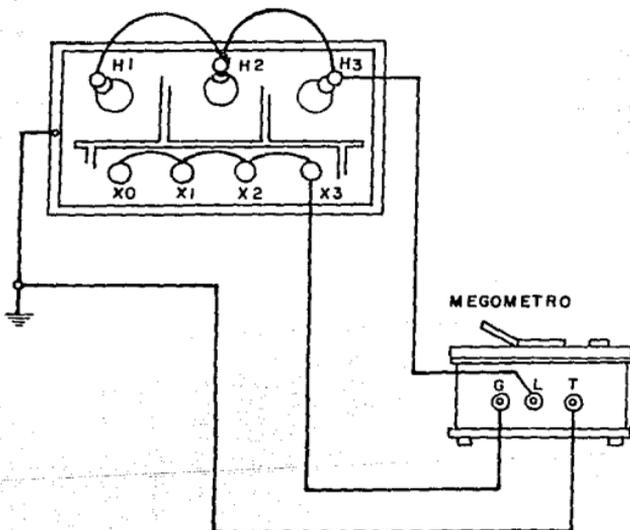
Para cada una de las conexiones que se indican a continuación se efectuarán las pruebas con una duración de 10 minutos y se registrarán las lecturas de 15, 30, 45 y 60 segundos, así como a 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 minutos.

Se usará el máxmo voltaje de prueba del Megger tomando en consideración el voltaje nominal del devanado del transformador sometido a prueba. Se tomarán lecturas de temperatura del aceite, temperatura ambiente y humedad relativa y se registrarán en la hoja de prueba.

Las conexiones para transformadores de 2 y 3 devanados y autotransformadores se indican en las figuras 3.5, 3.6 y 3.7 y para reguladores y reactores en las figuras 3.8 y 3.9.

Fig.3.5 TRANSFORMADORES DE DOS DEVA NADOS

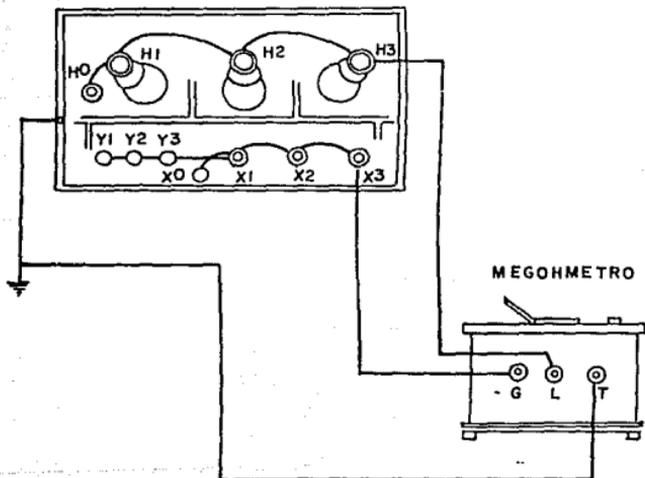
RESISTENCIA DEL C. D. DEL AISLAMIENTO
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0200-1



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	L	G	T	
1	H	X		RH
2	H		X	RHX
3	X	H		RX

Fig. 3.6 TRANSFORMADORES DE TRES DEVANADOS.

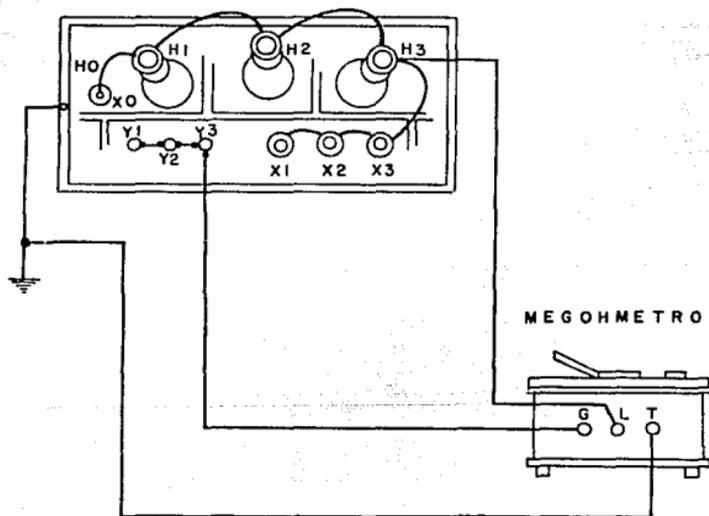
RESISTENCIA DE C.D. DEL AISLAMIENTO
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0200-1



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	L	G	T	
1	H	XY	↔	RH
2	H	Y _a	↔ X	RHX
3	H	X _c	↔ Y	RHY
4	X	HY	↔	RX
5	X	H _a	↔ Y	RXY
6	Y	HX	↔	RY

Fig. 3.7 AUTOTRANSFORMADORES.

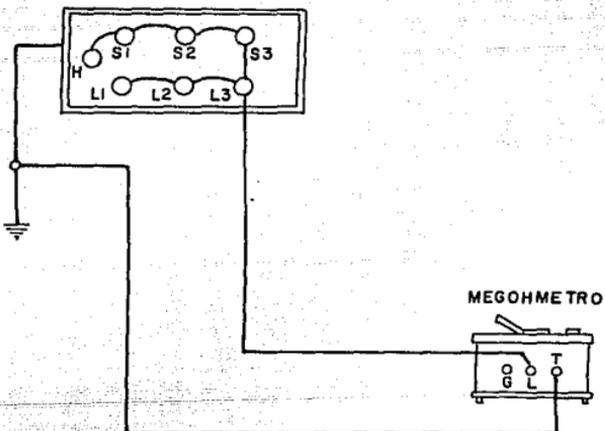
RESISTENCIA DE C.D. DEL AISLAMIENTO
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0215-1



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	L	G	T	
1	H X	Y		RHX
2	H X		Y	RHX - Y
3	Y	H X		RY

Fig. 3.8 REGULADORES

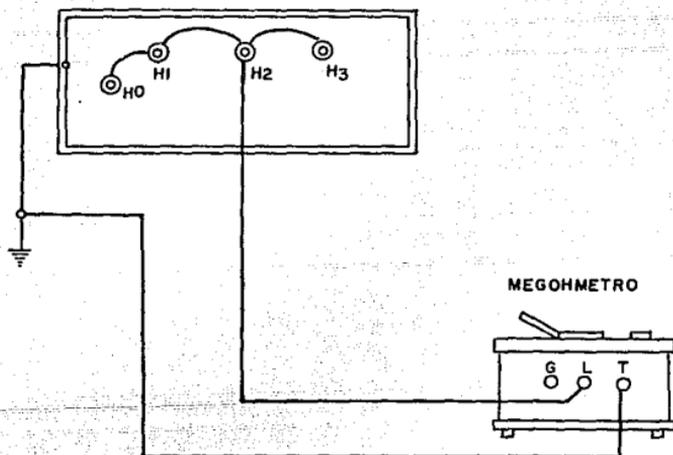
**PRUEBA DE RESISTENCIA DE C.D. DEL AISLAMIENTO
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0215-1**



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			M I D E
	L	G	T	
I	S1, S2, S3 L1, L2, L3 y N	—	TANQUE	RSL - T

Fig. 3.9 REACTORES

**PRUEBA DE RESISTENCIA DE C.D. DEL AISLAMIENTO
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0215-I**



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	L	G	T	
I	H1 H0 H3	—	⊥	RH

INTERPRETACION DE LAS LECTURAS PARA EVALUACION DE RESULTADOS

A continuación se dan algunas recomendaciones para auxiliar al personal de prueba en la evaluación de los resultados obtenidos en la prueba Megger. En ninguna forma se pretende que sean substituidas del buen criterio y experiencia de la persona, ya que se considera que para el análisis correcto de las lecturas y la anticipación de las fallas, se requiere buen juicio y experiencia personal, factores básicos que desafortunadamente requieren tiempo y esfuerzo para adquirirlos.

En general las lecturas de resistencia de aislamiento, deberán considerarse como relativas a menos que el único interés sea el de comprobar que los valores se mantengan por arriba de los mínimos recomendados, lo cual representaría un gran desperdicio en el aprovechamiento de la prueba.

Como una confirmación de la relatividad de una lectura aislada, existen casos en que se obtiene un valor de resistencia de aislamiento y sin embargo existe una deficiencia incipiente en la estructura aislante, o el caso opuesto, en que el valor es bajo y el aislamiento está en buenas condiciones, ya que las causas son fugas, uniformemente distribuidas de naturaleza inofensiva.

Tomando en cuenta esta relatividad de las lecturas aisladas es fácil ver que la única forma de evaluar con cierta seguridad las condiciones de aislamiento de un devanado es mediante el análisis de la tendencia de los valores obtenidos en las pruebas periódicas a que se somete; para facilitar este análisis se recomienda graficar las lecturas obtenidas en las pruebas anuales o semestrales.

Para que el análisis comparativo sea efectivo todas las pruebas, deberán hacerse al mismo potencial, las lecturas deberán corregirse a una misma base (20°C) y en lo posible bajo las mismas condiciones.

APLICACION DE LA PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO A INTERRUPTORES Y RESTAURADORES.

Las pruebas de resistencia de aislamiento son muy importantes, sobre todo en interruptores de sople magnético del tipo de los usados en tableros Metal Glad, ya que sus aislamientos son susceptibles de humedecerse.

En los interruptores de gran volumen de aceite se tienen elementos aislantes de materiales higroscópicos, como son el aceite, la barra de operación y algunos otros que intervienen en el soporte de las cámaras de arco: también la carbonización causada por las operaciones del interruptor ocasionando contaminación de estos elementos y por consiguiente una reducción en la resistencia de aislamiento.

En los interruptores de soplo magnético en tensión hasta de 13,800 volts, es muy común encontrar materiales de tipo orgánico susceptible de humedecerse, por lo que la prueba de resistencia de aislamiento, es de gran utilidad para controlar las condiciones de operación de estos equipos.

Además de los tipos de interruptores mencionados, la prueba de resistencia de aislamiento se aplica a otros tipos de interruptores, como son los de pequeño volumen de aceite y de soplo de aire; en los que normalmente se usa porcelana como aislamiento a tierra. La humedad no les afecta a menos que se tenga una fuerte contaminación exterior de aislamiento.

Sin embargo, conviene estudiar cada caso particular con cuidado, buen juicio y determinar si es conveniente efectuar pruebas rutinarias de resistencia de aislamiento. Ya que, por ejemplo en interruptores con columnas de porcelana hueca, ha sido de gran utilidad la prueba de resistencia de aislamiento para aclarar si existe contaminación de la parte interna de la porcelana.

PREPARACION DEL INTERRUPTOR PARA LA PRUEBA

- a) Librar el interruptor completamente, asegurándose de que se encuentran abiertas las cuchillas seccionadoras correspondientes y desconectar todas las terminales de boquillas.
- b) Asegurarse de que el tanque del interruptor esté solidamente aterrizado.
- c) Limpiar perfectamente la porcelana de las boquillas, quitando polvo, humedad o agentes contaminantes.
- d) Conectar el tanque a la tierra del probador.
- e) Procurar efectuar la prueba cuando la humedad relativa sea menor de 75%.

CIRCUITOS DE PRUEBA

La prueba de resistencia de aislamiento en interruptores de gran volumen de aceite, además de que nos indica las condiciones de humedad y carbonización del aceite, nos determina el estado de aislamiento de las barras y guías de operación del interruptor.

En la figura 3.10 se muestran las pruebas que se pueden hacer a los interruptores de gran volumen de aceite. En la tabla se dan todas las características de cada una de las pruebas.

INTERPRETACION DE LECTURAS PARA LA EVALUACION DE LOS AISLAMIENTOS

a) Interruptores de gran volumen de aceite.

Si los valores de prueba de cualquiera de los cuatro tipos de prueba de la tabla, registran cifras de resistencia de aislamiento menores de 10,000 megohms a una temperatura de 20°C, se deberá efectuar una prueba de resistividad al aceite aislante (como se indica más adelante en el inciso correspondiente), para verificar si estos valores bajos no son ocasionados por estar húmedo o contaminado el aceite, en cuyo caso se deberá tratar el aceite aislante. Si después de corregir las condiciones aislantes del aceite sigue habiendo valores bajos (menos de 10,000 megohms a 20°C) se deberá retirar el aceite aislante y efectuar una inspección interna del interruptor para descubrir y corregir las causas que originan las altas pérdidas en el aislamiento.

En el caso de que los valores de aislamiento de la prueba No. 1 sea menores de 50,000 megohms a 20°C, convendrá efectuar pruebas más frecuentes.

b) Interruptores de sople magnético.

En la figura 3.11 se muestran los diagramas de conexión para la prueba de resistencia de aislamiento, a interruptores de sople magnético.

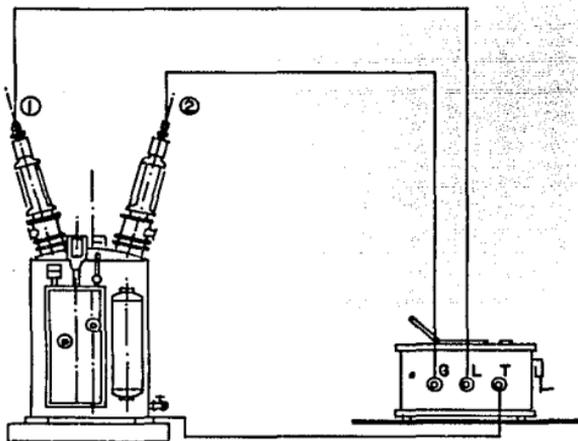
Si los valores de las pruebas indicadas en la tabla dan lecturas inferiores a 10,000 megohms a 20°C se deberá proceder a efectuar una limpieza del aislamiento y secado del mismo, si en la prueba número 3, se obtiene valores inferiores a 2,000 megohms se deberá limpiar y secar el aislamiento, principalmente, las cámaras de arqueo.

c) Interruptores multicámara.

Este grupo de interruptores está constricto por aquellos formados

Fig.3.10 INTERRUPTORES DE GRAN VOLUMEN DE ACEITE

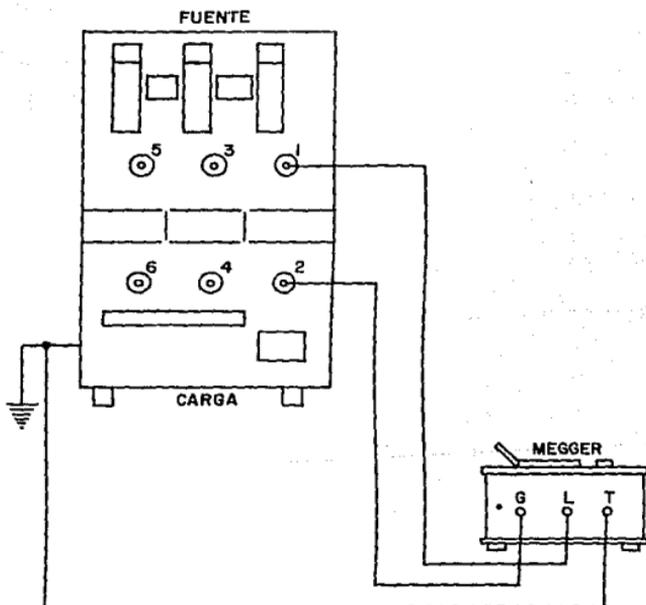
PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0201



PRUEBA	POSICION	CONEXION DE PRUEBA			M I D E
		L	G	T	
1	ABIERTO	1	2	TANQUE	B'oc. 1
2	ABIERTO	1	TANQUE	2	Baq.1
3	ABIERTO	1 y 2		TANQUE	Baq.1y2
4	CERRADO	1 y 2		TANQUE	Baq.1y2

Fig. 3.11 INTERRUPTOR DE SOPLO MAGNETICO

PRUEBAS DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0201



PRUEBA	POSICION	CONEXION DE PRUEBA			M I D E
		L	G	T	
1	ABERTO	1	2	TANQUE	800. 1
2	"	2	1	"	800. 2
3	"	3	4	"	800. 3
4	"	4	3	"	800. 4
5	"	5	6	"	800. 5
6	"	6	5	"	800. 6

por 2 o más cámaras de interrupción dependiendo del medio usado y de la tensión de operación. Pueden ser hasta 10 cámaras en serie por fase este tipo de construcción muy empleado en interruptores en aceite, gas SP6 o poco volumen de aceite.

Para los interruptores de sople magnético y de gas SF6 que normalmente utilizan materiales aislantes del tipo orgánico, se requiere efectuar pruebas de resistencia de aislamiento similares a las que se indicaron para interruptores de gran volumen de aceite, con algunas pequeñas variantes. En la figura número 3.12 señalan las pruebas que se pueden efectuar a este tipo.

En estos interruptores las lecturas de resistencia de aislamiento que se obtiene, por lo general son muy altas y constantes. Sin tener absorción ni polarización, por estar el aislamiento constituido en mayor parte por porcelana; una lectura baja es indicación de una falla grande en estos aislamientos.

APLICACION DE LA PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO A TRANSFORMADORES PARA INSTRUMENTOS.

La diversidad de marcas en transformadores de instrumentos nos obligan a describir sus pruebas en forma muy general, enumerar las distintas conexiones para cada tipo o marca, implicaría un capítulo aparte.

Los diferentes diseños en Tc's y Tp's requieren que la persona que deben probarlos analice con detenimiento su diagrama en particular, determine las conexiones que convenga seguir y las resistencias dieléctricas que están bajo prueba. Esta conexión deberá quedar asentada en el reporte de prueba del equipo.

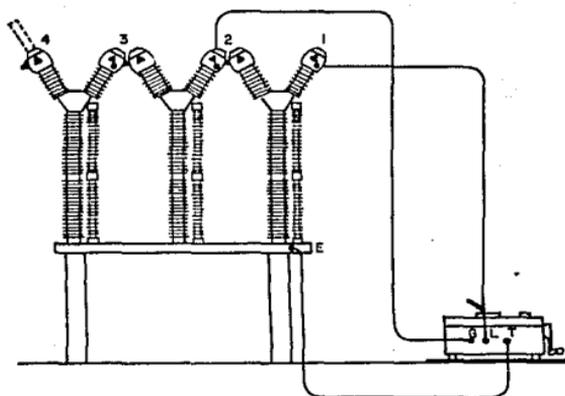
Invariablemente en fechas posteriores, se harán pruebas con conexiones iguales, a fin de obtener datos comparativos.

Básicamente consideramos al probar un transformador de instrumentos, la necesidad de determinar las condiciones del aislamiento entre los devanados primario y secundario contra tierra. Para la prueba del primario contra tierra, utilizamos el mayor voltaje del aparato, dependiendo de su tipo, y al efectuar la del secundario contra tierra, usaremos la escala más cercana a su voltaje nominal; la escala de 500 volts como máximo.

A partir de 3.45 KV. la gran mayoría de los transformadores de potencial son de aislamiento reducido.

Fig. 3.12 INTERRUPTORES MULTICAMARA

PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0201



PRUEBA	POSICION	CONEXION DE PRUEBA			M I D E
		L	G	T	
1	ABIERTO	1	2	E	R 1
2	"	2	1, 3	E	R 2
3	"	3	2, 4	E	R 3
4	"	4	3	E	R 4

Una terminal del devanado primario está conectada directamente a tierra. Al probar este tipo de Tp's es necesario desconectar la terminal P2 de tierra con objeto de efectuar la prueba de este devanado contra tierra.

PREPARACION DEL TRANSFORMADOR PARA LA PRUEBA

- a) Desconectar cables de las terminales primaria y secundaria del transformador o dispositivo.
- b) Drenar todas las cargas estáticas
- c) Cortocircuitar terminales del devanado primario y secundario.
- d) Limpiar la porcelana.

CIRCUITOS DE PRUEBA

Para la prueba de transformadores de instrumentos se tomarán las medidas de seguridad y seguirán las instrucciones para el uso del Megger descritas en las secciones respectivas.

Todas las pruebas se harán a 1 minuto y con el voltaje adecuado para el devanado a probar.

A continuación se describen las conexiones de prueba para los transformadores más comunes.

DISPOSITIVOS EN POTENCIAL

La prueba del Megger en dispositivo de potencial no es tan común como la F.P. Por lo que se sugiere efectuar la prueba de alta contra baja tensión a tierra, a fin de tenerla como referencia para pruebas posteriores, o bien durante la puesta en servicio del equipo. Se deben efectuar todas las pruebas a sus devanados de acuerdo con el diagrama en particular asentado en las pruebas todas y cada una de las conexiones efectuadas. En las figuras 3.13, 3.14 y 3.15 se ilustran las conexiones para esta prueba.

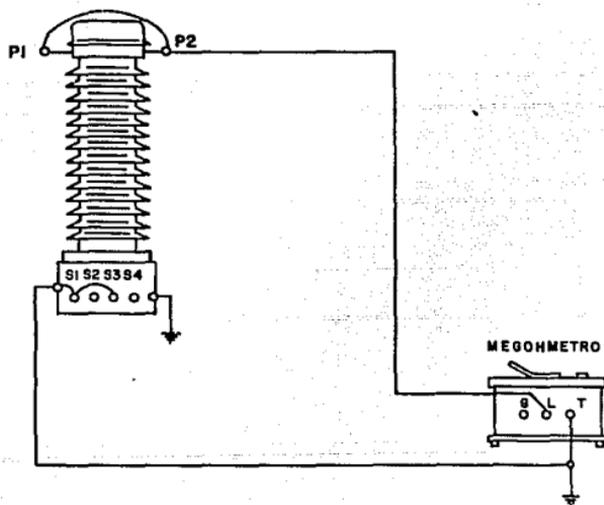
CRITERIO PARA LA INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

Es un tanto difícil aplicar recetas en cuanto a que valores en megohms se deben obtener al efectuar las diferentes pruebas a transformadores de instrumentos.

Ningún fabricante de estos equipos ofrece datos precisos o aproximados de los valores en megohms. Es necesario formar nuestra propia estadística a fin de tener datos comparativos por marcas y voltajes.

Fig. 3.13 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

PRUEBA DE RESISTENCIA DEL AISLAMIENTO
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0205-1

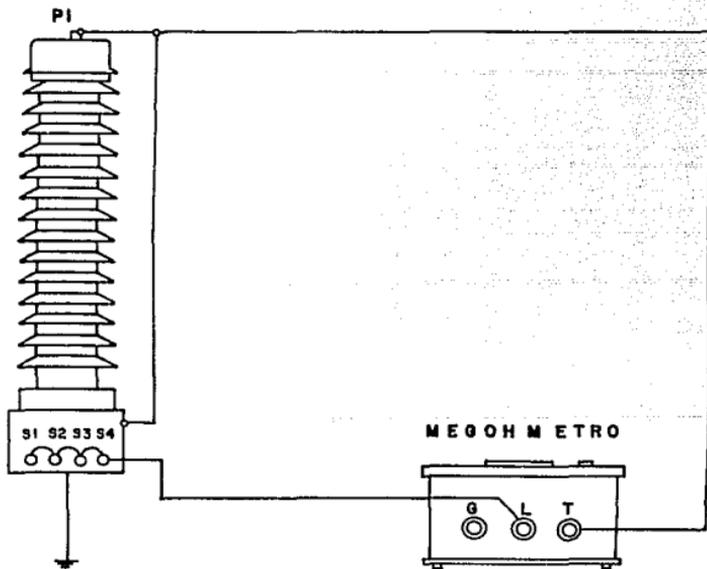


PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE	VOLTS PRUEBA
	L	G	T		
1	P1 - P2	—	SI y S3	RP y RPS	2500
2	SI-S2-S3-S4	—	P1 y P2	RS y RPS	500

Fig. 4.14 TRANSFORMADORES DE POTENCIAL .

PRUEBA DE RESISTENCIA DEL AISLAMIENTO
CON UNA TERMINAL EN A.T.

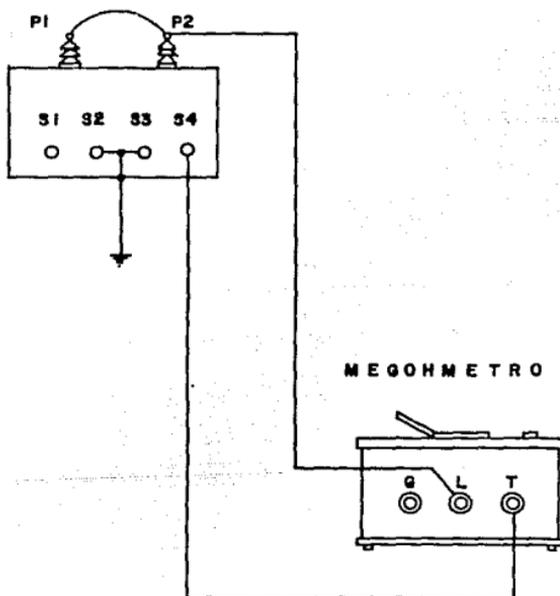
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0205-1



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE	VOLTS PRUEBA
	L	G	T		
I	S1, S2, S3, S4	—	PI y CAJA	RS y RPS	500

Fig. 3.15 TRANSFORMADORES DE POTENCIAL.

PRUEBA DE RESISTENCIA DEL AISLAMIENTO
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0205-1



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE	VOLTS PRUEBA
	L	G	T		
1	P1 - P2	—	S1, S2, S3, S4	RP y RPS	2 500
2	S1, S2, S3, S4	—	P1 P2	RS y RPS	500

Con objeto de normar criterios daremos algunos datos de transformadores de instrumentos probados en diferentes subestaciones durante mantenimientos o puestas en servicio.

<u>EQUIPO</u>	<u>CAPACIDAD</u>	<u>RES. AISL.</u> (Megohms)
T.C.	400 K.V.	50.000
T.P.	400 K.V.	50.000
T.C.	230 K.V.	50.000
T.P.	230 K.V.	50.000
T.C.	115 K.V. 45.000 A	50.000
T.P.	115 K.V. 40.000 A	50.000

APLICACION DE LA PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO APARTARRAYOS

Con el objeto de determinar mediante pruebas dieléctricas el posible deterioro o contaminación en apartarrayos de una sección, o en unidades de varias secciones, se efectúan las pruebas de Megger. Estas, aunadas a otras pruebas dieléctricas, no darán elementos suficientes para determinar las condiciones del apartarrayo bajo prueba.

PROBLEMAS MAS COMUNES DETECTADOS CON EL MEGGER.

- a) Contaminación por humedad y/o suciedad en las superficies internas de porcelana.
- b) Entre hierros corroidos
- c) Depósitos de sales de aluminio, aparentemente causados por interacción entre la humedad y los productos resultantes de la corona.
- d) Porcelana Rota

PREPARACIONES DEL APARTARRAYO PARA LA PRUEBA

- a) Se desconectará de la línea tomando las medidas de seguridad adecuadas
- b) Drenar cargas estáticas
- c) Limpiar la porcelana

PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA

- a) Preparación del Megger
- b) Efectuar la prueba con el máximo voltaje de Megger
- c) Tomar la lectura al minuto y anotarla en la hoja de prueba

- d) En apartarrayos compuestos de varias secciones se utilizará la terminal de guarda para efectos de corriente de fugas por la superficie de la porcelana.

CRITERIO PARA LA INTERPRETACION DE LAS PRUEBAS

Los valores de resistencia de aislamiento en apartarrayos son variables depende de la marca y tipo los hay desde 500 a 5000 megachms. Esto hace necesario la comparación entre apartarrayos de la misma marca, tipo y voltaje.

Es necesario hacer notar que para la comparación de los valores de Megger éstos deben ser los resultados de prueba de las unidades individuales tales unidades se encuentran agrupadas en varias secciones de un mismo apartarrayo.

En las figuras 3.16 y 3.17 se ilustran los diagramas de conexión de circuitos de prueba para determinar la resistencia de aislamiento de apartarrayos de una o varias secciones.

APLICACION DE LA PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO A CABLES DE POTENCIA Y BUSES.

este tipo de prueba se realiza en cables de potencia, con el fin de localizar fallas en el aislamiento del conductor principal que pudiera causar serios transtornos en su funcionamiento.

La prueba se realiza con un megger motorizado de rango 500-2500VCD. Los valores mínimos para cables monopolares, deberán estar basados en la siguiente fórmula.

$$R = K \text{ Log } 10 \frac{D}{d}$$

Donde:

R= Megachms por 300 mts. de cable

K= Constante para el aislamiento del material

D= Diámetro exterior del aislamiento del conductor.

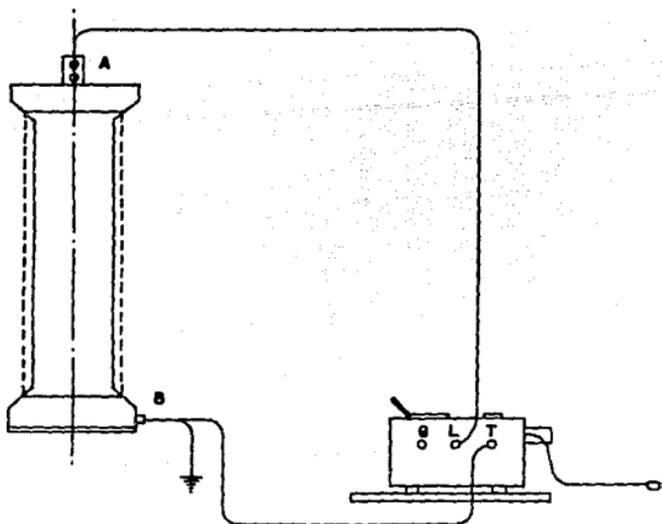
d= Diámetro del conductor.

Valores mínimos a 60°F

Tipos de aislamientos K

Fig. 3.16 APARTARRAYOS DE UNA SECCION

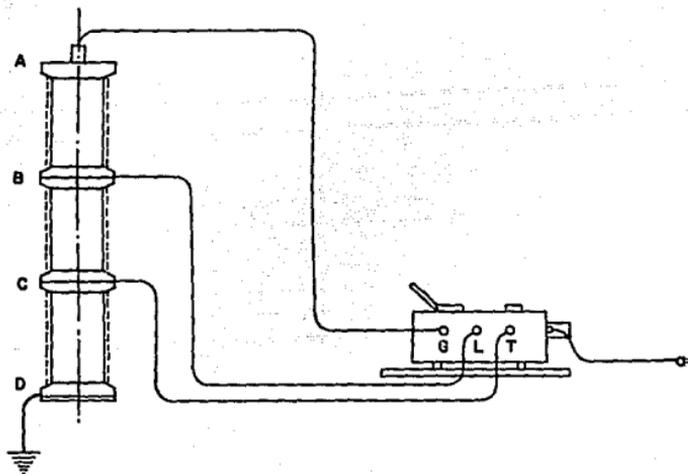
PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0208



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			M A D E
	L	T	G	
I	A	B	—	RAB

Fig. 3.17 APARTARRAYOS DE VARIAS SECCIONES

PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0208



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	L	T	G	
1	A	D	—	RAD
2	A	B	—	RAB
3	B	C	A	RBC
4	C	D	B	RCD

Papel impregnado 2640

Barniz Cambrig de 2640

Poliétileno - Termoplástico 50000

Los valores mínimos de un conductor con cable multiconductor es:

$$R = K \log_{10} \frac{D}{d}$$

Donde:

D= Diámetro sobre el aislamiento del conductor de un cable monopolar = $d + 2c = 2b$.

d= Diámetro del conductor

c= Película del aislamiento del conductor

b= Película de la cubierta del aislamiento

BUSES:

la prueba de resistencia de aislamientos se efectúa durante la puesta en servicio y como rutina con el objeto de detectar fallas en el aislamiento que los suspende.

En las figuras 3.18, 3.19 y 3.20 se muestran las conexiones del Megger para efectuar pruebas de resistencia de aislamiento a cables de potencia y buses.

APLICACION DE LA PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO A CAPACITORES

La aplicación de esta prueba a los capacitores, es con la finalidad de detectar fallas incipientes en la estructuración del mismo, con el fin de determinar su estado de funcionamiento.

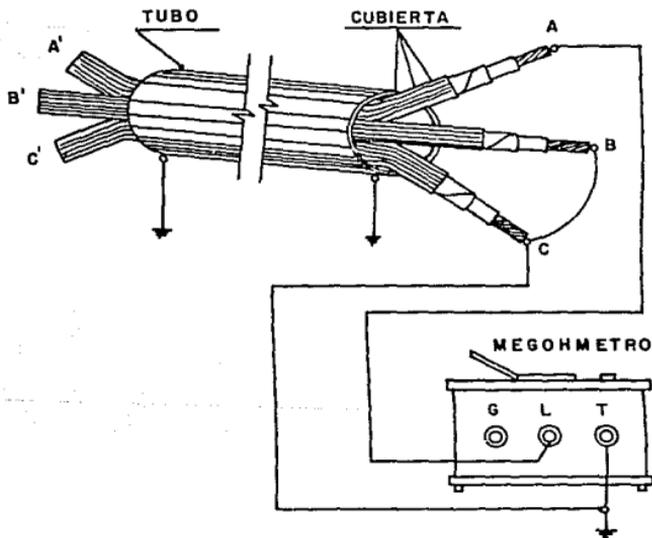
En las figuras 3.21 y 3.22 se muestran las conexiones para los circuitos de prueba de resistencia de aislamiento de capacitores.

Los capacitores deben estar instalados de tal forma que la ventilación por convención no quede entorpecida por ningún obstáculo: cuando se instalan dentro de un gabinete, puede ser conveniente hacerlos funcionar con ventilación forzada. En cualquier caso, las temperaturas ambiente del local ó del interior del gabinete donde se encuentran funcionando, no deben sobrepasar los límites recomendados por las normas de fabricación de los mismos.

No es recomendable la instalación de capacitores en las proximidades de superficies radiadores de calor, cuya temperatura sea superior a la temperatura ambiente, puesto que la temperatura influye directamente en la estructura aislante del capacitor.

Fig. 3.18 CABLES DE POTENCIA

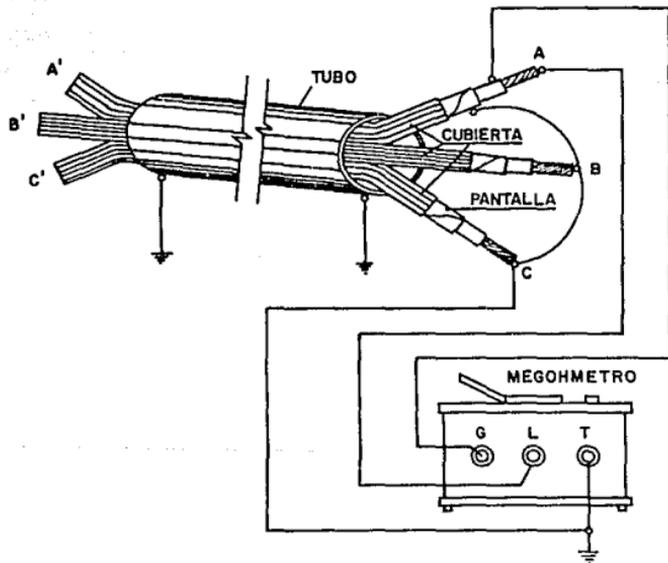
CABLE DE B.T.
 PRUEBA DE RESISTENCIA DE C.D. DEL
 AISLAMIENTO Y ABSORCION DIELECTRICA DE C.D.
 UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0207



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	L	G	T	
1	A	—	B, C, a	RA
2	B	—	A, C, a	RB
3	C	—	A, B, a	RC

Fig. 3.19 CABLES DE POTENCIA

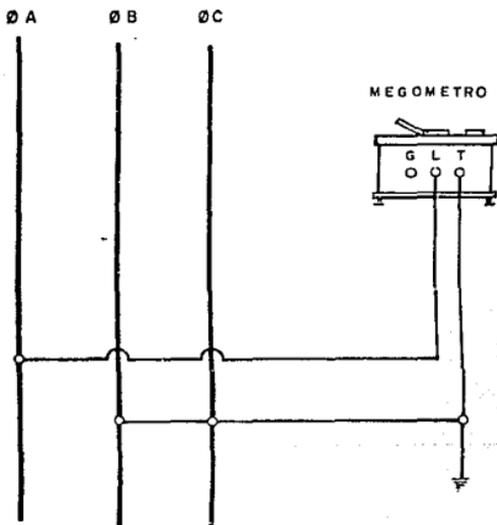
CABLE DE A.T.
 PRUEBA DE RESISTENCIA DE C.D. DEL
 AISLAMIENTO Y ABSORCION DIELECTRICA DE C.D.
 UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0207



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	L	G	T	
1	A	AISLAMIENTO TERMINAL "A"	B y Co (y Pantalla de "A")	RA
2	B	AISLAMIENTO TERMINAL "B"	A y Co (y Pantalla de "B")	RB
3	C	AISLAMIENTO TERMINAL "C"	A y Bc (y Pantalla de "C")	RC

Fig. 3.20 BUSES DE AT.

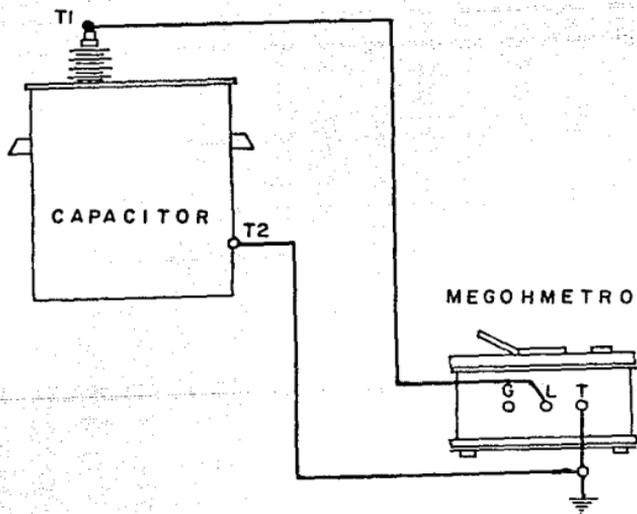
RESISTENCIA DE C.D. DEL AISLAMIENTO
Y ABSORCIÓN DIELECTRICA DE C. D.
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0207



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			M I D E
	L	G	T	
1	A	—	B y C c	RA, RAB, RCA
2	B	—	A y C c	RB, RAB, RBC
3	C	—	A y B c	RC, RBC, RCA

Fig. 3.21 CAPACITORES

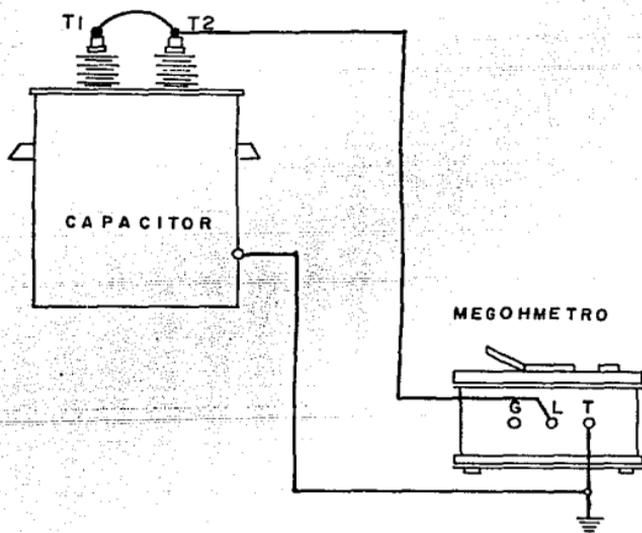
PRUEBA DE RESISTENCIA DE C.D. DEL AISLAMIENTO
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0211



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE	VOLTS. PRUEBA
	L	G	T		
I	T1		T2 a 	R12	500

Fig. 3.22 CAPACITORES

PRUEBA DE RESISTENCIA DE C.D DEL AISLAMIENTO UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0211



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE	VOLTS. PRUEBA
	L	G	T		
1	T1, T2	—	CAJA a	R1 · R2	2500
2	T1	—	T2 a	R12	500

CAPITULO IV

RESISTENCIA OHMICA

4.1

TEORIA GENERAL

La resistencia, es la propiedad (escalar) de un circuito eléctrico que determina la proporción en que la energía eléctrica es convertida en calor y tiene un valor tal que, multiplicado por el cuadrado de la corriente, da el coeficiente de conversión de energía. La relación física por la que puede ser calculada la resistencia de un material de sección uniforme es $R = (\rho L) / A$, donde: R.- resistencia en ohms
 ρ - resistividad específica del material en Ohm-cm., L.- Longitud en centímetros y A.- área de la sección transversal en cm^2 .

Esta prueba es aplicable a transformadores de potencia, de servicio auxiliares, de instrumento, autotransformadores, reguladores, reactores, contactos de interruptores, contactos en reguladores, etc.

Es esencial para la prueba, que la temperatura de los devanados en los transformadores se mida con precisión, ya que es conveniente referir los valores de pérdidas, que son normalmente medidos a temperatura ambiente, a una temperatura base de comparación para establecer estadísticas adecuadas en el historial del equipo.

4.2 TECNICA APLICADA

Puesto que la resistencia de un circuito es la razón de la diferencia de potencial aplicada entre sus extremos, a la intensidad de la corriente resultante, el método más inmediato para medir la resistencia de un circuito, es conectarlo a un generador de fem, tal como una batería, y medir la fem y la intensidad de corriente por medio de un voltímetro y un amperímetro.

Cuando se emplee éste método, es importante estar informado de las limitaciones de tensión en la resistencia a medir, ya que valores grandes de corriente pueden ser causa de calentamiento, que cambia el valor de la resistencia. Las tensiones altas pueden ser causa de fallas de aislamiento.

Otro método para la medición de resistencia ohmica es utilizando un instrumento de indicación directa llamada Ohmetro, cuyo principio, en esencia es el mismo del voltímetro y amperímetro con una fuente de fem, integrada en el mismo instrumento.

También para efectuar mediciones de resistencia Ohmica, existe equipo de prueba específicamente diseñado para ello, como son los puentes de Wheatstone, de Kelvin y el DUCTER; su aplicación no presenta mayor problema ya que en sí, son ohmetros prácticamente comunes y corrientes en cuanto a la forma de conexión.

También es muy importante principiar a realizar la medición desde los ángulos superiores del equipo e ir considerando, por estimación o por experiencia los valores de medida esperados para poder hacer una medición en el rango de medida más adecuado.

Las precauciones para el trato del equipo, tanto su traslado como la posibilidad de aplicarlo a equipos energizados, nunca estarán de más en recargarlos, ya que aún cuando son equipo para trabajo de campo, requieren cuidados y trato delicados.

4.3 PROCEDIMIENTO

- 1.- Antes de efectuar las mediciones correspondientes, se deben considerar todas las precauciones necesarias, así como preparar todo el herramental y equipo para la prueba.
- 2.- Situar el probador sobre una base firme y nivelada; conectándolo las terminales de prueba y ajustándolo adecuadamente.
- 3.- Conectar las terminales del probador a las del equipo bajo prueba, según corresponda, asegurando un buen contacto.
- 4.- Amenos que se conozca en forma aproximada el valor de la resistencia del equipo bajo prueba, ésta se empieza con el selector colocado en su valor máximo y se baja gradualmente hasta obtener la lectura más precisa.
- 5.- Debe dejarse transcurrir un cierto tiempo, antes de hacer las lecturas, con el objeto de que la tensión y la corriente, alcancen sus valores de estado permanente.
- 6.- Medir la resistencia de cada devanado, registrando las lecturas; es muy conveniente hacer por lo menos cuatro mediciones, cuando se emplean instrumentos de deflexión, siendo considerado el promedio de las lecturas, como la resistencia del circuito.
- 7.- Al terminar la prueba, poner fuera de servicio el instrumento, desconectarlo y guardarlo adecuadamente.

4.4 APLICACION DE LA PRUEBA DE RESISTENCIA OHMICA A DEVANADOS

Esta prueba se aplica a transformadores de potencia, de servicios auxiliares, de instrumentos, autotransformadores, reguladores, reactores, etc.; es utilizada para calcular los valores de R_1^2 y las pérdidas por corrientes de Eddy en los devanados, así mismo proporciona los medios para identificar la existencia de falsos contactos o puntos de alta resistencia en las soldaduras y conexiones de los devanados.

LIMITACIONES

La corriente empleada en la medición no debe exceder el 15% del valor nominal del devanado ya que con valores mayores, pueden obtenerse resultados inexactos por calentamiento del devanado.

Un puente de Wheatstone puede medir valores medios del orden de 1 ohm a 11.111 megohms; el puente de Kelvin es susceptible de medir resistencia del orden de 0.1 microhms a 111 ohms. Para la operación de éstos equipos es muy conveniente tomar en consideración el estado de sus baterías, para realizar mediciones lo más consistentes posibles.

OPERACION DEL EQUIPO PARA LA PRUEBA

- a) Librar al transformador completamente, asegurándose que las cuchillas seccionadoras correspondientes se encuentren abiertas.
- b) Desconectar las terminales de las boquillas de la línea.
- c) Desconectar los neutros de tierra en una conexión estrella.
- d) Limpiar las terminales perfectamente, a fin de que cuando se efectúe la conexión al probador se asegure un buen contacto.

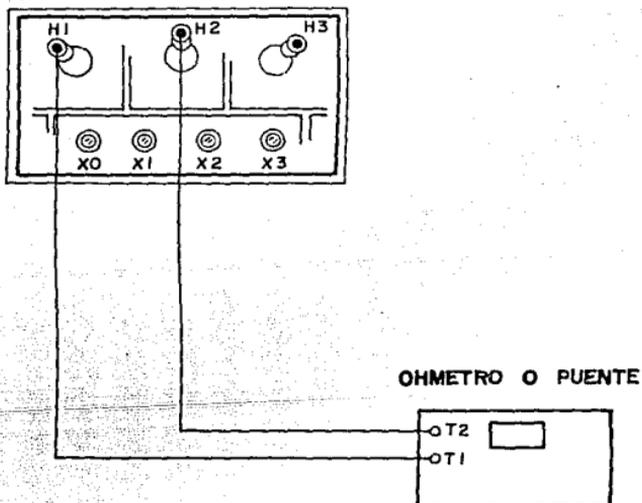
CIRCUITOS DE PRUEBA

En las figuras 4.1 a 4.6 se ilustran las conexiones de circuitos de prueba de resistencia ohmica de devanados de transformadores de 2 y 3 devanados y autotransformadores; en las figuras 4.7 y 4.8 se encuentran los circuitos de prueba para reguladores y reactores.

INTERPRETACION DE RESULTADOS

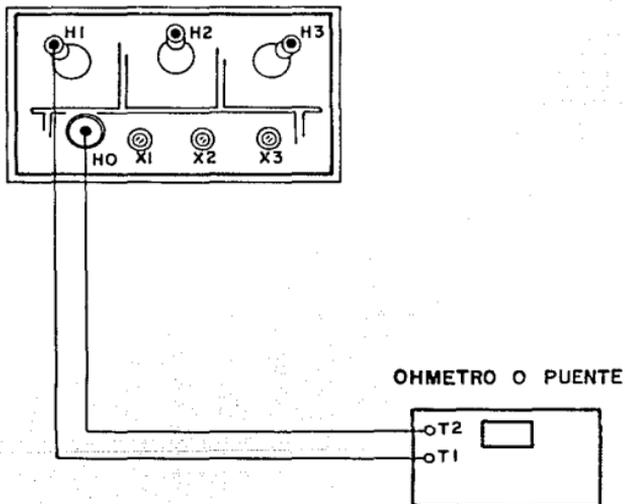
Los resultados de las pruebas pueden cotejarse si afortunadamente se encuentra con un historial de pruebas o bien, pruebas que se hayan

**FIG. 4.1 TRANSFORMADORES DE DOS DEVANADOS
PRUEBA DE RESISTENCIA DEL DEVANADO
CONEXION DELTA, UTILIZAR LA FORMA -
DE REPORTE 7.0216**



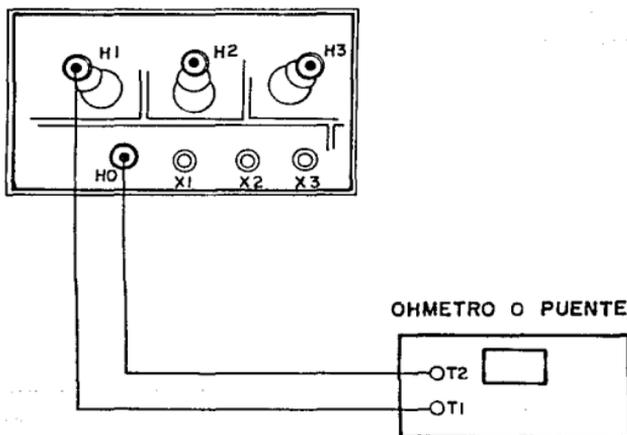
PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA		MIDE
	T1	T2	
1	H1 (X1)	H2 (X2)	$r1y(r2+r3)$
2	H2 (X2)	H3 (X3)	$r2y(r1+r3)$
3	H3 (X3)	H1 (X1)	$r3y(r1+r2)$

FIG. 4.2 TRANSFORMADORES DE DOS DEVANADOS
PRUEBA DE RESISTENCIA DEL DEVANADO
CONEXION ESTRELLA, UTILIZAR LA FORMA
DE REPORTE 7.0216



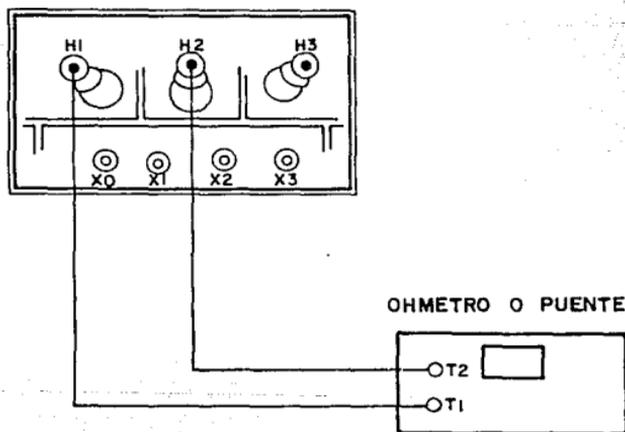
PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA		MIDE
	T1	T2	
1	H1 (X1)	HO (X0)	r1
2	H2 (X2)	HO (X0)	r2
3	H3 (X3)	HO (X0)	r3

**FIG. 4.3 TRANSFORMADORES DE TRES DEVANADOS
PRUEBA DE RESISTENCIA DE DEVANADOS
CONEXION ESTRELLA, UTILIZAR LA FORMA
DE REPORTE 7.0216**



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA		MIDE
	T1	T2	
1	H1 (X1)	HO (X0)	r1
2	H2 (X2)	HO (X0)	r2
3	H3 (X3)	HO (X0)	r3

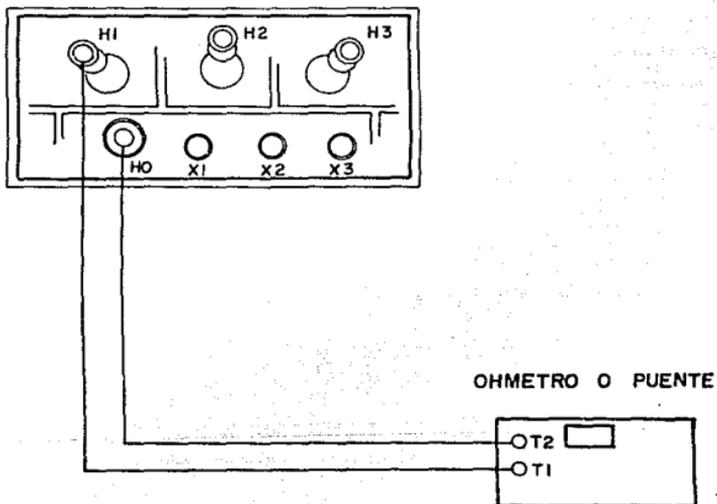
**FIG. 4.4 TRANSFORMADORES DE TRES DEVANADOS
PRUEBA DE RESISTENCIA DE DEVANADOS
CONEXION DELTA, UTILIZAR LA FORMA
DE REPORTE 7.0216**



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA		MIDE
	T1	T2	
1	H1 (X1)	H2 (X2)	$r1$ y $(r2+r3)$
2	H2 (X2)	H3 (X3)	$r2$ y $(r1+r3)$
3	H3 (X3)	H1 (X1)	$r3$ y $(r1+r3)$

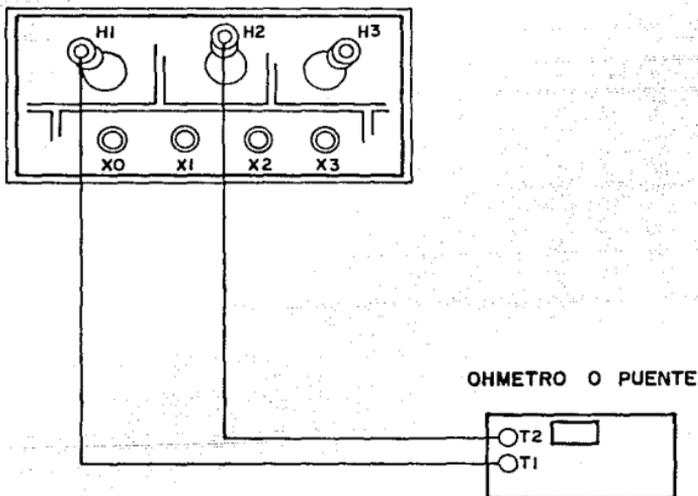
FIG. 4.5 AUTOTRANSFORMADORES

PRUEBA DE RESISTENCIA DE DEVANADOS
 CONEXION ESTRELLA, UTILIZAR LA FORMA
 DE REPORTE 7.0216



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA		MIDE
	T1	T2	
1	H1 (X1)	H0 (X0)	r1
2	H2 (X2)	H0 (X0)	r2
3	H3 (X3)	H0 (X0)	r3

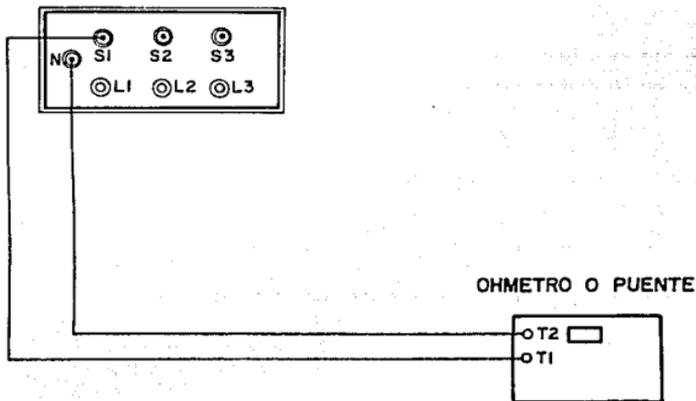
FIG. 4.6 AUTOTRANSFORMADORES
PRUEBA DE RESISTENCIA DE DEVANADOS
CONEXION DELTA, UTILIZAR LA FORMA -
DE REPORTE 7.0216



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA		MIDE
	T1	T2	
1	H1 (X1)	H2 (X2)	$r1 y (r2 + r3)$
2	H2 (X2)	H3 (X3)	$r2 y (r1 + r3)$
3	H3 (X3)	H1 (X1)	$r3 y (r1 + r2)$

FIG. 4.7 REGULADORES

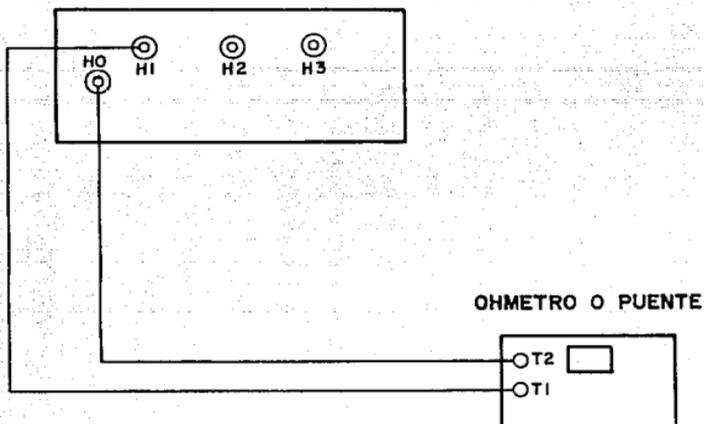
PRUEBA DE RESISTENCIA DEL DEVANADO
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE
7.0216



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA		M I D E
	T1	T2	
1	S1	N	r SN Ø 1
2	S2	N	r SN Ø 2
3	S3	N	r SN Ø 3
4	L1	N	r LN Ø 1
5	L2	N	r LN Ø 2
6	L3	N	r LN Ø 3

FIG. 4.8 REACTORES

**PRUEBA DE RESISTENCIA DEL DEVANADO
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0216**



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA		MIDE
	T1	T2	
1	H 1	H 0	r 1
2	H 2	H 0	r 2
3	H 3	H 0	r 3

realizado durante la puesta en servicio o bien, en pruebas subsecuentes que se hayan realizado con anterioridad.

4.5 APLICACION DE LA PRUEBA DE RESISTENCIA OHMICA A CONTACTOS A PRESION O DESLIZABLES

GENERALIDADES

Los puntos con alta resistencia en partes de conducción, son fuente de problemas en los circuitos eléctricos, ya que originan caídas de voltaje, fuentes de calor, pérdidas de potencia, etc.: ésta prueba nos detecta esos puntos.

Engeneral, ésta prueba se utiliza en todo circuito eléctrico en el que existen puntos de contacto a presión o deslizables, tales circuitos se encuentran en interruptores, restauradores, dedos de contacto de reguladores o de cambiadores de derivaciones: cuchillas desconectoras y uniones de bus en subestaciones.

LIMITACIONES

El instrumento que mide la resistencia de contactos se denomina probador de baja resistencia ohmica o microhmetro, fig.4.17

Se deben evitar los campos magnéticos intensos, ya que como el microhmetro es un instrumento muy sensible se obtendrán errores en la apreciación de las lecturas.

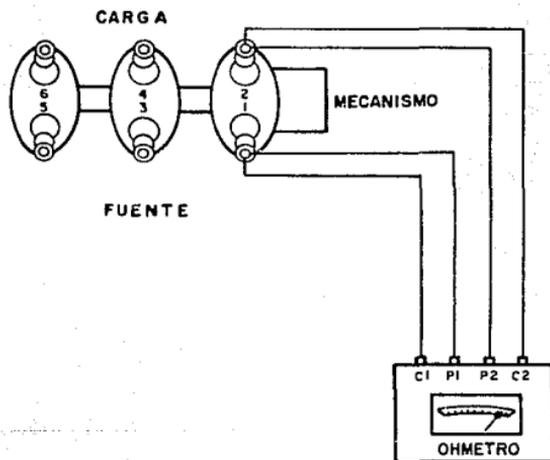
PREPARACION DEL EQUIPO PARA LA PRUEBA

- a) El equipo bajo prueba debe estar desenergizado y en la posición cerrado, la prueba se puede efectuar con los cables de llegada conectados a las terminales de las boquillas.
- b) Se deben limpiar las partes donde se va a realizar la conexión eléctrica del probador a fin de que cuando esta se efectúe, se asegure un buen contacto.

CIRCUITOS DE PRUEBA

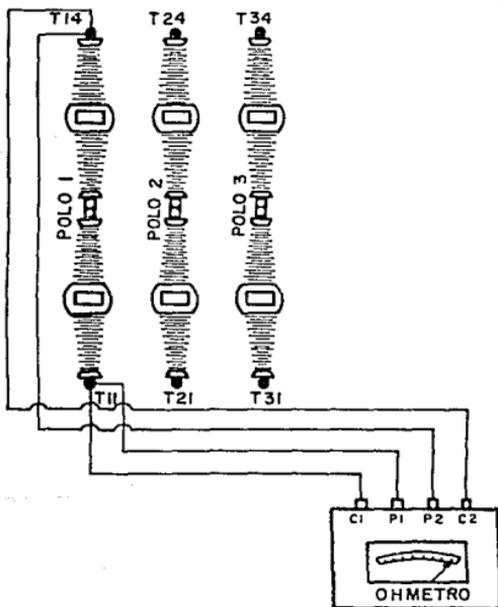
En las figuras 4.9, 4.10, 4.11, 4.12 y 4.13, se ilustran las conexiones de circuitos de prueba para la medición de resistencia de contactos para interruptores de gran volumen de aceite, de bajo volumen de aceite, de vacío, de soplo magnético y circuit-switcher,

FIG. 4.9 INTERRUPTORES DE GRAN VOLUMEN DE ACEITE — PRUEBA DE RESISTENCIA DE CONTACTOS UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0203-4



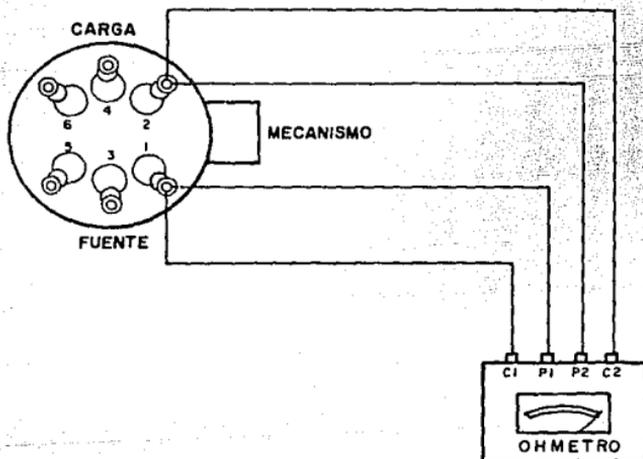
PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	C1	P1	P2	C2	
1	1	1	2	2	r 1 - 2
2	3	3	4	4	r 3 - 4
3	5	5	6	6	r 5 - 6

**FIG. 4.10 INTERRUPTORES DE BAJO
VOLUMEN DE ACEITE
PRUEBA DE RESISTENCIA DE CONTACTOS
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0203-4**



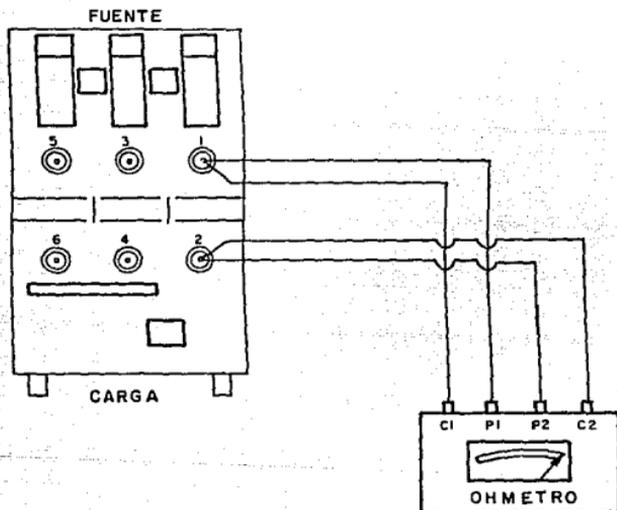
PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	C1	P1	P2	C2	
1	T 14	T 11	T 14	T 14	r 1
2	T 21	T 21	T 24	T 24	r 2
3	T 31	T 31	T 34	T 34	r 3

**FIG. 4.11 INTERRUPTORES DE VACIO
PRUEBA DE RESISTENCIA DE CONTACTOS
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0203-4**



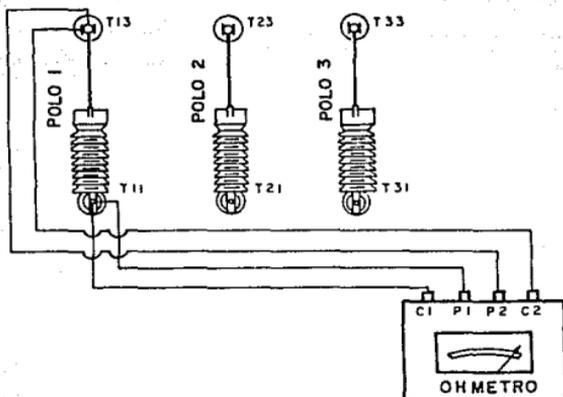
PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	C1	P1	P2	C2	
1	1	1	2	2	r1 - 2
2	3	3	4	4	r3 - 4
3	5	5	6	6	r5 - 6

FIG. 4.12 INTERRUPTORES DE SOPLO MAGNETICO
 RESISTENCIA DE CONTACTOS ———
 UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.023-4



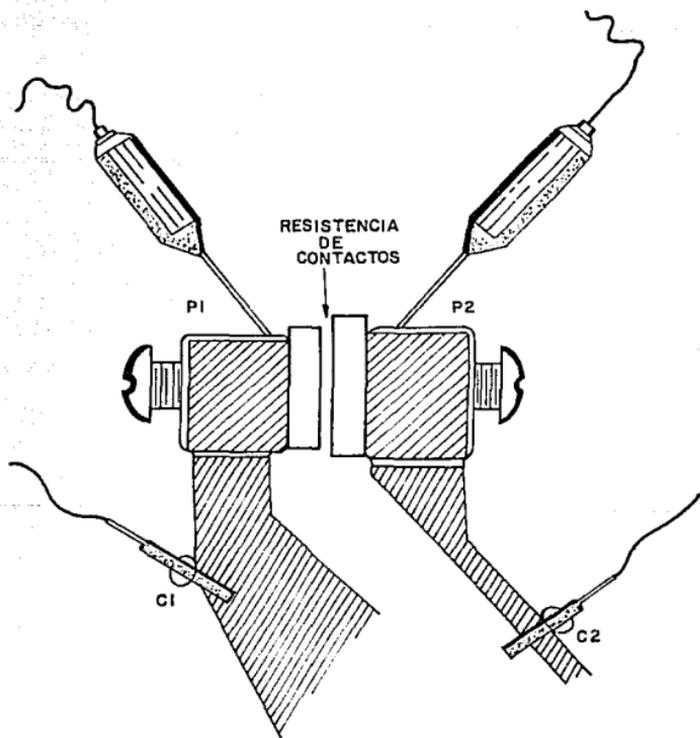
PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	C1	P1	P2	C2	
1	1	1	2	2	r 1-2
2	3	3	4	4	r 3-4
3	5	5	6	6	r 5-6

**FIG. 4.13 INTERRUPTOR - CIRCUIT SWITCHER-
PRUEBA DE RESISTENCIA DE CONTACTOS
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0203-4**



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	C1	P1	P2	C2	
1	T 11	T 11	T 13	T 13	r 1
2	T 21	T 21	T 23	T 23	r 2
3	T 31	T 31	T 33	T 33	r 3

FIG. 4.14 REGULADORES
PRUEBA DE RESISTENCIA DE CONTACTOS
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0203-4



ESTA PRUEBA SE REALIZARA EN LOS CONTACTOS PRINCIPALES Y AUXILIARES DEL CAMBIADOR. LAS TERMINALES DEL EQUIPO DE PRUEBA DEBERAN SER DUCTER

FIG. 4.15 PRUEBA DE RESISTENCIA DE CONTACTOS A UNA CUCHILLA DESCONECTADORA

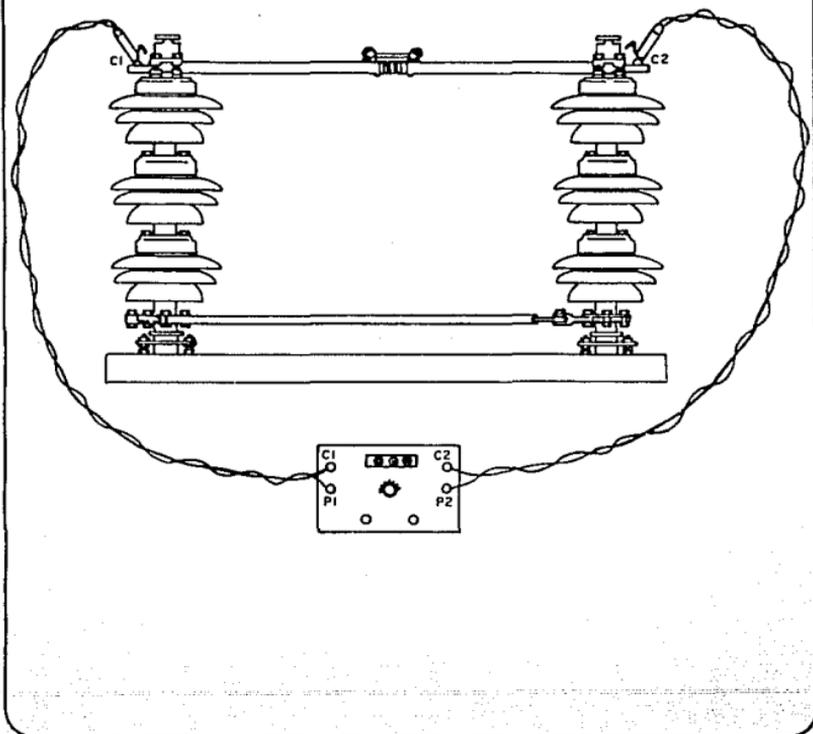
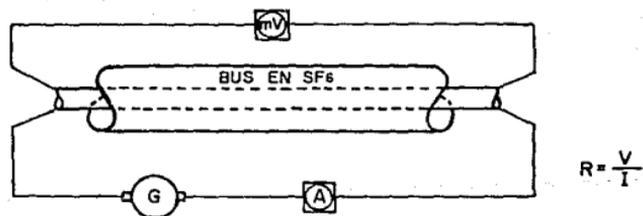
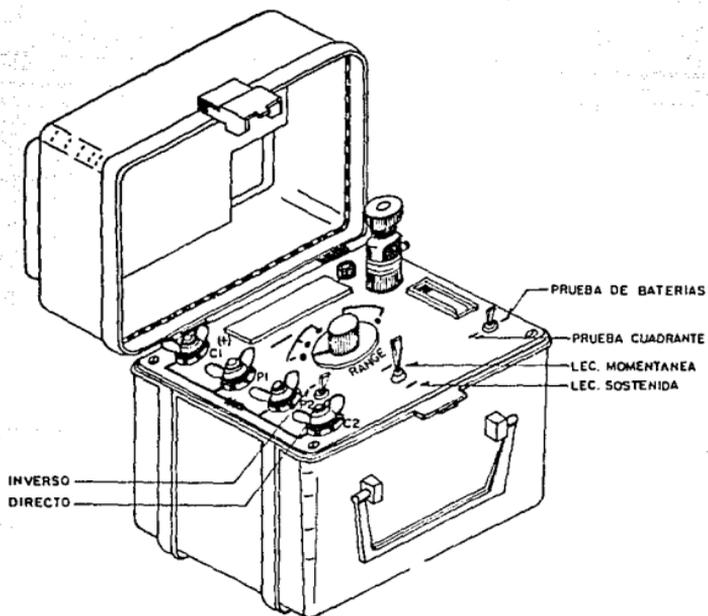


FIG. 4.16 PRUEBA DE RESISTENCIA DE CONTACTOS
A UN BUS SF6 CON PLANTA DE SOLDAR



**FIG. 4.17 PRUEBA DE RESISTENCIA DE CONTACTOS
OHMETRO DIGITAL DE BAJAS RESISTENCIAS—
MARCA BIDDLE**



respectivamente, en la figura 4.14, se ilustrara la conexión para el circuito de prueba de contactos en reguladores de voltaje, en la figura 4.15 se ilustran las conexiones para cuchillas, desconectoras y en la figura 4.16 se ilustra la conexión en BUS con SF₆, la figura 4.17 ilustra un microhmetro-digital utilizado en Cía. de Luz para medir resistencia de contactos.

INTERPRETACION DE RESULTADOS

Esta prueba permite detectar oportunamente los problemas que se presentan por alta resistencia de contactos, que puede ser causada por cualquier elemento que forma el conjunto de contactos: desde el conector de la boquilla hasta los conectores fijos y móviles con todos sus accesorios.

La resistencia de contactos varía de acuerdo al fabricante y diseño del equipo, por lo tanto, es muy importante conocer los valores límite establecidos en los instructivos y en los datos de puesta en servicio, con el fin de poder efectuar comparaciones con los resultados obtenidos.

CAPITULO V

5.1 FACTOR DE POTENCIA DE LOS AISLAMIENTOS

TEORIA GENERAL

La prueba del factor de potencia es actualmente, la principal herramienta para juzgar con mayor criterio las condiciones de los aislamientos de los diferentes equipos eléctricos, siendo particularmente recomendada para la detección de degradación, envejecimiento y contaminación de los mismos, pudiéndose afirmar que por estas características es más reveladora que la prueba de resistencia de aislamiento.

El propósito de esta prueba, es detectar fallas peligrosas en aislamientos por el método no destructivo, antes de que la falla ocurra, lo cual de esta manera previene pérdidas de servicio y permite el reacondicionamiento oportuno de dicho aislamiento.

DEFINICION.- El factor de potencia en un aislamiento, es el coseno del ángulo entre el vector de la corriente de carga y el vector del voltaje aplicado, obteniendo los valores directos de estos factores, a través de la medición de los volt-amperes de carga y las pérdidas de watts del dieléctrico bajo prueba, a un voltaje dado medidos con un equipo especial para esta prueba.

El factor de potencia siempre será la relación de los watts de pérdida entre la carga en volts-amperes y el valor obtenido de esta relación será independiente del área o espesor del aislamiento y dependerá únicamente de la humedad, la ionización y la temperatura.

El principio básico de esta prueba no destructiva, es la detección de algunos cambios medibles en las características de un aislamiento que pueden asociarse con los efectos de agentes destructivos como el agua, el calor y el efecto corona y en general: un incremento apreciable de las pérdidas dieléctricas en C.A. o factor de potencia de un aislamiento.

El factor de potencia de un dieléctrico es una indicación de las pérdidas dieléctricas por unidad de volumen, cuando la capacitancia es constante. Consecuentemente el factor de potencia es una propiedad inherente del dieléctrico y es independiente.

En cualquier circuito de C.A., el factor de potencia de un dieléctrico es:

$$F_p = \frac{P}{E I} = \cos \theta$$

Donde:

- P = Potencia en watts
- E = Volts
- I = Corriente en amperes
- θ = El ángulo entre E e I

FACTOR DE POTENCIA DE UN DIELECTRICO SERIE, PARALELO

Las propiedades eléctricas de un dieléctrico se representan por un circuito serie fig. 5.1b en el cual R es la resistencia serie equivalente del dieléctrico en ohms y C la capacitancia en faradios. El diagrama fasorial es mostrado en la fig. 5.1 (b) donde las pérdidas de energía P en el dieléctrico son representadas por RI^2 . La corriente I defasada un ángulo θ con respecto a E. El factor de potencia es el coseno del ángulo θ . en un dieléctrico común θ es cercano o igual a 90° , éste es algunas veces más conveniente expresarlo en términos del ángulo complementario ($\text{sen } \delta$) el cual es muy pequeño. El voltaje E debe ser analizado en sus dos componentes, RI en fase con I y I/cw atrasada 90° con respecto a I, cuando $w=2\pi f$, donde f es la frecuencia en c.p.s.

De la figura b el factor de potencia es:

$$f_p = \cos \theta = \text{sen } \delta = \frac{IR}{\sqrt{(IR)^2 + (I/cw)^2}}$$

$$= \frac{RCw}{\sqrt{1 + (RCw)^2}}$$

Un dieléctrico puede también ser representado eléctricamente por un circuito paralelo equivalente fig. 5.1c en el cual, la capacitancia es simulada por el capacitor "C" y las fugas por la conductancia en paralelo equivalente "G" la cual en el dieléctrico ideal es muy pequeña.

La corriente capacitiva está representada por la corriente $I_c = jECw$ y la corriente conductiva por $I_g = EG$. la corriente de fugas I_g está en fase con E y la corriente capacitiva I_c defasada con respecto a E. 90°

CIRCUITO EQUIVALENTE DE UN DIELECTRICO

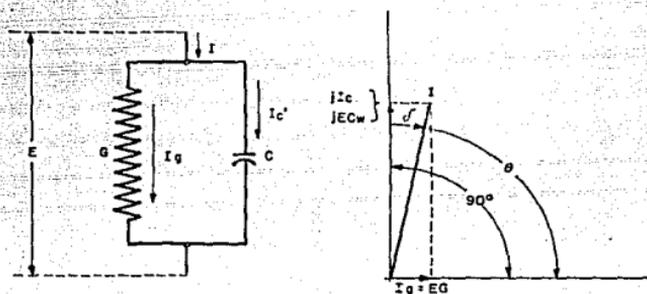


FIG 5.I a) CIRCUITO PARALELO EQUIVALENTE DE UN DIELECTRICO

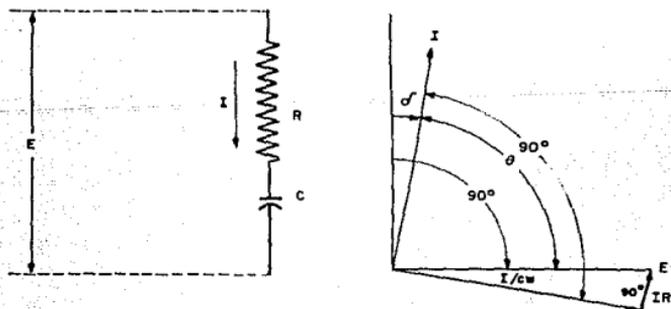


FIG 5.I b) CIRCUITO SERIE EQUIVALENTE DE UN DIELECTRICO

Las pérdidas de energía P en el dieléctrico, están dadas por E^2G el diagrama fasorial se muestra en la fig. 5 (a), la corriente conductiva I_g está en fase con E y la corriente capacitiva I_c atrasada 90° de E. La corriente total I es la suma fasorial de I_g e I_c defasada de E por un ángulo θ .

Como en el circuito serie equivalente, el factor de potencia es el coseno del ángulo y algunas veces expresado en terminos de un pequeño ángulo δ , o sea el complemento de θ , (sen δ).

$$fp = \cos \theta = \text{SEN } \delta = \frac{EG}{\sqrt{(EG)^2 + (ECw)^2}} = \frac{G}{\sqrt{G^2 + (Cw)^2}}$$

Cuando el factor de potencia es bajo como en un dieléctrico G es muy pequeña comparada con (Cw) por lo que el factor f.p. será:

$$fp = \frac{G}{Cw} = \text{tg } \delta$$

La tangente δ es llamada el Factor de disipación (D). Cuando este ángulo δ es menor de 10° el factor de disipación y el factor de potencia son prácticamente iguales. (Sen $10^\circ = 0.1736$, tg $10^\circ = 0.1763$). fig. 5.2 para grandes valores de factor de potencia, tenemos grandes errores si se condidera igual al factor de disipación.

El factor de potencia (cos θ) nos permite junto con el factor de disipación (Ts δ) determinar las pérdidas de energía dentro del material aislante, lo que, nos dará una indicación de la Calidad del dielectrico. En la Fig. 5.2 tenemos que:

$$1.- \text{tg } \delta = \frac{I_r}{I_c}$$

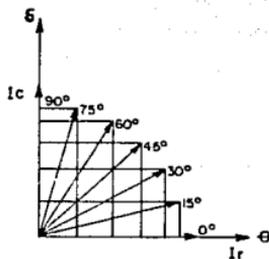
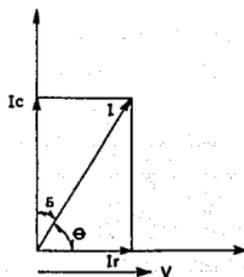
Donde: $I_r =$ corriente de pérdidas } de un material aislante
 $I_c =$ corriente capacitiva }

La corriente capacitiva está adelantada 90° con respecto a la tensión, si el aislamiento presenta pérdidas puede ser por:

- Corriente superficial o através del aislamiento al no ser infinita la resistencia.
- Histerisis dieléctrica o sea la resistencia del dieléctrico a ser polarizado.
- Descargas internas.

FIG. 5.2 FACTOR DE POTENCIA Y FACTOR DE DISIPACION

COS. θ		TANG. δ	
0°	1	90°	
15°	.9659	75°	3.732
30°	.8666	60°	1.732
45°	.7071	45°	1
60°	.5000	30°	.5773
75°	.2588	15°	.2679
90°	0	0°	0
89°	.0174	1°	.0174
88°	.0348	2°	.0349
87°	.0523	3°	.0524
86°	.0697	4°	.0699
85°	.0871	5°	.0874
84°	.1045	6°	.1051
83°	.1218	7°	.1227
82°	.1391	8°	.1405
81°	.1564	9°	.1583
80°	.1736	10°	.1763
79°	.1908	11°	.1943
78°	.2079	12°	.2125
77°	.2249	13°	.2308
76°	.2419	14°	.2493
75°	.2588	15°	.2679



$$\cos \theta = \frac{I_r}{I} \quad f.p. = \frac{F.D.}{\sqrt{1+(F.D.)^2}}$$

$$\tan \delta = \frac{I_r}{I_c} \quad F.D. = \frac{f.p.}{\sqrt{1-(f.p.)^2}}$$

$$\frac{I_r}{I} = \frac{I_r}{I_c}$$

θ = ANGULO DE FASE
 δ = ANGULO DE PERDIDAS

FACTOR DE POTENCIA: Es la relación entre I_r e I o sea el coseno del ángulo complementario (δ) $fp = \cos \theta = \frac{I_r}{I}$.

Normalmente este factor se determina, indicando la potencia disipada (en watts) y la potencia de carga del dieléctrico (en VA).

$$fp = \frac{W_r}{VI} = \frac{\text{Watts}}{VA}$$

Generalmente el factor de disipación y el factor de potencia se expresan en por ciento (%).

PERDIDAS DIELECTRICAS

Las pérdidas dieléctricas, se deben a la conductividad y a las pérdidas dipolares. El recíproco de la conductividad es la resistividad.

La capacidad de un dieléctrico para conducir la corriente eléctrica bajo tensión de corriente directa se llama conductividad.

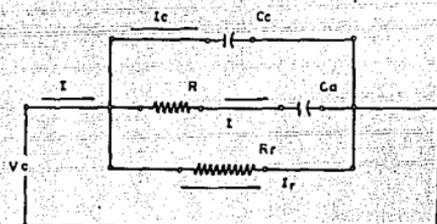
El movimiento de las cargas eléctricas en la dirección de un campo eléctrico, se debe a la conductividad y el alineamiento de dipolos origina la polarización. En ambos casos las cargas o dipolos imparten algo de energía acumulada en el campo eléctrico de las moléculas del dieléctrico originando de esta manera disipación como pérdidas dieléctricas.

Las pérdidas dieléctricas se representan usualmente como sigue: la corriente I que pasa a través de un capacitor con dieléctrico líquido bajo la acción de la corriente alterna, puede resolverse por las componentes, tal como se observa en la siguiente figura 5.3.

- Corriente capacitiva I_c , determinada por la capacitancia del capacitor; es puramente reactiva.
- Corriente de conducción I_r , es una corriente y es la misma con tensión de C.A. y C.D.
- Corriente de absorción I_a , determinada por la polarización y desplazamiento de los dipolos; aparece solamente durante la variación del campo eléctrico. Tiene dos componentes una reactiva I_{ar} y otra capacitiva I_{ac} .

La corriente I es la suma vectorial de estas tres componentes pero no determina las pérdidas dieléctricas.

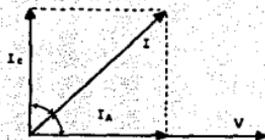
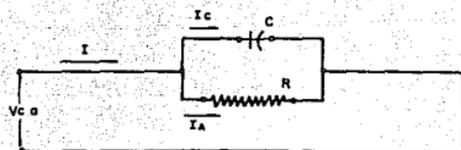
FIG. 5.3 PRUEBAS AL ACEITE AISLANTE



A) CIRCUITO ELECTRICO DE PERDIDAS DIELECTRICAS



B) DIAGRAMA VECTORIAL DE PERDIDAS DIELECTRICAS CON C.A.



C) DIAGRAMA EQUIVALENTE SIMPLIFICADO DE UN DIELECTRICO

En un capacitor con un dieléctrico ideal, la conductividad y las pérdidas dipolares no existen, es decir, la corriente $I = I_c$, la cual se encuentra 90° adelante con respecto al voltaje, las pérdidas y la potencia activa P son iguales a cero.

$$P = VI \cos \theta$$

$$\text{para } \theta = 90^\circ, \quad p=0$$

En circuitos dieléctricos, las pérdidas se miden generalmente por el factor de disipación ($\tan \delta$) donde el ángulo es el complemento del ángulo θ .

Si la corriente de fuga es muy pequeña, el ángulo de pérdidas dieléctricas δ es muy pequeña y en estas condiciones, el factor de potencia es:

$$\cos \theta = \sin \delta = \tan \delta$$

CAPACITANCIA DEL AISLAMIENTO

Como ya se había mencionado con anterioridad, el principio básico de las pruebas es la detección de algunos cambios medibles en las características de un aislamiento, que pueden asociarse con los efectos de agentes destructivos como el agua, el calor y el efecto corona. Esto se logra por las características dieléctricas de los aislamientos cuyos valores de sus factores se obtienen mediante el equipo de pruebas conocido como factor de potencia.

Con el conocimiento de los valores de la corriente de carga el voltaje y la frecuencia de excitación de prueba, la capacitancia del aislamiento puede ser determinada con la siguiente relación:

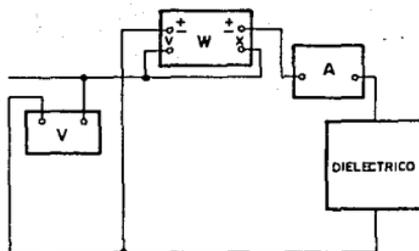
$$C = \frac{I \sin \theta}{V} = \frac{I}{V}$$

La capacitancia "Nominal" de los aislamientos debe permanecer constante, cualquier cambio es indicativo de condiciones anormales, por ejemplo:

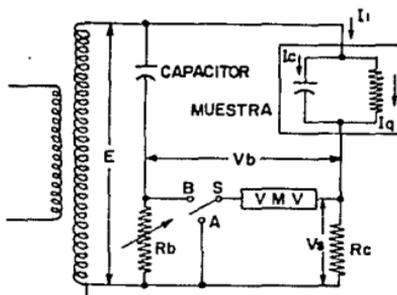
La capacitancia de aislamientos secos no es afectada apreciablemente por la temperatura; sin embargo en los casos de aislamiento húmedo ésta tiende a incrementarse con la temperatura.

La interpretación de los datos de prueba de aislamientos, implica el conocimiento de principios básicos de las condiciones dieléctricas de los aislamientos, así como del uso de datos de prueba adquiridos por:

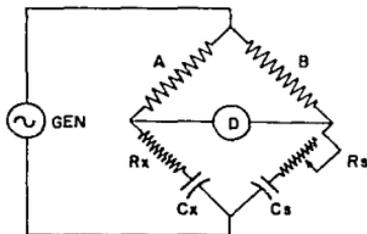
FIG. 5.4 PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA



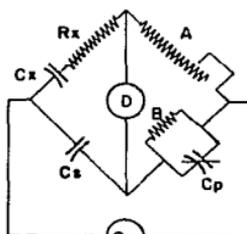
a) METODO DEL WATTMETRO



b) CIRCUITO TIPO M



c) PUENTE DE CAPACITANCIA



d) PUENTE DE SCHERING

- La experiencia o por comparación entre mediciones sucesivas sobre la misma unidad a través del tiempo
- Mediciones sobre unidades semejantes o partes similares de una misma unidad
- Pruebas realizadas bajo las mismas condiciones

Método y Equipo de Prueba

Basicamente el método de medida se fundamenta en un circuito puente de resistencia y capacitores fig. 5.4 y se aplican en los dos equipos de prueba comunmente usados, uno marca James G. Bliddle de 10 KV y el otro marca Doble Engineering, en sus dos tipos el MEU-2500 y el M2H-10 KV.

El primero de la marca James G., presenta dificultades en cuanto a transportación, operación y aplicación en el campo, por lo que se normalizará el uso del segundo en sus dos tipos, dada su confiabilidad, precisión y versatilidad.

Debe tenerse en cuenta que la corriente máxima permisible del aparato, está limitada por su fuente de poder que es la de 100 miliamperes constantes, y 200 mA por 15 minutos de uso.

Tomando en consideración que la reactancia de los aislamientos es predominante capacitiva y las pérdidas eléctricas reducidas, la magnitud de la corriente de carga puede calcularse por:

$$I = VWC \quad \text{ó} \quad VA = V^2WC$$

$$\therefore = 2 \pi f \quad \text{frecuencia angular}$$

De donde, puede determinarse la máxima capacitancia que el equipo puede aceptar para obtener mediciones confiables.

Por ejemplo: la máxima capacitancia que un equipo de pruebas de 10 KV, pueda medir por 15 minutos de prueba:

$$= 2 \pi f$$

$$= 2 (3.1416) (60)$$

$$= 377$$

$$C = \frac{I}{Vw} = \frac{10^{12} \times 0.200}{10^6 \times 377} = 53,000 \text{ picofaradios}$$

y en forma continua:

$$C = \frac{I}{Vw} = \frac{10^{12} \times 0.1}{10^6 \times 377} = 26,500 \text{ Picofaradios}$$

Las boquillas para transformadores, interruptores, etc. usualmente tienen capacitancias considerablemente menores que los valores calculados anteriormente.

Los cables de potencia ordinariamente tienen capacitancias que exceden a los 25,500 picofaradios.

Equipos de capacitancia en exceso de los valores límite calculados para un aparato de 10 KV pueden ser probados a voltajes menores.

EQUIPO DE PRUEBA

En la Compañía de Luz y Fuerza, se utilizan equipos de la Doble Engineering, que es el principal fabricante de equipos para pruebas de Factor de potencia de los aislamientos, así como contar con los métodos de prueba, la teoría, las estadísticas de valores, la resolución a cada caso especial y a la asesoría internacional para cada prueba.

Se utilizan dos tipos de equipo que son el MEU de 2500 V fig. 5.5 y el MH o M2H de 10 KV están diseñados tanto para pruebas de campo como para pruebas de Laboratorio.

MEU 2.5 KV.

Es un instrumento de C.A. diseñado para pruebas de aislamiento mide los volts-amperes y las pérdidas en watts a un potencial de prueba hasta 2500 V.

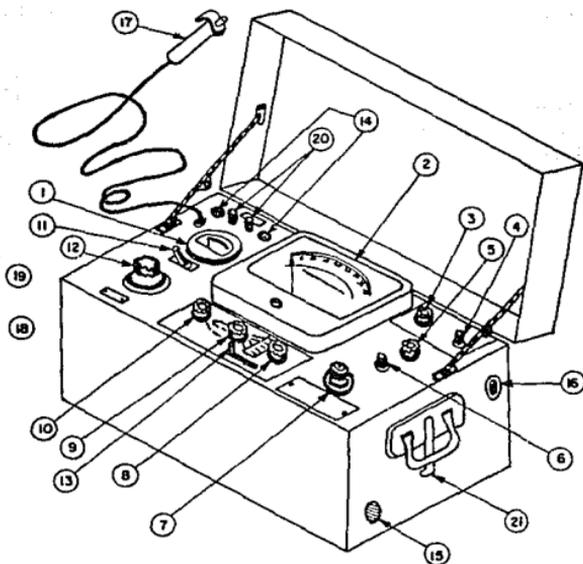
Tiene un rango máximo de 100,000MVA (40MA) a 2500V su utilización es en prueba a transformadores, generadores, boquillas, apartarrayos, líquidos aislantes, cables, transformadores de medición, capacitores, etc.

El equipo completo consiste de probador o equipo de medición, celda de prueba para líquidos aislantes, caja de accesorios con cables de alta tensión y extensiones.

El probador o equipo está montando en una caja que contiene los aparatos para controlar y suministrar el alto voltaje de acuerdo a los datos de placa del equipo bajo prueba, también contiene el circuito de medición, el amplificador y los medidores, así como otros componentes.

El probador tipo M2H-10 KV. Se diferencia aparte de su voltaje de prueba (10 KV), en su construcción tiene mayor capacidad de prueba (200 MA), realiza pruebas entre 2 y 12 KV, equipo con dispositivo para eliminar la inducción electro magnética, equipo de medición que permite leer directamente, el voltaje de prueba, la corriente de carga, las pérdidas dieléctricas y la capacitancia.

FIG. 5.5 PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA



PARTES PRINCIPALES DEL MEU-2.5 KV.

- | | |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1.- VOLTMETRO | 18.-ENTRADA PARA CONECTAR SWITCH DE SEGURIDAD. |
| 2.- INDICADOR DE mVA y mW. | 19.-CLAVIJA PARA ALIMENTACION DE C.A. |
| 3.- PERILLA PARA AJUSTE DE MEDICION . | 20.-FUSIBLES DE PROTECCION. |
| 4.- L.V. SWITCH. (GROUND , GUARD Y UST). | 21.-PUNTO PARA CONEXION A TIERRA DEL APARATO. |
| 5.- PERILLA DE POLARIDAD. | |
| 6.- REV. SWITCH PARA COMPROBACION DE LECTURAS (DIRECTA-FUERA -INVERSA). | |
| 7.- AJUSTE DE MILIWATTS (mW ADJ). | |
| 8.- PERILLA PARA RANGOS DE mW (MILI-WATTS). | |
| 9.-PERILLA PARA RANGOS DE mVA (MILI-VOLTAMPERES). | |
| 10.-PERILLA PARA RANGOS DE MEDIDA (HIG. , MED. Y LOW). | |
| 11.-SWITCH DE ENCENDIDO (ON-OFF). | |
| 12.-PERILLA PARA RANGOS DE VOLTAJE. | |
| 13.-SWITCH SELECTOR (mVA , CHECAR Y mW). | |
| 14.- FOCOS PILOTO VERDE Y ROJO. | |
| 15.-ENTRADA PARA CABLES DE PRUEBA DE ALTA TENSION. | |
| 16.-ENTRADA PARA CABLES DE PRUEBA , GUARDA O BAJO VOLTAJE. | |
| 17.- SWITCH DE SEGURIDAD. | |

Está formado por 4 componentes que son: Caja con instrumentos de medición, Caja con transformador elevador, Caja de accesorios con cables de alta tensión y extensión y celda para prueba de aceites aislantes.

La caja de accesorios contiene una extensión de 110 volts de C.A., la extensión con interruptor de seguridad, cables de tierra, cables con pinzas, collares conductores y fusibles.

La celda o copa de aceite consiste en un recipiente diseñado para hacer pruebas de factor de potencia a líquidos aislantes: esta celda básicamente es un capacitor que utiliza como dieléctrico al líquido bajo prueba.

Por seguridad, el equipo debe estar siempre aterrizado en forma efectiva.

PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

- 1.- Use el aparato y voltaje de prueba adecuado en base a la capacitancia del equipo a probar.
- 2.- Coloque el instrumento de prueba sobre una base firme y bien nivelada y a una distancia del equipo a probar tal, que permita el buen uso de los cables de prueba.
- 3.- Verifique los cables de prueba mediante un probador de resistencia de aislamiento.
- 4) Conecte el aparato a la fuente de alimentación y opérela hasta alcanzar el rango del voltaje propio de trabajo y después redúzcalo a cero.
- 5) Asegúrese de que el equipo que va a probar no está energizado, atérricelo durante 10 minutos para eliminar cualquier carga residual que pueda afectar la medición.
- 6) Conecte adecuadamente las terminales en base a lo establecido para cada prueba en particular y proceda a operar el instrumento, incremente gradualmente el voltaje hasta 2.5 KV. Si el interruptor general de alimentación del aparato se dispara antes de llegar a 1.25 KV, el equipo bajo prueba estará fuera del rango del equipo de prueba. Si el interruptor se dispara entre 1.25 y 2.5 KV, la prueba deberá realizarse a un voltaje menor.

Conocidos el voltaje y la corriente de prueba, así como la frecuencia de la fuente de poder, puede calcularse la capacitancia del aislamiento si se desea.

- 7.- En el equipo de prueba deben registrarse las lecturas de milliwatts (mW) y milvoltampere (mVA) y con base en éstas, debe calcularse el factor de potencia (FP):

$$FP = \frac{mW}{mVA} \times 100$$

- 8.- Al terminar la prueba ponga fuera de servicio el instrumento y aterrice nuevamente el equipo objeto de ensayo.

5.4 INTERPRETACION DE RESULTADOS

A causa de los muchos factores de las que depende el factor de potencia y a la falta de Normas para instrumentos, mediciones y valores de corrección por temperatura, los valores límites para considerar aceptable el Factor de Potencia de los aislamientos de un equipo específico, varían de acuerdo con el fabricante, e los cuales nos basamos para clasificar las condiciones de un aislamiento de cualquier equipo.

Los instrumentos de prueba marca DOBLE para medir el Factor de potencia de aislamiento, cuentan con una perilla selectora (L.V. SWITCH) para poder realizar tres pruebas diferentes sin necesidad de cambiar conexiones en el equipo a probar las tres posiciones son GROUND, GUARD y UST.

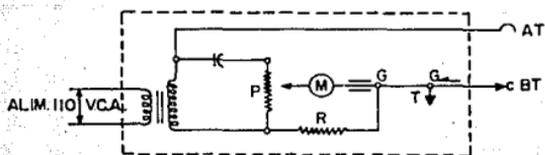
Las corrientes de fuga en el conductor se conduce al aparato por el cable de guarda y las de tierra regresan por la conexión correspondiente del instrumento. Según la posición de la perilla, el circuito selector se modifica para permitir que una u otra corriente, o ambas sean detectadas por el circuito de medición, lo que se puede observar en los siguientes diagramas.

En GROUND (tierra), se mide la suma total de las corrientes que se derivan por el cable de guarda y por la tierra es decir G+T. la resistencia (R) limita a un valor despreciable que la corriente no pase por el circuito de medición, fig. 5.7. (a).

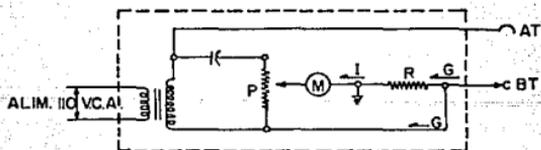
En GUARD (Guarda). la corriente en el cable de guarda es discriminada al derivarse sin pasar por el circuito de medición y solamente es medida la corriente que regresa al aparato por su conexión a tierra. Sólo mide T. fig. 5.7 (b).

En UST (Un grounded-Specimen - Test.) - o sa prueba de muestra sin

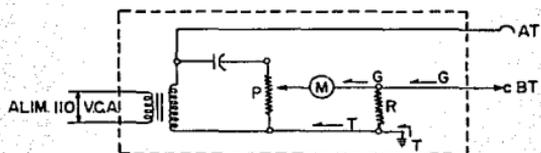
FIG. 5.7 CIRCUITOS SIMPLIFICADOS DE LAS DIFERENTES FORMAS DE MEDICION CON EL PROBADOR DE FACTOR POTENCIAL MARCA DOBLE CO.



a) MEDICION A TIERRA



b) MEDICION EN GUARDA



c) MEDICION EN UST

conexión a tierra, se mide solamente la corriente que regresa al aparato por el cable de guarda y queda derivada sin pasar por el circuito de medición la corriente que regresa por tierra. Sólo mide G. fig. 5.7 (c)

Como una guía base experimental para la interpretación de los datos de prueba, a continuación se dan valores de factor de potencia y constante dieléctrica de algunos materiales aislantes típicos, y equipos eléctricos.

MATERIAL	% F.P.A 20 °C	CONSTANTE DIELECTRICA
Aire	0.0	1.0
Aceite	0.1	2.1
Papel	0.5	2.0
Porcelana	2.0	7.0
Hule	4.0	3.5
Barniz Cambray	4.0 - 8.0	4.5
Agua	100.0	51.0

EQUIPO	%F.P. A 20 °c
Boquillas y condensadores en aceite	0.5
Transformadores en aceite	1.0 - 2.0
Cables con aislamiento de papel	0.3
Cables con aislamiento de barniz	
Cambray	4.0 - 5.0
Cables con aislamiento de hule	4.0 - 5.0

FACTORES QUE AFECTAN LAS PRUEBAS DE F.P.

LIMPIEZA

Es sumamente recomendable al ir a efectuar pruebas a los equipos en donde se tenga porcelana, que éstas deberán limpiarse perfectamente antes de efectuar cualquier medición. la limpieza deberá hacerse utilizando preferentemente un solvente eléctrico, pudiendo ser este solvente, clorothene o turco; El objeto de esta limpieza es el retirar de la superficie de dicha porcelana, cualquier residuo de depósitos químicos contaminantes, sales, cementos, grasas, silicones, etc.

HUMEDAD

Es recomendable abstenerse de efectuar la prueba, cuando las condiciones de humedad relativa en el ambiente, sean mayores del 70% ya que la presencia de esta humedad influenciará grandemente los valores obtenidos.

Por lo cual es conveniente antes de efectuar la prueba hacer una medición previa de humedad relativa del ambiente, valiéndose para ello de un Hygrómetro y cuyo valor obtenido se registrará en el reporte de prueba correspondiente.

FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA

Como es conocido, los valores de resistencia de aislamiento se ven fuertemente afectados por la temperatura, variando ésta de una manera directa en cuanto a la prueba del factor de Potencia también, de ahí la necesidad de ajustar los valores obtenidos a una temperatura base, la cual por Norma se ha establecido que sea de 20°C.

Esto es con el objeto de hacer comparaciones y relacionar los valores obtenidos al mismo equipo en fechas anteriores.

Para estos ajustes o correcciones, el fabricante del equipo de prueba (DOBLE), da a conocer una tabla donde relaciona los factores de corrección de diferentes equipos, a la temperatura base de 20°C.

Tabla 5.1

5.5 APLICACION DE LA PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA A TRANSFORMADORES Y AUTOTRANSFORMADORES DE POTENCIA.

PREPARACION PARA LA PRUEBA

- a) Desenergice y desconecte de sus terminales externas al transformador.
- b) Desconecte los neutros de los devanados que se encuentran aterrizados.
- c) Ponga en corto circuito devanado en las terminales de sus boquillas.
- d) verifique que el tanque este bien aterrizado.
- e) limpie la porcelana de las boquillas.
- f) Desconecte todo equipo externo al transformador

CIRCUITOS DE PRUEBA

Estando ya conectado el aparato, deberán conectarse las terminales de

TABLA 5.1 FACTORES DE CORRECCION DE FACTOR DE POTENCIA POR TEMPERATURA.

TEMPERATURA DE PRUEBA		TRANSFORMADORES CON ASKAREL	TRANSFORMADOR CON ACEITE Y CONSERVADOR DE AIRE	TRANSFORMADOR CON ACEITE, SECCIONADO Y GAS A PRESION	TRANSFORMADOR DE INSTRUMENTO CON ACEITE
°C	°F				
0	32.0		1.56	1.57	1.67
1	33.8		1.54	1.54	1.64
2	35.6		1.52	1.50	1.61
3	37.4		1.50	1.47	1.58
4	39.2		1.48	1.44	1.55
5	41.0		1.46	1.41	1.52
6	42.8		1.45	1.37	1.49
7	44.6		1.44	1.34	1.46
8	46.4		1.43	1.31	1.43
9	48.2		1.41	1.28	1.40
10	50.0		1.38	1.25	1.36
11	51.8		1.35	1.22	1.33
12	53.6		1.31	1.18	1.30
13	55.4		1.27	1.16	1.27
14	57.2		1.24	1.14	1.23
15	59.0		1.20	1.11	1.20
16	60.8		1.16	1.09	1.16
17	62.6		1.12	1.07	1.12
18	64.4		1.00	1.03	1.08
19	66.2		1.04	1.02	1.04
20	68.0	1.00	1.00	1.00	1.00
21	69.8	.95	.96	.98	.97
22	71.6	.90	.91	.95	.93
23	73.4	.85	.87	.94	.90
24	75.2	.81	.83	.92	.86
25	77.0	.76	.79	.90	.83
26	78.8	.72	.76	.88	.80
27	80.6	.66	.73	.86	.77
28	82.4	.64	.70	.84	.74
29	84.2	.60	.67	.82	.71
30	86.0	.56	.61	.80	.69
31	87.8	.53	.60	.78	.67
32	89.6	.51	.58	.76	.65
33	91.4	.48	.56	.75	.62
34	93.2	.46	.53	.73	.60
35	95.0	.44	.51	.71	.58
36	96.8	.42	.49	.70	.56
37	98.6	.40	.47	.69	.54
38	100.4	.39	.45	.67	.52
39	102.2	.37	.44	.66	.50
40	104.0	.35	.42	.64	.48
41	105.8	.34	.40	.63	.47
42	107.6	.33	.38	.62	.45
43	109.4	.31	.37	.60	.44
44	111.2	.30	.36	.59	.42
45	113.0	.29	.34	.57	.41
46	114.8	.28	.33	.56	.40
47	116.6	.27	.31	.55	.38
48	118.4	.26	.30	.54	.37
49	120.2	.25	.28	.52	.35
50	122.0	.24	.28	.51	.34
52	125.8	.22	.26	.49	.32
54	129.2	.21	.23	.47	.30
56	132.6	.19	.21	.45	.28
58	136.0	.18	.19	.43	.27
60	140.0	.16	.17	.41	.25
62	143.6	.15	.16	.40	.24
64	147.2	.14	.15	.38	.23
66	150.8	.14	.14	.36	.22
68	154.4	.13	.13	.35	.21
70	158.0	.12	.12	.33	.20
72	161.6	.11	.12	.32	.19
74	165.2	.11	.11	.31	.18
76	168.8	.10	.10	.30	.17
78	172.4	.09	.09	.28	.16
80	176.0	.09	.09	.27	.15

prueba al equipo bajo prueba. El gancho de la terminal de alta tensión al devanado por probar y la terminal de baja tensión al devanado por aterrizar o proteger.

Deberán verificarse antes de proceder a efectuar la prueba, que la perilla de control de tensión está en cero, el selector de rango en la escala mayor, el selector de prueba en la posición "Check", los selectores de MW y MVA en su máximo valor, el selector de baja tensión en la posición tierra (ground) y el interruptor reversible en posición (off).

Una vez verificado lo anterior, se procede a energizar el equipo bajo prueba, para lo cual se accionará el relevador de control, al hacer esto el piloto verde debe apagarse y encender el piloto rojo, si esto no sucede, la polaridad del equipo esta invertida y bastará para corregirla, dejar de operar el relevador de control, invertir la conexión de la clavija, operar nuevamente el relevador de control, y al instante deberá encender la lámpara roja inmediatamente después, procede a energizar el equipo bajo prueba gradualmente por medio de la perilla de control hasta el valor requerido.

En las figuras 5.8, 5.9, 5.10, 5.11 y 5.12 se indican las conexiones de los circuitos de pruebas de factor de potencia para transformadores de 2 y 3 devanados, autotransformadores, reguladores y reactores respectivamente.

INTERPRETACION DE LAS LECTURAS PARA LA EVALUACION DE LOS AISLAMIENTOS

En las siguientes figuras 5.13 y 5.14 se muestran esquemáticamente los aislamientos que constituyen los transformadores de potencia, tanto monofásicos o trifásicos, en donde las consideraciones para ambos son las mismas.

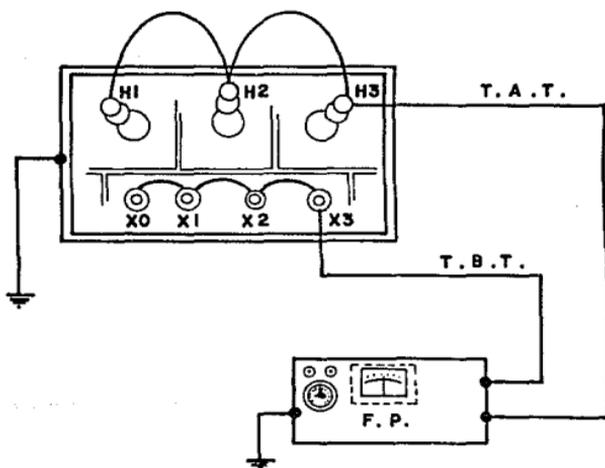
Los aislamientos representados como CH, CL y CT son respectivamente los aislamientos entre el devanado de alta tensión y tierra, el devanado de baja tensión y tierra y el devanado terciario y tierra. Los aislamientos representados como CHL, CLT y CHT, son los aislamientos entre sí de los devanados.

Los criterios a utilizar para considerar un valor de factor de potencia aceptable, deben tomarse en base a que un transformador con aislamiento clase "A" y lleno de aceite, el valor "normal" es aproximadamente entre 0.5 y 2.0% a 20°C.

Fig. 5.8 TRANSFORMADORES DE DOS DEVANADOS

F.P. DEL AISLAMIENTO

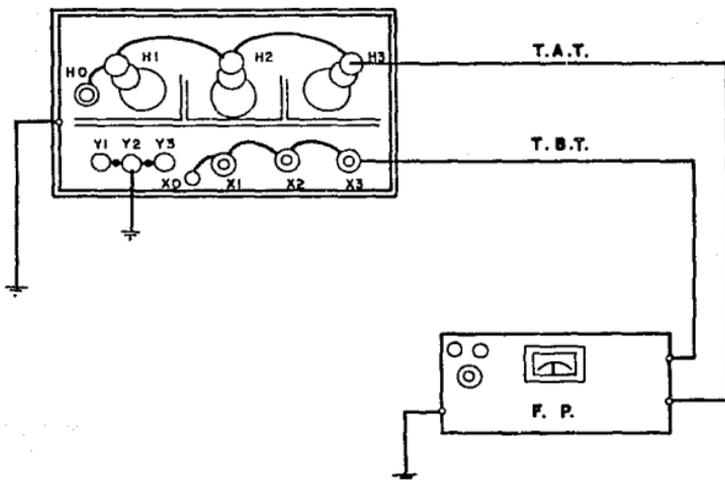
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0200-5



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	T. A . T	T. B . T	SELECTOR	
1	H	X	GROUND	CH , CHX
2	H	X	GUARDA	CH
3	H	X	UST	CHX
4	X	H	GROUND	CX , CHX
5	X	H	GUARDA	CX
6	X	H	UST	CHX

Fig. 5.9 TRANSFORMADORES DE TRES DEVANADOS.

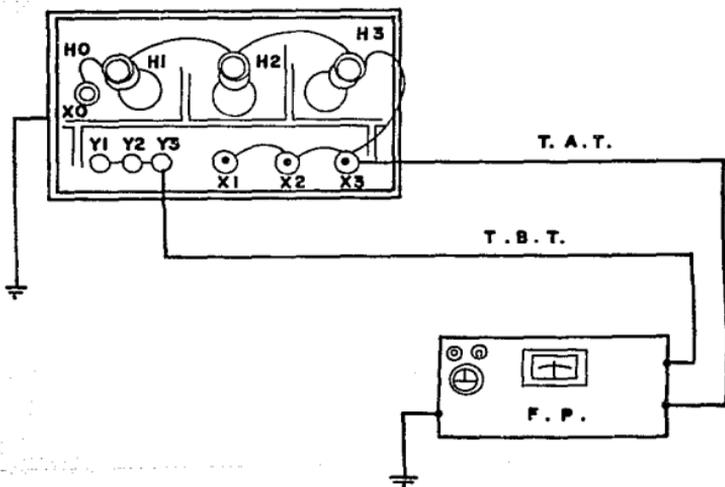
**F.P. DEL AISLAMIENTO
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0200-4**



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	T. A. T.	T. B. T.	TIERRA	SELECTOR	
1	H	X	Y	GUARDA	CHY, CH
2	H	X	Y	UST	CH X
3	H	X, Y	—	GUARDA	CH
4	X	Y	H	GUARDA	CHX, CX
5	X	Y	H	UST	CXY
6	X	Y, H	—	GUARDA	CX
7	Y	H	X	GUARDA	CXY, CY
8	Y	H	X	UST	CHY
9	Y	H, X	—	GUARDA	CY

Fig. 5.10 AUTOTRANSFORMADORES .

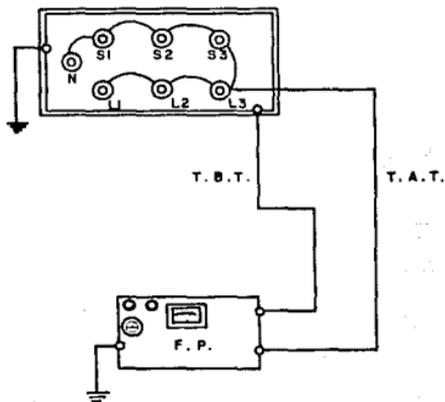
PRUEBA DEL FACTOR DE POTENCIA DEL AISLAMIENTO
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE. 7.0200-5



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	T. A. T.	T. B. T.	SELECTOR	
1	H X	Y	GROUND	CHX, CHX - Y
2	H X	Y	GUARDA	CHX
3	H X	Y	UST	CHX - Y
4	Y	H X	GROUND	CY CHX - Y
5	Y	H X	GUARDA	CY
6	Y	H X	UST	CHX - Y

Fig. 5.11 REGULADORES

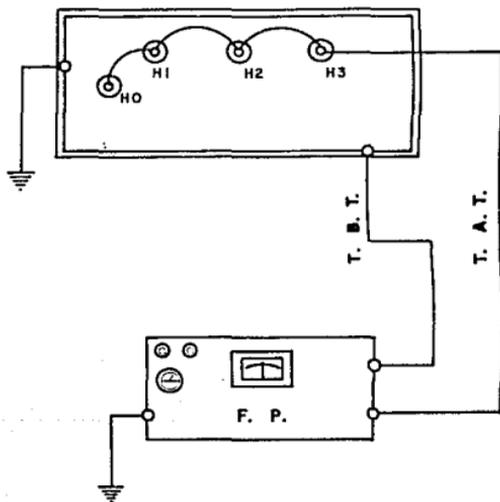
PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA DEL AISLAMIENTO
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0215-4



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			M I D E
	T. A. T.	T. B. T.	SELECTOR	
1	S1, S2, S3 L1, L2, L3, N.	TANQUE	GROUND	CSL. - T

Fig. 5.12 REACTORES

PRUEBA DEL FACTOR DE POTENCIA DEL AISLAMIENTO
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0215-4



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	T. A. T.	T. B. T.	SELECTOR	
1	H1 H2 H0	TANQUE	GROUND	CH

PRUEBAS DE FACTOR DE POTENCIA PARA TRANSFORMADORES

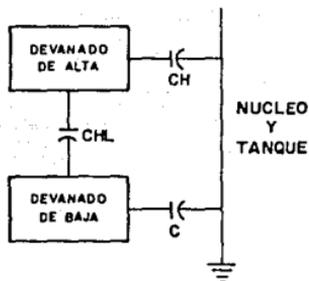


FIG. 5.13 DOS DEVANADOS

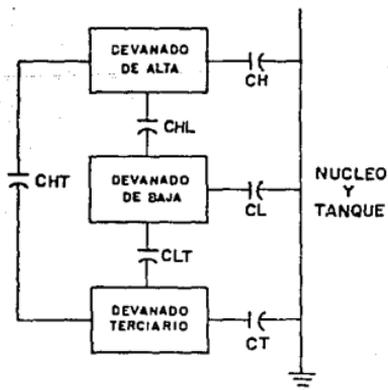


FIG. 5.14 TRES DEVANADOS

Para valores de 2% se recomienda que se investigue dicho valor el cual puede ser originado por condiciones de degradación del aceite aislante o bien, por algún posible daño en alguna de las boquillas. Además, se deberán revisar las estadísticas de valores, con el objeto de estudiar el comportamiento de dicho valor. Si se detecta que éste se ha estado incrementando, deberá programarse un mantenimiento general.

APLICACION DE LA PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA A INTERRUPTORES Y RESTAURADORES

Al efectuar las pruebas de resistencia de aislamiento y de factor de potencia, se incluyen las boquillas, conectores, partes auxiliares, así como partículas semiconductoras de carbón, formadas por la descomposición del aceite cuando se forma el arco en la superficie de los contactos, al interrumpir corrientes de falla y aún las de carga normal.

Por ésta razón, cuando las pruebas del conjunto acusen deterioro anormal, es conveniente efectuar pruebas discriminatorias al aislamiento auxiliar, boquillas y/o aceite.

Al efectuar la prueba de factor de potencia en el probador de factor de potencia, el método a seguir es aplicar el potencial de prueba a cada uno de los seis conectores de los bushing's del interruptor. Cuando se aplica el potencial de ésta manera al bushing, no solamente el aislamiento de éste, sino también el aceite y los aislamientos auxiliares dentro del tanque, son estabilizados en el campo por el potencial de prueba.

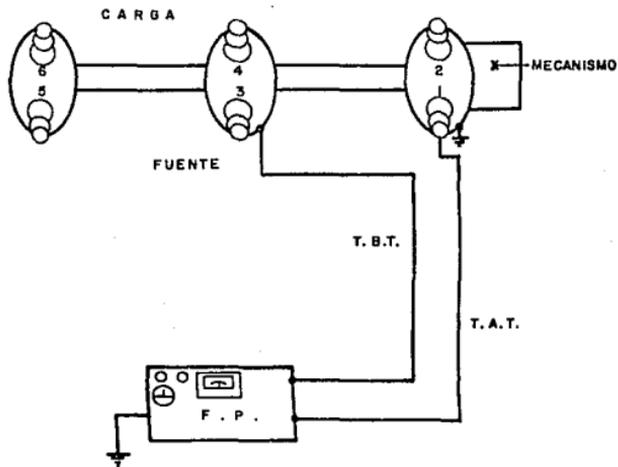
LIMITACIONES

Las pérdidas en los aislamientos auxiliares no son las mismas con el interruptor abierto que cerrado, porque el efecto del campo eléctrico en el aislamiento auxiliar no es el mismo para ambas condiciones de prueba.

En general se puede decir que las pérdidas en el tanque aislante con el interruptor cerrado difieren de las pérdidas que ocurren cuando un bushing sencillo se prueba con el interruptor abierto, por lo siguiente: El dispositivo de conexión en la parte final de la barra de operación es energizado, alojando la barra en un campo se va incrementando, ya que aumenta el número de partes energizadas. Esto tiende a incrementar las pérdidas de cualquier aislamiento, tal como el aceite, el tanque, etc.

Fig. 5.15 INTERRUPTORES DE GRAN VOLUMEN DE ACEITE.

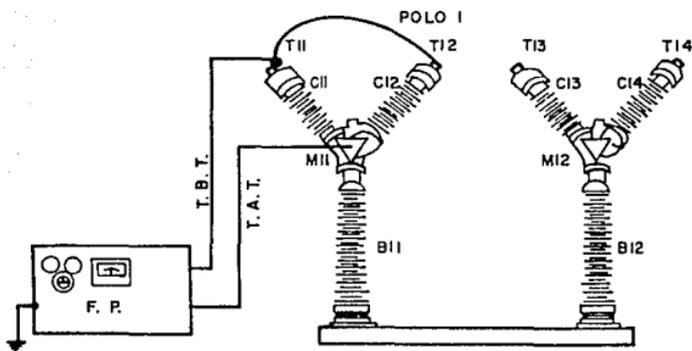
PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA DEL AISLAMIENTO UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0203-3



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			POSICION INTERRUPTOR	MIDE
	T. A. T.	T. B. T.	S LECTOR		
1	1	TANQUE	GROUND	ABIERTO	AISL. P.1
2	2	" "	" "	" "	AISL. P.2
3	3	" "	" "	" "	AISL. P.3
4	4	" "	" "	" "	AISL. P.4
5	5	" "	" "	" "	AISL. P.5
6	6	" "	" "	" "	AISL. P.6
7	1	" "	" "	CERRADO	AISL. P.7
8	2	" "	" "	" "	AISL. P.7+4
9	5	" "	" "	" "	AISL. P.5+3

Fig. 5.16 INTERRUPTORES DE BAJO VOLUMEN DE ACEITE.

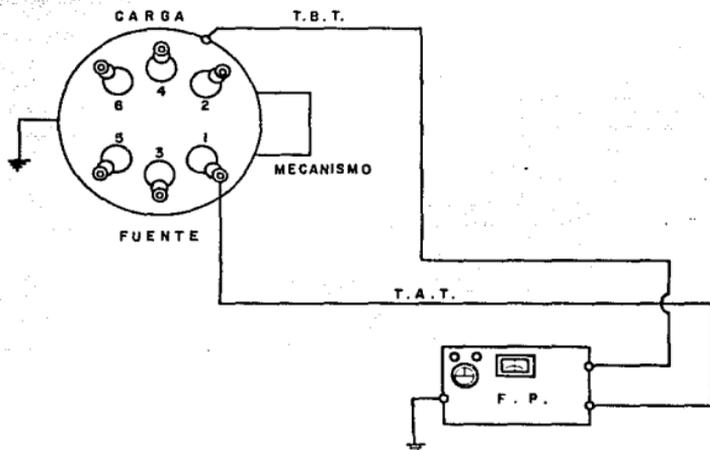
PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA DE AISLAMIENTO
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE. 7.0203-3



PRUEBA	POLO	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
		T. A. T.	T. B. T.	SELECTOR	
1	1	M 11	T11 - T12	GROUND	C11, C12, B11
2	1	M 11	T11 - T12	GUARDA	B 11
3	1	M 11	T11 - T12	UST	C 11, C12
4	1	M 12	T13 - T14	GROUND	C13, C14, B12
5	1	M12	T13 - T14	GUARDA	B 12
6	1	M 12	T13 - T14	UST	C13 C14
7	2	M 21	T21 - T22	GROUND	C21, C22, B21
8	2	M 21	T21 - T22	GUARDA	B 21
9	2	M 21	T21 - T22	UST	C 21, C 22
10	2	M 22	T23 - T24	GROUND	C 23, C 24, B 22
11	2	M 22	T23 - T24	GUARDA	B 22
12	2	M 22	T23 - T24	UST	C 23, C 24
13	3	M 31	T31 - T32	GROUND	31 32 31
14	3	M 31	T31 - T 32	GUARDA	B 31
15	3	M 31	T31 - T 32	U S T	C 31 C 32
16	3	M 32	T33 - T34	GROUND	C 33, C 34, B 32
17	3	M 32	T33 - T 34	GUARDA	B 32
18	3	M 32	T33 - T 34	UST	C 33, C 34

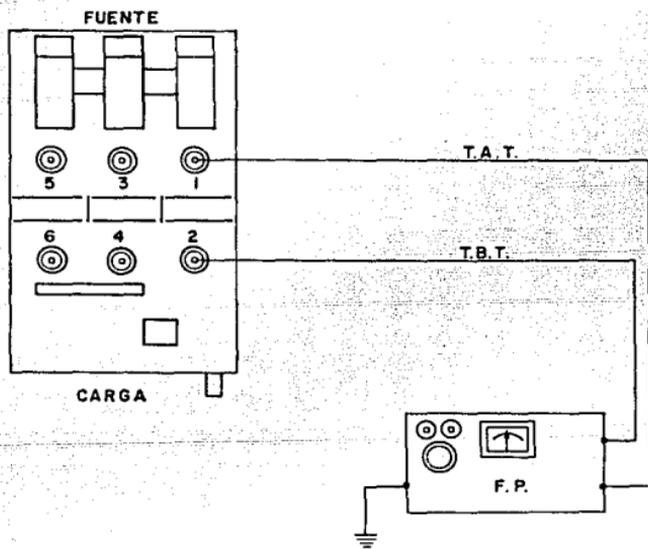
Fig. 5.17 INTERRUPTORES DE VACIO

PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA DEL AISLAMIENTO
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0203-3



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			POSICION INTERRUPTOR	M I D E
	T. A. T.	T. B. T.	SELECTOR		
1	1	TANQUE	GROUND	ABIERTO	AISLAMIENTO P1
2	2	TANQUE	GROUND	ABIERTO	AISLAMIENTO P2
3	3	TANQUE	GROUND	ABIERTO	AISLAMIENTO P3
4	4	TANQUE	GROUND	ABIERTO	AISLAMIENTO P4
5	5	TANQUE	GROUND	ABIERTO	AISLAMIENTO P5
6	6	TANQUE	GROUND	ABIERTO	AISLAMIENTO P6
7	1	2	U. S. T.	ABIERTO	AISLAMIENTO - P1yP2
8	3	4	U. S. T.	ABIERTO	AISLAMIENTO + P3yP4
9	5	6	U. S. T.	ABIERTO	AISLAMIENTO + P5y P6

**FIG. 5.18 INTERRUPTORES DE SOPLO MAGNETICO.
PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA DEL AISLAMIENTO, UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE. 7.0203-3**



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	T.A.T.	T.B.T.	SELECTOR	
1	1	2	GUARDA	AISLAMIENTO P1
2	2	1	"	" P2
3	3	4	"	" P3
4	4	3	"	" P4
5	5	6	"	" P5
6	6	5	"	" P6
7	1	2	UST	AISLAM. \div P1 y P2
8	3	4	UST	AISLAM. \div P3 y P4
9	5	6	UST	AISLAM. \div P5 y P6

La comparación de las pérdidas obtenidas en la prueba con el interruptor cerrado y la suma de las pérdidas del mismo tanque en la prueba con el interruptor abierto, pueden ser utilizadas para analizar las condiciones del aislamiento.

PREPARACION DE LA PRUEBA

- a) Librar completamente el interruptor asegurándose que las cuchillas seccionadoras correspondientes se encuentran en la posición de abierto.
- b) Desconectar las terminales de los bushing's de la línea.
- c) Limpiar perfectamente los aislamientos de las boquillas.
- d) Verificar la posición del interruptor (cerrado o abierto), según corresponda a la prueba.
- e) Procurar efectuar la prueba cuando la humedad relativa sea menor de 75%.

CIRCUITOS DE PRUEBA

En las figuras 5.15 a la 5.18 se ilustrarán los diagramas de conexión de los circuitos de prueba de factor de potencia para interruptores.

INTERPRETACION DE RESULTADOS

La base de comparación, será el historial y los datos de prueba de puesta en servicio, pero para los casos en que se carezca de valores anteriores se considera como buena práctica general, efectuar comparaciones entre los valores obtenidos con interruptor abierto y cerrado, para analizar las condiciones del aislamiento.

INTERRUPTOR ABIERTO

Cuando el factor de potencia sea mayor de 2% en cualquiera de las boquillas de un polo, la boquilla deberá ser investigada y en caso de ser posible, retirarla para una investigación más minuciosa.

INTERRUPTOR CERRADO

En estas condiciones pueden presentarse tres posibles resultados, que:

- 1.- Los milliwatts de pérdidas sean similares a la suma de la pérdida de boquillas 1 y 2 con interruptor abierto.

- 2.- Los miliwatts de pérdidas sean más que la suma de las pérdidas 1 y 2 con interruptor abierto.
- 3.- Los miliwatts de pérdidas sean menos que la suma de pérdida de las boquillas 1 y 2 con interruptor abierto.

La comparación de las pérdidas obtenidas nos indicarán el estado del aislamiento interno incluido en la prueba con interruptor cerrado, concluyendo lo siguiente:

- a) Diferencias de 0 a (+9) mW y de 0 a (-9) mW se consideran normales.
- b) Diferencias de (+9) a (+15) mW (-mayor con interruptor cerrado), se deberá investigar el próximo mantenimiento, las barras elevadoras, el aceite del tanque, el aislamiento del tanque y el contacto de los aislamientos auxiliares. Para diferencias mayores de (+15) mW, investigar lo antes posible las guías elevadoras, aceite del tanque y el aislamiento auxiliar del tanque.
- c) Para diferencias de (-9) a (-15) mW (menor con el interruptor cerrado), se deberán investigar en el próximo mantenimiento los ensambles guía y el contacto de ensamble del aislamiento.

Para diferencias mayores de (-15) mW, deberán investigarse lo antes posible el ensamble guía y los contactos de ensamble del aislamiento.

Estos límites establecidos, son generalmente aplicables a la mayoría de los equipos interruptores. Algunos tipos tienen éstos valores muy pequeños o muy grandes, ya que los elementos aislantes de madera, porcelana o cualquier otro material hacen que las diferencias de pérdidas entre interruptor abierto y cerrado sean muy grandes o viceversa. Para efectos de pruebas de puesta en servicio y rutinarias, se considera básico comparar con valores del fabricante o de otros equipos similares en caso de no contarse con datos del fabricante.

APLICACION DE LA PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA A TRANSFORMADORES PARA INSTRUMENTOS.

La diversidad de marcas y los diferentes diseños de éstos equipos nos obliga a describir sus pruebas en forma general y requerir que la persona que tenga a cargo las pruebas analice con detenimiento su diagrama en particular y determine las conexiones que convenga a seguir.

Básicamente se considera al probar un transformador de instrumentos la necesidad de determinar las condiciones del aislamiento entre los devanados primario y secundario contra tierra.

Para los devanados primarios se utilizará mayor voltaje y en los devanados secundarios el valor más cercano a su voltaje nominal.

PREPARACION DEL EQUIPO PARA LA PRUEBA.

- a) La prueba a estos transformadores deberá efectuarse desconectando tanto el lado de alta tensión como el de baja tensión, es decir, completamente desenergizado.
- b) Se deberá limpiar la porcelana de las boquillas.
- c) Se pondrán en corto circuito los devanados de alta tensión y el devanado de baja tensión deberá aterrizar en un solo lado, para evitar cortos circuitos durante las pruebas cruzadas de comprobación.

CIRCUITOS DE PRUEBA

En las figuras 5.19, 5.20 y 5.21 se ilustran los diagramas de conexión para el circuito de prueba de factor de potencia a transformadores de instrumento.

INTERPRETACION DE RESULTADOS

Un alto factor de potencia en las pruebas, será indicativo de que existe un deterioro en el transformador, ya sea en el aceite, boquillas o devanado por lo cual si es posible, deberá probarse separadamente cada elemento.

El criterio a utilizar para considerar un valor promedio en el factor de potencia como aceptable en transformadores de potencia deberá ser del orden del 3%, este valor se recomienda para los T_p 's en todos los voltajes.

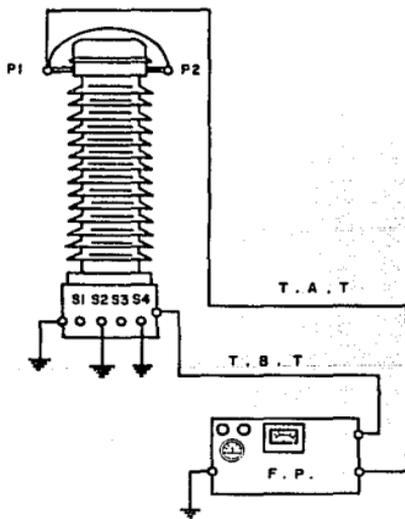
Al obtener resultados con valores mayores, deberá investigarse recurriendo a estadísticas de equipos similares o recomendados por el fabricante.

APLICACION DE LA PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA EN APARTARRAYOS

El objeto de efectuar la prueba del factor de potencia en apartarrayos es descubrir en ellos los efectos producidos por la contaminación en

Fig. 5.19 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

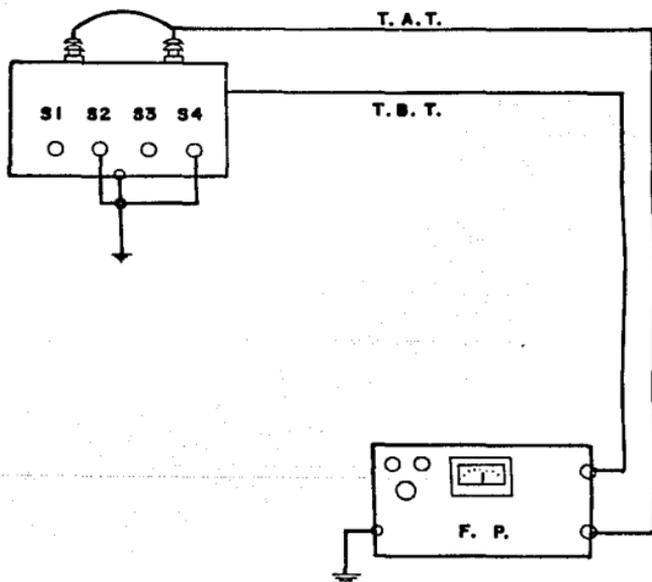
PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA DEL AISLAMIENTO
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0205-2



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	T. A. T.	T. B. T.	SELECTOR	
I	PI - P2	CAJA	GROUND	CPYCPS

Fig. 5.20 TRANSFORMADORES DE POTENCIAL .

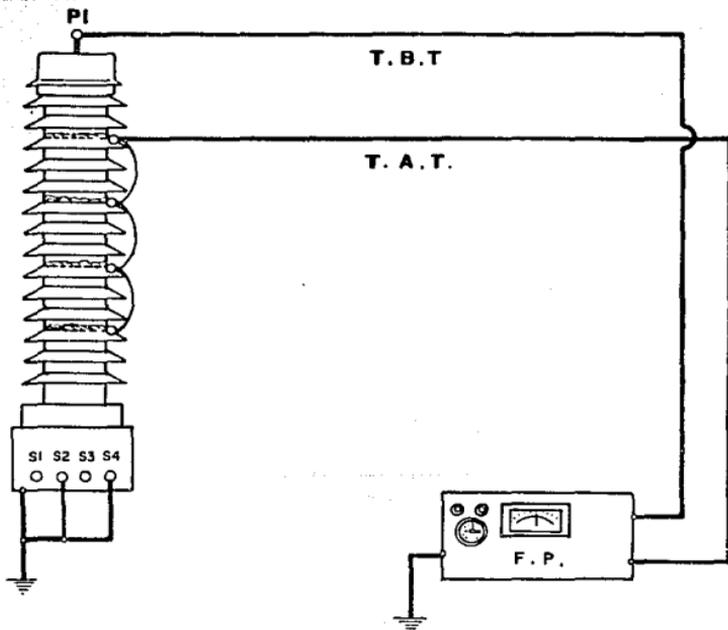
PRUEBA A T.P. CON 2 TERMINALES DE A.T.
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0205-2
(FACTOR DE POTENCIA)



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	T. A. T.	T. B. T.	SELECTOR	
1	P1 - P2	CAJA	GROUND	C1 y C2
2	P1	P2	GUARDA	C1
3	P2	P1	GUARDA	C2

Fig. 5.21 TRANSFORMADORES DE POTENCIAL .

PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA DEL AISLAMIENTO
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0205-2



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	T. A. T.	T. B. T.	SELECTOR	
I	COLLARES	PI	GROUND	CH

el Gaps o suciedad en los elementos autovalvulares, humedad, sales metálicas así como corrosión de los Gap., porcelanas despostilladas o porosas etc.: A través de los valores de pérdidas en mW.

Debido a las diferencias de elementos de construcción que presenta cada fabricante, ha sido sumamente difícil normalizar los valores de aceptación así como se ha podido establecer factores de corrección por temperatura debido a la gran variedad en los componentes internos, por lo que se recomienda efectuar las pruebas a la misma temperatura que las pruebas anteriores.

Como conclusión a las experiencias obtenidas por diferentes fabricantes se ha obtenido una serie de valores de pérdidas a diferentes grupos de tensiones las cuales se pueden considerar aceptables: Dichos valores se indican en la siguiente:

TABLA DE VALORES EN MW PERMISIBLES EN APARTARRAYOS

MARCA	TENSION NOMINAL EN KV	PERDIDAS EN mW A 2.5 kV
O.B.	9	71.0 - 80.0
	15	31.0 - 40.0
	25	8.0 - 8.9
	30	9.0 - 10.0
	27	8.0 - 8.9
	60	11.0 - 20.0
	90	2.0 - 2.9
	97	2.0 - 2.9
	109	1.0 - 1.9
	121	1.0 - 1.9
	195	3.0 - 3.9
G.E.	9	21.0 - 25.0
	15	6.0 - 10.0
	25	3.0 - 3.9
	30	3.0 - 3.9
	37	2.0 - 2.0
	60	1.0 - 5.0
	90	1.0 - 5.0
	97	1.0 - 5.0

W.E.	9	241.0 - 360.0
	15	161.0 - 180.0
	25	91.0 - 100.0
	30	81.0 - 90.0
	37	61.0 - 70.0
	60	31.0 - 40.0
	90	31.0 - 40.0

O.B.- OIL BRASS

G.E.- GENERAL ELECTRIC

W.E.-

PREPARACION DEL EQUIPO PARA LA PRUEBA

- Librar completamente el apartarrayo, es decir, desconectarlo completamente.
- Limpiarlo perfectamente
- Normalmente no es recomendable que las reparaciones en los sellos de los Gap se intente en el campo.

CIRCUITOS DE PRUEBA

En las figuras 5.22 y 5.23 se representan las conexiones de los circuitos de prueba de factor de potencia de apartarrayos.

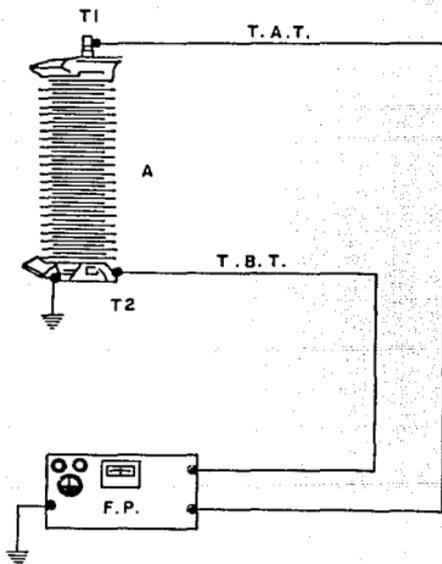
INTERPRETACION DE RESULTADOS

El análisis de las pruebas de apartarrayos, se basa normalmente en los valores de las pérdidas en mW.

Algunos defectos más comunes en los apartarrayos, cuando las pérdidas son más altas que lo normal, son: contaminación por humedad, suciedad o polvo de positado dentro de la superficie interior de la porcelana, o bien, una contaminación de la superficie exterior del sello del Gap dentro de la porcelana, Gap's corroídos, porcelana quebrada y depósitos de sales de aluminio, aparentemente producidos por la interacción entre humedad y productos resultantes por efecto corona; dichas pérdidas pueden ser restauradas a valores normales con el lavado de las superficies contaminadas.

Cuando las pérdidas son más bajas que la normal; éstas se han obtenido en los casos de unidades que tienen rotos los resistores shunt; así como en apartarrayos cuyo circuito está dañado, causado por rotura de los elementos de preionización.

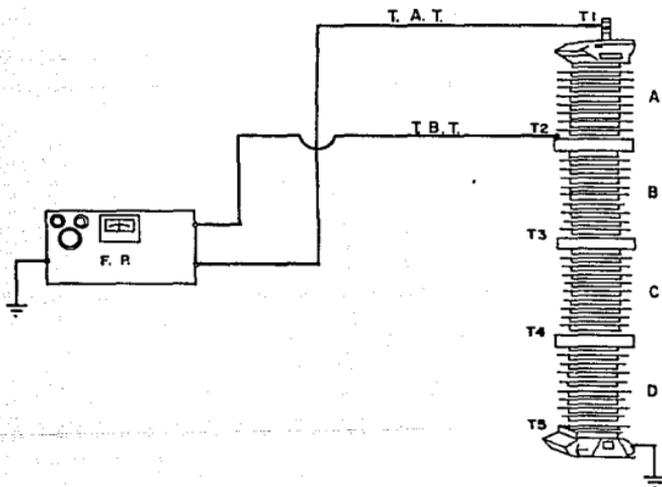
**FIG. 5.22 APARTARRAYOS
PRUEBA DE FACTOR DE
POTENCIA APARTARRAYOS
EN UNA SOLA UNIDAD UTILIZAR
LA FORMA DE REPORTE 7.0208**



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	T. A. T.	T. B. T.	SELECTOR	
I	T1	T2	GROUND	A

Fig. 5.23 APARTARRAYOS

PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA
 APARTARRAYOS EN VARIAS UNIDADES
 UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0208



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	T. A. T.	T. B. T.	TIERRA	SELECTOR	
1	T1	T2	T5	GROUND	A
2	T2	T1	T3, T5	GUARDA	B
3	T3	T2	T4, T6	GUARDA	C
4	T4	T3	T5	GUARDA	D

APLICACION DE LA PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA A BOQUILLAS GENERALIDADES

Las boquillas de cualquier aparato pueden probarse por cualquiera de los siguientes métodos:

- a) Especimen de prueba aterrizado. Esta es una medición de las cualidades aislantes del aislamiento entre el conductor de corriente o conductor central y el bastidor de montaje de una boquilla. La aplicación de ésta prueba es limitada obviamente, a boquillas desconectadas del aparato. La prueba se realiza energizando el conductor por medio de la terminal de alta tensión y aterrizando el bastidor de montaje con la de baja tensión.
- b) Prueba de collar caliente. Esta es una medición de la condición de una pequeña sección específica del aislamiento de la boquilla entre el área de los faldones y el conductor. Se hace energizando uno o más collares situados alrededor de la porcelana de la boquilla, aterrizando el conductor central. Estas pruebas son de gran efectividad para detectar rajaduras en la porcelana y bajo nivel del líquido o compound.
- c) Prueba de Especimen de prueba no aterrizado. (UST). Esta es una medición del aislamiento entre el conductor central y el derivador capacitivo, derivador de factor de potencia o brida no aterrizada de una boquilla. Esta prueba puede aplicarse a cualquier boquilla, instalada o no, que éste equipada con un derivador de éste tipo. Todas las boquillas de 66 KV en adelante, de fabricación reciente la tienen. Se efectúa conectando la terminal de alta tensión a la terminal de la boquilla y la de baja tensión al derivador capacitivo.

CIRCUITOS DE PRUEBA

En las figuras 5.24 y 5.25, se muestran las conexiones para las pruebas de factor de potencia a boquillas.

INTERPRETACION DE RESULTADOS

Una guía general para pruebas de collar caliente, es la de considerar 6.0 mW de pérdidas a 2.5 KV como máximo para todo tipo de boquillas, para considerarlos como valores aceptables.

Para las boquillas que tengan Tap capacitivo, los valores que se obtengan de MVA, deberán ser convertidos a microfarad's, con el objeto

FIG. 5.24 BOQUILLAS

PRUEBAS DE FACTOR DE POTENCIA
UTILIZAR FORMA DE REPORTE 7.0201

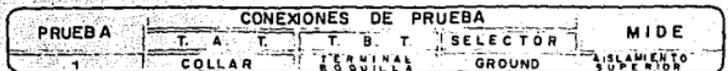
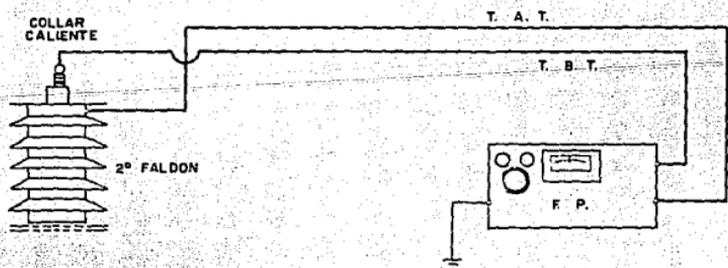
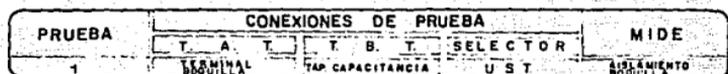
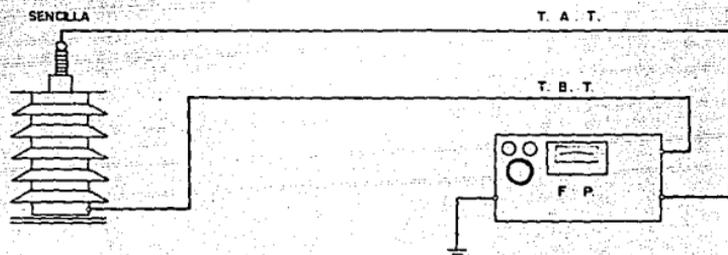
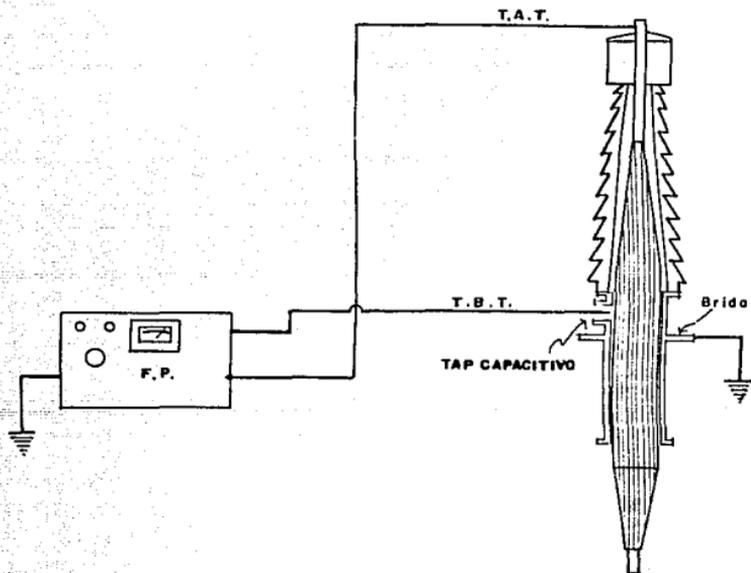


Fig. 5.25 BOQUILLAS

FACTOR DE POTENCIA UTILIZAR FORMA
DE REPORTE. 7.0201

PRUEBA DE "UST" A BOQUILLA TIPO
CONDENSADOR CON TAP CAPACITIVO.



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	T.A.T.	T.B.T.	SELECTOR	
I	TERMINAL BOQUILLA	TAP CAPACITIVO	U S T	AI SLAMI ENTO TAP CAPACITIVO

de hacer la comparación con el dato de placa que proporciona el fabricante, cuando éste sea el caso, o bien, si el dato de placa se da en factor de potencia; calcular éste de los mVA y mW obtenidos de la prueba para efectuar la comparación correspondiente.

APLICACION DE LAS PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA A CABLES DE POTENCIATERMINALES Y ACCESORIOS

En la puesta en servicio y como rutina, se debe efectuar la prueba con el probador de factor de potencia; el cable que se ha probado deberá desconectarse de servicio. El procedimiento consiste en aplicar el voltaje de prueba al conductor, con la cubierta del cable aterrizada perfectamente.

En las pruebas de cables multiconductores, cada uno deberá probarse individualmente con los demás conductores aterrizados, otra prueba podrá efectuarse con todos los conductores juntos y energizados.

El factor de potencia a 20°C, con aislamiento de papel, es menor siempre que el 0.5%. Para cables con barniz cambridge es de uno al 9%, para caucho y otros materiales se obtendrán valores de 4 a 6%.

APLICACION DE LA PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA A ACEITES AISLANTES

Probablemente esta prueba sea la más importante a efectuar en aceite, y que nos da una idea clara respecto a su contaminación y deterioro.

El factor de potencia de un aceite es la relación de la potencia disipada en watts en el aceite, entre el producto del voltaje efectivo y la corriente, expresado en voltampers. Esto es numéricamente equivalente al coseno del ángulo de fase o al seno del ángulo de fase o al seno del ángulo de pérdidas; es una cantidad adimensional, expresada normalmente en porcentaje.

La prueba de factor de potencia al aceite, al igual que el de cualquier aislante, nos da una indicación de las fugas de corriente cuando se le sujeta a un esfuerzo de voltaje de tal suerte que, entre mayor sean estas fugas, mayor será el factor de potencia; es una prueba discriminatoria, es decir, que si el factor de potencia es bajo, por lo general, el aceite es bueno; caso contrario, si este valor es alto se puede considerar sospechoso.

Normalmente un aceite nuevo, seco y desgasificado, alcanza valores de factor de potencia de 0.05 % relacionado a 20°C.

EQUIPO

Para efectuar la prueba del factor de potencia del aceite, se utiliza el probador tipo MEU-2500 de la Doble Engineering Co., que cuenta con una celda especialmente preparada para ello, la cual es en esencia un capacitor que utiliza al aceite como medio dieléctrico.

PREPARACION DE LA MUESTRA

Deben tomarse las precauciones necesarias para que la muestra de aceite sea verdaderamente representativa del equipo, ya sea transformador o interruptor; para ésto, debe purgarse suficiente aceite de la válvula de muestreo del equipo que se esté probando, para que cualquier suciedad o agua acumulada en esta válvula, sea drenada antes de llenar la celda.

Las burbujas de aire, el agua y otros materiales extraños son la causa de la ruptura dentro de la celda. Si la muestra se deja reposar durante un corto tiempo, antes de efectuar la prueba, el aire atrapado podrá escapar y las partículas de material extraño se depositarán en el fondo de la celda.

Para efectuar la prueba, se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a) Se debe tener extrema precaución con las partes vivas tanto para el personal, como para el equipo ya que el voltaje es alto.
- b) Es muy importante limpiar perfectamente la celda, pues de ello depende la confiabilidad de los resultados.
- c) Manejar la celda con mucho cuidado, tanto al ser utilizada, como al transportarla, para conservarla en buen estado; ya que las escoriaciones y abolladuras restan confiabilidad a los resultados.

PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

Primeramente, para efectuar esta prueba deberán tenerse listo y en condiciones de operar el equipo MEU-2500, conectándose en él todas las puntas de pruebas o terminales.

Las pruebas se efectúan, levantando la cubierta y llenando la celda con aceite hasta una altura aproximada de 3/4", arriba de los cilindros interiores de la celda. Hecho ésto se cubre de nuevo con la tapa, asegurándose que quede ajustada apropiadamente. La celda debe estar sobre una base nivelada, de tal forma que la superficie del

PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA AL ACEITE

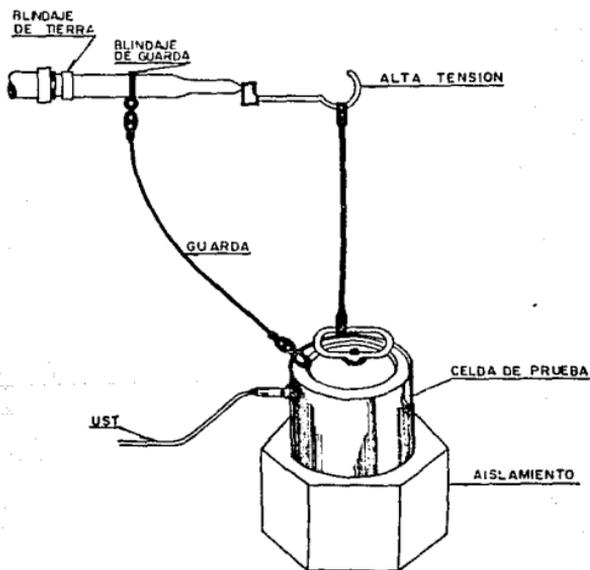
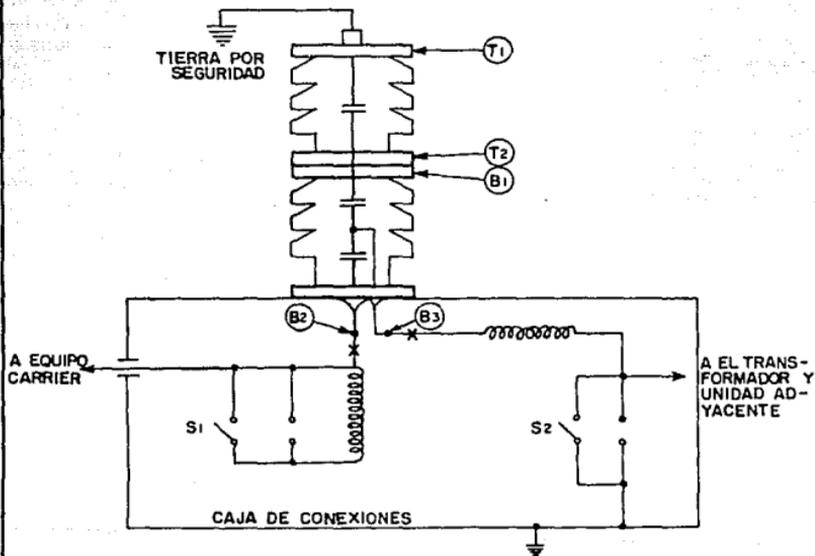


FIG. 5.27.- CONEXIONES PARA LA PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA DE LIQUIDOS AISLANTES.

5.27 PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA AL
CONDENSADOR DE ACOPLAMIENTO.
REPORTE 7.0211

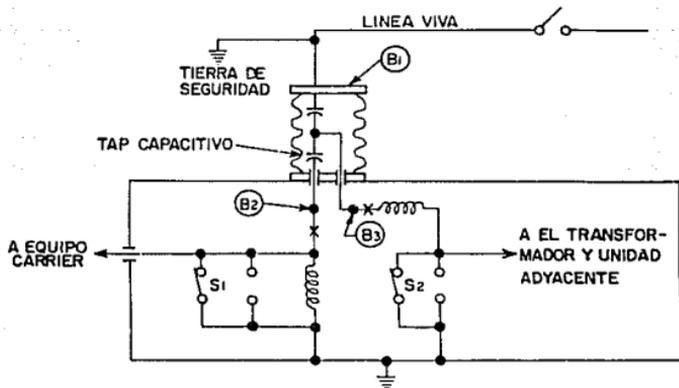


NOTA: DESCONECTAR B2 Y B3 PARA PROBAR EL EQUIPO

AISLAMIENTO MEDIDO	ENERGIZAR	A TIERRA	A GUARDA	UST
C (T2 - T1)	B1, T2	T1	B3	—
C (B1 - B3)	B1, T2	T1	—	B3
C (B1 - B2)	B1, T2	T1	—	B2
C (B3 - B2)	B3	T1	—	B2

**FIG 5.29 PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA
UTILIZAR FORMA DE REPORTE 7.0211**

**PROCEDIMIENTO DE PRUEBA PARA CONDENSADORES DE
ACOPLAMIENTO CON TAP CAPACITIVO.**



PROCEDIMIENTO DE PRUEBA PARA CONDENSADOR DE ACOPLAMIENTO

A MEDIR	ENERGIZAR	TIERRA	GUARDA	UST
C (B2-B1)	B2 [⊛]	B1	—	—
C (B3-B2)	B3 [⊛]	B1	—	B2
C (B3-B1)	B3 [⊛]	B1	B2	—

EN ALGUNOS CASOS PUEDE SER CONVENIENTE DESCONECTAR LA TERMINAL DE LA LINEA (DESPUES DE ATERRIZAR) EN UNA INSTALACION UNITARIA-INDIVIDUAL. EN ESOS CASOS, LAS PRUEBAS PUEDEN SER HECHAS COMO SIGUEN.

A MEDIR	ENERGIZAR	TIERRA	GUARDA	UST
C (B1-B3)	B1	—	—	B3
C (B1-B2)	B1	—	—	B2
C (B3-B2)	B3 [⊛]	—	—	B2

⊛ EL VOLTAJE DE PRUEBA NO EXCEDERA EL RANGO DEL TAP CAPACITIVO.

aceite quede también nivelada. Posteriormente se harán las conexiones del probador a la celda, para lo cual, el gancho del cable de alta tensión se conecta a la manija de la celda, la terminal de baja tensión se conecta al cilindro metálico de la celda y el anillo de "Guard" del cable de alta tensión al tornillo de "Guard" de la celda. La figura 5.26 muestra la conexión de la prueba.

El Voltaje de Prueba debe aumentarse gradualmente hasta 2.5 kV. Como el espacio entre las placas de la celda es de 3/16 de pulgada, el aceite no debe fallar respecto a su tensión de ruptura a este voltaje, a menos que esté en muy malas condiciones. Se registran las lecturas del medidor y se calcula el factor de potencia.

INTERPRETACION DE RESULTADOS.

Un aceite con un factor de potencia de 0.5% a 20°C, es usualmente considerado satisfactorio para operación.

Un aceite con un valor de factor de potencia entre 0.6% y 2% a 20°C, debe ser considerado su estado como riesgoso, la confiabilidad para seguir operando en estas condiciones será muy arriesgada. Por lo que deberá ser investigado y completamentado con un análisis de pruebas químicas, para reacondicionarlo o reemplazarlo.

Inmediatamente después de efectuar la prueba, deberá tomarse la temperatura del aceite, cuando todavía permanezca en la celda, a fin de poder referir a 20°C el valor de potencia calculando, de acuerdo con los factores de la tabla siguiente.

APLICACION DE LA PRUEBA DE F.P. A CONDENSADORES DE ACOPLAMIENTO.

La fig. 5.27 y 5.28 nos indican las conexiones de prueba y las precauciones a seguir, así como su medición.

CAPITULO VI

CORRIENTE DE EXCITACION

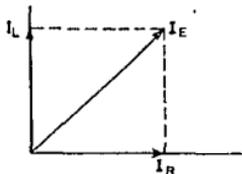
6.1 TEORIA BASICA

Las pruebas de corriente de excitación, son usadas para localizar ciertos tipos de fallas en transformadores tales como: defectos en la estructura del núcleo magnético, fallas de aislamiento entre espiras del devanado, falsos contactos o laminaciones sueltas en los núcleos, desplazamiento de devanados y núcleos, etc.

Cualquiera de estas fallas, incrementa la reluctancia aparente del circuito magnético y es detectado por la corriente de excitación requerida para dar un flujo a través del núcleo. También otros problemas como devanados incorrectamente conectados y defectos en el cambiador de tap's son detectados.

La corriente de excitación de un transformador, es aquella que se obtiene en el devanado primario al aplicar a éste un voltaje, manteniendo al transformador sin carga, es decir, el secundario en circuito abierto.

La corriente de excitación consta de dos componentes: Una en cuadratura (I_L) y otra en fase (I_R). La componente en cuadratura corresponde a la corriente reactiva magnetizante del núcleo, mientras la componente en fase incluye pérdidas en el núcleo, cobre y aislamiento.



(Fig. 6.1 diagrama vectorial de corriente).

Donde:

I_E .- Corriente de excitación del devanado del transformador

I_L .- Corriente Magnetizante, componente.

I_R .- Corriente de pérdidas, componente.

La magnitud de la corriente de excitación, depende en parte del voltaje aplicado, del número de vueltas en el devanado, de las dimensiones del devanado, de la reluctancia y de otras condiciones tanto geométricas como eléctricas que existe en el transformador.

TECNICA APLICADA

La prueba de excitación se realiza en el campo mediante el equipo medidor de factor de potencia; los mejores resultados se obtienen con el equipo de 10 KV.

Una razón por la cual se prefiere el equipo de 10 KV, es que se requiere pruebas de investigación las cuales es necesario efectuar en el rango de 2 a 10 KV y por limitación de capacidad en el aparato de 2.5 KV éste no es utilizable.

En el caso de un transformador monofásico, bastará conectar directamente un amperímetro en uno de los extremos del devanado energizado. En un transformador trifásico conectado en estrella, la corriente de excitación puede medirse aplicando voltaje independientemente a cada una de las fases y conectando un amperímetro en serie entre el neutro y tierra, en éste caso se puede observar que la corriente a la pierna central es menor que las otras dos fases, debido a que la reluctancia del circuito magnético es menor.

Para devanados conectados en delta, el problema de medición de las corrientes de excitación se complica, por lo cual se analiza e incluye una descripción de la distribución del flujo en el núcleo para cada una de las conexiones propuestas, así como sus efectos en la apreciación de la medición.

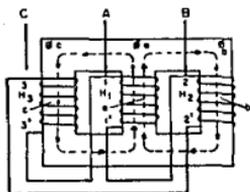
La Figura No. 6.2 nos muestra el núcleo de un transformador trifásico con una bobina en cada fase. La bobina 1-1', está devanada en la pierna "A" la bobina 2-2' en la pierna "B", y la bobina 3-3' en la pierna "C".

La figura 6.3 nos muestra esquemáticamente el mismo devanado conectado en delta.

Suponiendo que los voltajes aplicados a las fases A, B y C están balanceados, la corriente en cada devanado será la corriente de excitación en cada pierna, teniendo entre el voltaje y la corriente aplicada, un ángulo muy próximo a los 90° . La suma de las corrientes instantáneas en cualquier instante será igual a cero: asimismo la suma de los 3 voltajes también será cero.

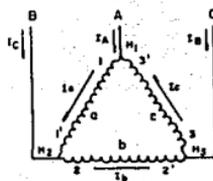
- a) En las figuras 6.4 y 6.5 el voltaje de prueba es de 10 KV R.M.S.
- b) El voltaje en terminales es de valor máximo positivo en ese instante.

CONEXIONES DE DEVANADOS Y FLUJOS EN TRANSFORMADORES



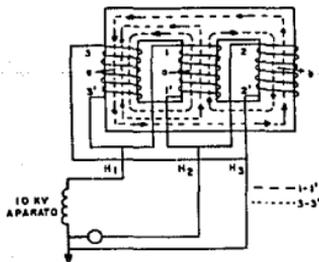
TRANSFORMADOR DE COLUMNAS CON
NUCLEO, DEVANADOS Y FLUJOS

FIG. 6.2



CONEXION DE DEVANADOS EN UN
TRANSFORMADOR TRIFASICO

FIG. 6.3



NUCLEO, DEVANADOS Y FLUJOS
CORRESPONDIENTES A LA FIGURA 47

FIG. 6.4

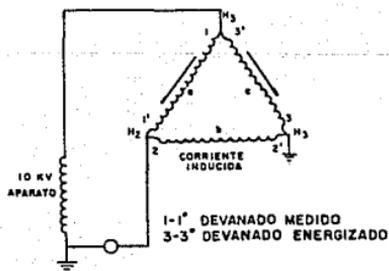


FIG. 6.5

c) Por tanto la magnitud y dirección de los flujos en el núcleo se basa en éstas dos condiciones anteriores.

La figura No. 6.4 muestra el flujo producido en el núcleo por la corriente en los dos devanados, la dirección puede determinarse fácilmente aplicando la regla del sacacorcho o de la mano derecha.

El devanado 1 - 1' produce un flujo hacia arriba en la pierna central "a", dividido por igual en las otras dos piernas la corriente en el devanado 3' - 3 producen un flujo hacia abajo en la pierna "C", que regresa a través de las piernas "a" y "b". Una gran parte de este flujo va a través de la pierna "a", en virtud de que su trayectoria es mucho más corta que la pierna "c", notese que ambos flujos están en conjunción en las piernas "a" y "c" siendo el coeficiente de acoplamiento de un alto valor; en la pierna "b" los dos flujos se encuentran en oposición, por lo que el flujo resultante inducido en el devanado 2 - 2' en la pierna "b" es menor.

Refiriendonos a la figura No. 6.5. El devanado en la pierna B, el ampermetro y la tierra, constituyen una malla o circuito cerrado, y circula una corriente inducida de un valor desconocido por la fuente del aparato sin pasar por el medidor.

Bajo estas condiciones de prueba es común caer en el error de considerar que la corriente medida sea la corriente total de excitación. Para la medición de la corriente de excitación, podemos decir como conclusión que la interrelación de flujo, en los tres devanados, juegan un papel de mucha importancia.

Así mismo no debe olvidarse, que se producirán los siguientes fenómenos:

- a) En devanados trifásicos al aplicar el voltaje en el devanado bajo prueba se produce un flujo que a su vez inducirá otro en los devanados adyacentes. La resultante de estos últimos será prácticamente igual al flujo original o de prueba. Casi igual al de otro devanado que no está en prueba, pero que está aterrizado en un extremo y energizado en el otro.
- b) El total de ampervueltas para el devanado medido, producirá el flujo que se requiere para la condición anterior.
- c) La suma de flujos en las tres piernas deberá ser cero.

6.2 PROCEDIMIENTO

- 1.- Tomar en cuenta lo establecido en el punto sobre recomendaciones generales de prueba.
- 2.- Desenergise y desconecte de sus terminales externas todas las boquillas del transformador.
- 3.- Todas las pruebas de excitación deberán efectuarse en el devanado de más alto voltaje.
- 4.- Cada devanado deberá medirse en dos direcciones, es decir, primero se energiza una terminal y se toman sus lecturas y posteriormente se energiza la otra terminal tomando también sus lecturas correspondientes:
Como se verá posteriormente.
- 5.- Desconecte el neutro del devanado que se encuentra bajo prueba debiendo permanecer aterrizados los neutros de baja tensión.
- 6.- Verificar que el tanque este perfectamente aterrizado.
- 7.- Cerciórese de que los devanados no energizados en la prueba están libres de toda proximidad de personal, cables, etc.
- 8.- El voltaje de prueba en los transformadores, no deberá exceder el valor del voltaje nominal del devanado bajo prueba.
 - a) El voltaje de prueba en los devanados conectados en estrella no deberá exceder el voltaje de línea a neutro.
 - b) El voltaje de prueba no deberá exceder el voltaje de línea a línea en los devanados conectados en delta.
- 9.- Debido al comportamiento no lineal de la corriente de excitación a bajos voltajes de prueba, es importante que las pruebas se realicen a valores lo más exactos posibles en cuanto a voltaje y lectura de corriente para poder comprobar los resultados posteriormente.
- 10.- Se recomienda que para equipo con cambiador de taps, deberán efectuarse cuando menos dos pruebas; una en el tap mas alto y otra en el tap mas bajo. De preferencia, efectuarse pruebas tap por tap. Incluyendo las posiciones de neutro en cambiadores de carga.
- 11.- Antes de efectuar cualquier medición, al ajustar el voltaje de prueba, con el selector en posición "Check" verifique que se establezca la aguja del medidor MVA's y MW's. si se cumple lo anterior se procede al ajuste de plena escala de ésta última aguja.

- 12.- Si el punto anterior no se puede cumplir puede deberse a que exista un magnetismo remanente fuerte, de aquí se recomienda desmagnetizar el núcleo de acuerdo con el tipo de conexión que se tenga en los devanados. Otra causa de inestabilidad de la aguja puede deberse a inducción externa de alto valor.

6.3 APLICACION DE LA PRUEBA DE CORRIENTE DE EXCITACION A TRANSFORMADORES.

Los transformadores sufren frecuentemente fallas por daños en sus devanados y núcleos, por los esfuerzos mecánicos de los cortos circuitos, por golpes en su transportación; los cuales provocan corto circuito entre espiras, sobre calentamientos, desplazamientos de devanados y núcleos, etc. Los métodos más usados para detectar éstos daños, son normalmente por pruebas e inspecciones visuales, entre las que se encuentra la prueba de corriente de excitación.

La determinación de este tipo de falla es de suma importancia para el personal que tiene bajo su responsabilidad la operación, mantenimiento y puesta en servicio de los transformadores, ya que pueden evitarse con anterioridad posibles fallas, que pueden ser de consideración si no son detectadas a tiempo.

LIMITACIONES

De acuerdo con experiencias en las pruebas de corriente de excitación el factor que afecta las lecturas, en forma relevante, es el magnetismo remanente en el núcleo del transformador bajo prueba. Este magnetismo es indeseable por dos razones:

- 1.- Al volver a conectar un transformador con magnetismo remanente, la corriente INRUSH aumenta considerablemente.
- 2.- Puede originar valores anormales de corriente de excitación durante las pruebas, al analizar las condiciones de los devanados o alguno en especial.

Desafortunadamente no existe un método simple para medir el magnetismo remanente, ya que el valor y la polaridad cambian en virtud de que dependen del punto de la curva de histéresis, en el cual la corriente se interrumpió.

El Método más empleado para eliminar el magnetismo remanente es la aplicación de una corriente directa, inversa al devanado. Este método se basa en utilizar corrientes altas, las cuales pueden ser obtenidas con acumuladores, aprovechando la baja resistencia ohmica de los devanados del transformador. La ventaja de este método, es que podemos aplicar voltajes de 6, 12 ó 24 volts que normalmente se utilizan en acumuladores de automóvil, trailer o equipos de tracción y por lo tanto, estas fuentes de alimentación se consiguen fácilmente.

PREPARACION DEL EQUIPO PARA LA PRUEBA

- a) Librar al equipo completamente asegurándose que se encuentran abiertas las cuchillas seccionadoras correspondientes: así como desconectar todas las terminales primarias y secundarias de él.
- b) Drenar todas las cargas estáticas, aterrizando las terminales de las boquillas.
- c) Conectar el tanque y el neutro del secundario, sólidamente a tierra.
- d) Usar el aparato y voltaje de prueba adecuado, en base al equipo a probar.
- e) La prueba de corriente de excitación se deberá afectar en el lado de más alto voltaje.
- f) Colocar el probador sobre una base firme y bien nivelada.
- g) Conectar adecuadamente el probador al equipo en estudio según corresponda; hacer las medidas y registrar las lecturas en el formato correspondiente.
- h) Al terminar la prueba, ponga fuera de servicio el instrumento y aterrice nuevamente el equipo objeto del ensayo.

Circuitos de Prueba

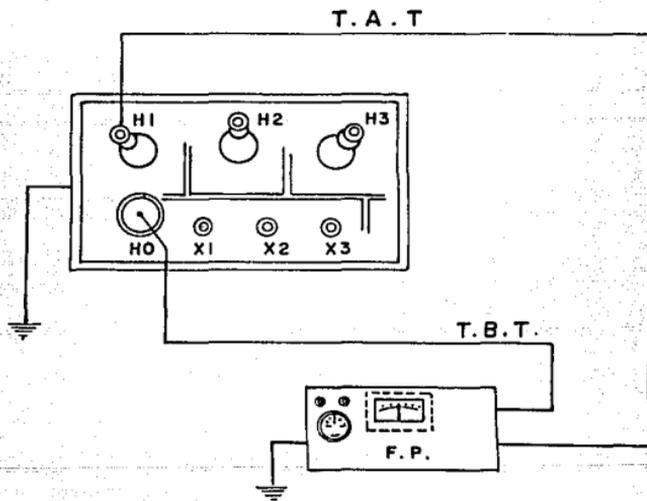
En las figuras, de la 6.6 a la 6.10 se muestran las conexiones de prueba de corriente de excitación para los transformadores de 2 y 3 devanados, autotransformadores. Transformadores de instrumento y reguladores de voltaje, en los cuales es aplicable ésta prueba.

6.4 Interpretación de resultados

Una corriente excesiva puede deberse a un corto circuito entre dos o varias espiras del devanado cuyo valor se adiciona a la corriente

Fig. 6.6 TRANSFORMADORES DE DOS DEVANADOS.

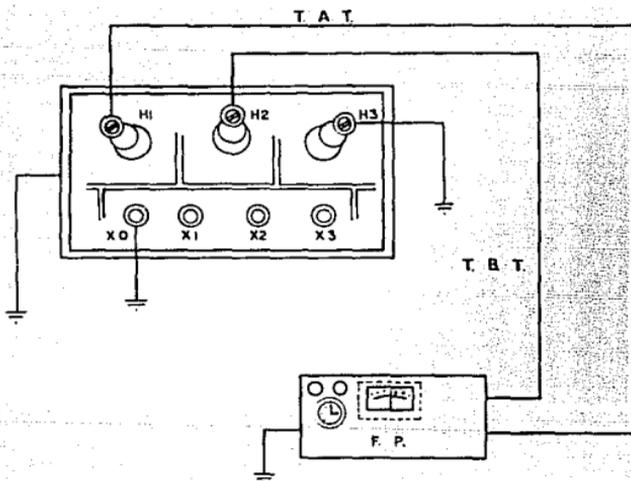
PRUEBA DE
CORRIENTE DE EXCITACION - TRANSF. CON A.T.
EN DELTA
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0200-6



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	T. A. T.	T. B. T.	SELECTOR	
1	H1	HO	UST	I 10
2	H2	HO	UST	I 20
3	H3	HO	UST	I 30

FIG. 6.7- TRANSFORMADORES DE DOS DEVANADOS

- PRUEBA DE CORRIENTE DE EXITACION - TRANSF. CON A.T. EN ESTRELLA.
 - - - UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0200-6

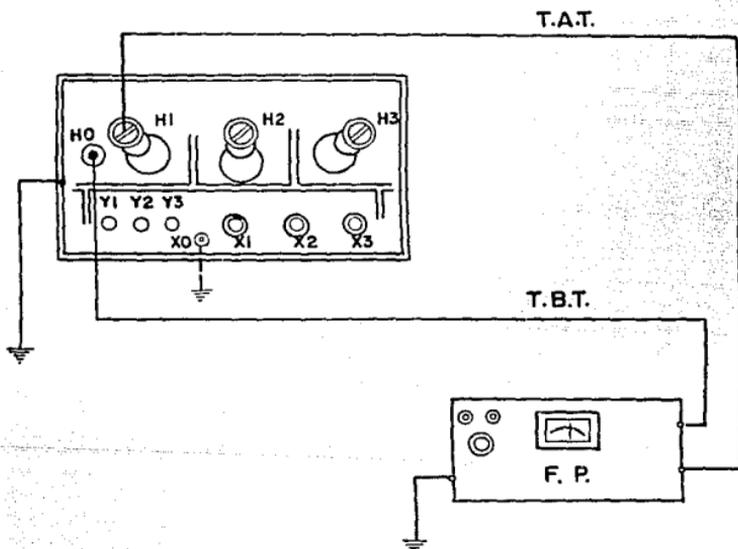


PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	T. A. T.	T. B. T.	ATERRIZAR	SELECTOR	
1	H 1	H 2	H 3	UST	I 12
2	H 2	H 3	H 1	UST	I 23
3	H 3	H 1	H 2	UST	I 31

Fig. 6.8 TRANSFORMADORES DE TRES DEVANADOS.

PRUEBA DE
CORRIENTE DE EXCITACION

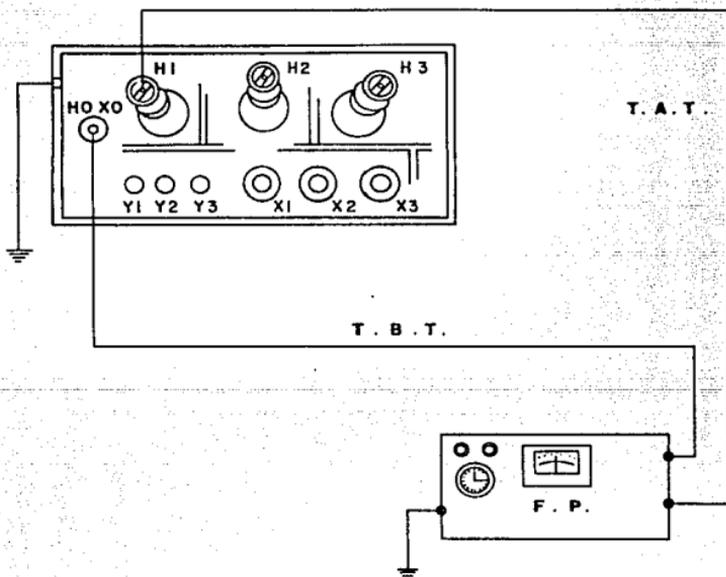
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE. 7.0200-6



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	T. A. T.	T. B. T.	SELECTOR	
1	H 1	H 0	UST	1 10
2	H 2	H 0	UST	1 20
3	H 3	H 0	UST	1 30

FIG. 6.9 - AUTOTRANSFORMADORES

- PRUEBA DE CORRIENTE DE EXCITACION
- UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7-0200-6

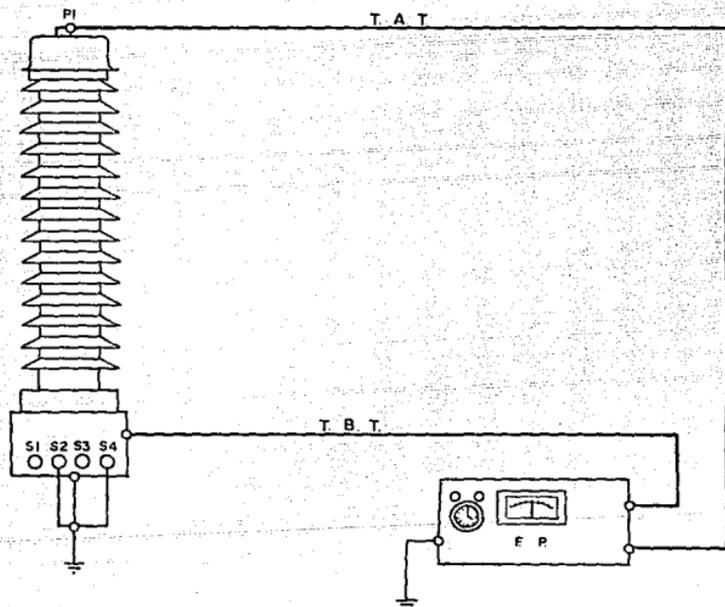


PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	T. A. T.	T. B. T.	SELECTOR	
1	H 1	HO X 0	U S T	I 10
2	H 2	HO X 0	U S T	I 20
3	H 3	HO X 0	U S T	I 30

FIG. 6.10 - TRANSFORMADORES DE POTENCIAL

— PRUEBA DE CORRIENTE DE EXITACION.

— UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE. 7.0200-6



PRUEBA	— CONEXIONES DE PRUEBA —			MIDE
	T. A. T.	T. B. T.	SELECTOR	
I	PI	CAJA	UST	IO

normal de excitación. También el exceso de corriente puede deberse a defectos dentro del circuito magnético como pueden ser: fallas en el aislamiento de los tornillos de sujeción del núcleo o al aislamiento entre laminaciones.

Se recomienda que los resultados se comparen entre unidades similares cuando se carece de datos anteriores o alguna estadística sobre el equipo bajo prueba, que permite efectuar dicha comparación.

Para cada devanado, conectado en Delta o en Estrella, tenemos que efectuar dos pruebas para cada uno de los tres devanados; realizar en total seis pruebas (por Tap).

Si la corriente registrada para cada fase es la misma al efectuar la prueba en los dos sentidos (H1-H2) y (H2-H1), éstas lecturas serán la corriente de excitación por fase.

CAPITULO VII

RIGIDEZ DIELECTRICA

7.1 TEORIA BASICA GENERAL

FINALIDAD DEL ACEITE AISLANTE Y SUS PROPIEDADES

Es muy importante la función desempeñada por los aceites derivados del petróleo, que se utilizan como aislante, refrigerantes o como un medio para extinguir el arco eléctrico, tiene aplicación en transformadores, interruptores, reguladores, seccionadores, reactores, capacitores, etc.

Cada pipa de aceite que se adquiere, es muestreada para probarse en el laboratorio, realizándole pruebas Físicas, químicas y eléctricas, para comprobar sus características completas.

En México se utiliza aceite aislante en equipo eléctrico desde baja tensión hasta 400 KV, y debido a que en los equipos se tiende a reducir distancias dieléctricas, es necesario mejorar las características de los aceites aislantes ya que las condiciones de trabajo, la intensidad del campo eléctrico y la temperatura de operación son más drásticas en equipo moderno, incluyendo directamente en la confiabilidad y la vida útil del equipo .

FINALIDAD DEL ACEITE AISLANTE

La finalidad del aceite aislante, utilizado en equipo eléctrico es:

- a) Proveer un aislamiento eléctrico adecuado
- b) Como agente refrigerante transportando el calor de núcleo y bobinas a la zona de disipación final.
- c) Extinguir el arco eléctrico y arrastrar las partículas que se forman durante el mismo.
- d) Proteger a los aislamientos sólidos contra la humedad y el medio ambiente.

PROPIEDADES DEL ACEITE AISLANTE

El aceite aislante usado en equipo eléctrico, deberá tener adecuada rigidez dieléctrica para que soporte los esfuerzos eléctricos en condiciones normales de operación, debe poseer alta resistencia a la gasificación, para reducir el riesgo de flameo debido al gradiente de potencial de corona.

Debe poseer baja viscosidad para circular y transferir el calor

generado, mejorando la impregnación en los aislamientos sólidos y fluir a bajas temperaturas para evitar la congelación en lugares fríos, ya que el aceite congelado pierde sus propiedades dieléctricas. Debe tener una alta temperatura de inflamación e ignición por seguridad. Tendrá un bajo factor de potencia y sus pérdidas dieléctricas no deben ser excesivas, su resistividad volumétrica debe ser alta, reduciéndose la corriente de fuga y el riesgo de descarga térmica, debe poseer estabilidad Química. Evitando el deterioro o su contaminación por efectos de los materiales del equipo eléctrico, no deberá descomponerse en lodos que dificultarían su circulación natural a través de los ductos de enfriamiento.

La rapidez con que se envejece un aceite aislante en un equipo eléctrico, depende de los siguientes factores:

- 1.- Del tipo de crudo
- 2.- Del método de refinación utilizado
- 3.- De la temperatura de operación
- 4.- De la intensidad del campo eléctrico
- 5.- De la relación Cobre-Aceite
- 6.- Del sistema de preservación utilizado
- 7.- De los inhibidores utilizados
- 8.- Del programa de mantenimiento preventivo

Se ha encontrado en la práctica, que las propiedades del aceite aislante en servicio, dependen del tipo de crudo y del método de refinación utilizado.

PROPIEDADES DIELECTRICAS DEL ACEITE AISLANTE

En la práctica el aceite que se utiliza en los equipos eléctricos no es un aislante perfecto, es decir existe una cantidad muy pequeña de electrones libres, debido a las impurezas (agua, sustancias polares, ácidos, etc.) que permiten la conducción de la corriente en pequeña escala, trayendo como consecuencia mayores pérdidas.

En las moléculas del aceite aislante existe un equilibrio de carga eléctrica, es decir, el centro de carga positiva coincide con el centro de carga negativa, sin embargo cuando se encuentran en un campo eléctrico, el núcleo experimenta una fuerza en la dirección de la intensidad del campo eléctrico y los electrones sufren fuerzas en

sentido contrario, originando con esto un desplazamiento relativo entre centros de carga, las fuerzas coercitivas de la molécula se oponen a la fuerza del campo eléctrico y cuando se establece el equilibrio, la molécula constituye un dipolo eléctrico, cuyo campo se opone al campo inductor. A este fenómeno se le llama Polarización.

En un aceite existen diferentes polarizaciones (dependiendo de los parámetros: voltaje, frecuencia, humedad, temperatura y deterioro). Tales como:

- a) Polarización Molecular
- b) Polarización Interfacial
- c) polarización Dipolar

Los cuales contribuyen en la corriente de fuga, pérdidas dielécticas y aumento de la constante dieléctrica del aceite, las propiedades dieléctricas más importantes del Aceite Aislante, son las siguientes:

- a) Constante Dieléctrica
- b) Pérdidas Dieléctricas y Conductividad
- c) Resistividad
- d) Rigidez Dieléctrica
- e) Resistencia a la Gasificación

LA CONSTANTE DIELECTRICA. Para gases es mayor que 1, para aceite aislante de transformador es de 2 a 2.3 para aceite aislante de cable de energía es de 2.3 a 2.6 para askarel es de 4.8 para aceite de silicona es de 2.8 y para el agua destilada es de 79.5.

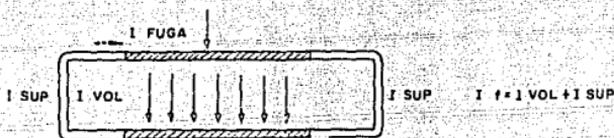
LAS PERDIDAS DIELECTRICAS. En el aceite aislante se deben a la conductividad y a las pérdidas dipolares. El recíproco de la conductividad es la resistividad.

La capacidad de un dieléctrico para conducir la corriente eléctrica bajo una tensión de corriente directa se llama conductividad.

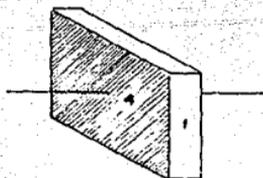
La conductividad en un aceite aislante es inversamente proporcional a la viscosidad por consiguiente aumenta con el incremento de temperatura.

El significado físico de las pérdidas dieléctricas en el aceite se originan, por la polarización del mismo, debido a la agitación térmica, los dipolos se colocan al azar. Cuando se aplica un campo eléctrico de corriente directa, los dipolos se orientan, al

PRUEBAS AL ACEITE AISLANTE



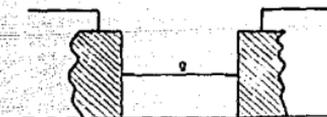
CORRIENTE DE FUGA EN EL ACEITE AISLANTE



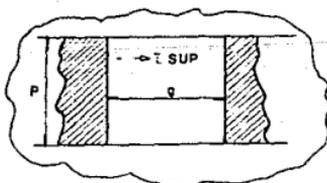
$$\rho VOL = \frac{A}{f} = R VOL$$

A = AREA EFECTIVA DE LOS ELECTRODOS
f = ESPESOR PROMEDIO DEL ESPECIMEN

FIG. 7.1 RESISTIVIDAD VOLUMETRICA EN EL ACEITE AISLANTE



$$\rho SUP = \frac{P}{g} = R SUP$$



g = DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS COLOCADO PARALELAMENTE
P = PERIMETRO EFECTIVO DE LOS ELECTRODOS

FIG. 7.2 RESISTIVIDAD SUPERFICIAL EN EL ACEITE AISLANTE

desaparecer el cargo eléctrico, la orientación de los dipolos se debilita.

Las pérdidas dieléctricas del aceite aislante, en la práctica se determinan solamente por la conductividad, los resultados experimentales sobre la relación factor de disipación ($Tg\delta$) y la conductividad (τ) a 50 y 60 hz. confirman que no existen pérdidas dipolares en el aceite aislante, para un rango de temperatura de 20 a 100°C.

En el aceite aislante existen componentes polares los cuales aumentan el factor de disipación ($Tg\delta$) estos son: compuestos de azufre, de oxígeno, de nitrógeno, hidrocarburos, aromáticos, etc.

Los productos de la oxidación del aceite aislante como son: ácidos de bajo peso molecular, agua, hidróxidos, alcoholes, etc. se disocian fácilmente en iones libres incrementando la conductividad.

Las pérdidas dieléctricas en la presencia de agua, no dependen de la cantidad de ésta sino del estado en que se encuentra.

RESISTIVIDAD Como el aceite aislante no es un dieléctrico perfecto, deja pasar corriente durante el servicio, en magnitudes muy pequeñas comparadas con la corriente que pasa por las partes conductoras del equipo eléctrico. La corriente tiene dos componentes:

Corriente volumétrica y corriente superficial, la corriente total es igual a la suma de las corrientes: la que pasa a través del volumen de aceite aislante (I_{vol}) y la que pasa por la superficie del mismo (I_{sup}).

$$I_t = I_{vol} + I_{sup}$$

Al pasar por las dos trayectorias, la corriente supera las resistencias volumétrica y superficial, y la resistencia total se determina por:

$$R_{ais} = \frac{V}{I_t} : \frac{R_{vol} \cdot R_{sup}}{R_{vol} + R_{sup}}$$

La resistividad volumétrica de un aceite aislante, es el cociente obtenido cuando un gradiente de potencial paralelo a la dirección de la corriente eléctrica que fluye a través del volumen del mismo, está dividido por la densidad de corriente eléctrica, tal como se observa en la fig. 7.1.

La resistividad superficial de un aceite aislante, es el cociente obtenido, cuando un gradiente de potencial paralelo a la dirección de la corriente eléctrica por la corriente en lo ancho de la superficie, tal como se observa en la fig. 7.2

Como conclusión, la resistividad del aceite aislante depende de la estructura química, de la humedad, de las impurezas y de la temperatura.

RIGIDEZ DIELECTRICA. Es una de las características principales del aceite aislante y se define como máximo gradiente del potencial que puede soportar el aceite aislante, sin que se produzca la descarga disruptiva.

En la Práctica se mide la tensión de ruptura dieléctrica, que se define como el gradiente de potencial, en el cual se produce la descarga disruptiva en el aceite aislante.

Los factores que influyen en el cálculo de la rigidez dieléctrica en un aceite aislante son:

- 1.- Efecto del Material, forma, tamaño y distancia de separación de los electrodos.
- 2.- Efecto del contenido de humedad y otras impurezas.
- 3.- Efecto del contenido de Gases.
- 4.- Influencia de la temperatura.
- 5.- Influencia de la Presión.
- 6.- Efecto de la Frecuencia.
- 7.- Efecto del ritmo de elevación de la tensión.
- 8.- Efecto de las ondas de impulso.
- 9.- Efecto de la dispersión de los resultados.

RESISTENCIA A LA GASIFICACION. Cuando el aceite aislante se encuentra sujeto a descarga eléctrica o esfuerzos eléctricos, se ha observado generalmente que empieza a emitir gas.

En un aceite aislante se pueden distinguir dos procesos de evolución del gas:

Liberación del gas que se encuentra disuelto y gasificación por la ruptura de su estructura química. Si el gas emitido contiene hidrógeno e hidrocarburos, indica la descomposición de las moléculas del aceite por las descargas eléctricas, a tal proceso se le conoce como gasificación.

Si el gas emitido no contiene productos de descomposición, el proceso se le conoce como liberación del gas disuelto. Ambas formas de evolución de gas, son nocivas a los equipos eléctricos de muy alta tensión, por tal motivo, el aceite aislante posee en su estructura química una cantidad satisfactoria de hidrocarburos aromáticos para que absorba el gas hidrógeno que se origina durante la descarga eléctrica y además durante el llenado de los equipos eléctricos se debe tener cuidado de desgasificar el aceite.

Las características de gasificación de un aceite aislante dado depende de los parámetros siguientes: Composición, química, naturaleza, contenido total de gases disueltos, frecuencia, temperatura, contenido total de gases disueltos, intensidad de campo eléctrico y tiempo de duración. La resistencia a la gasificación, juega un papel muy importante para el aceite aislante que se utiliza en transformadores de instrumento, los cuales se construyen en forma compacta lo que hace que los aislamientos trabajen a esfuerzos dieléctricos muy elevados.

A pesar de que los transformadores de potencia de muy alta tensión están sometidos a solicitudes dieléctricas menores comparados con los de instrumento, se requiere que el aceite aislante utilizado posea buenas características de resistencia a la gasificación.

7.2 PRUEBAS DE CAMPO

Las pruebas de campo, que se consideran adecuadas para evaluar los aceites aislantes nuevos y usados son:

- 1.- Condición Visual
- 2.- Tensión de Ruptura Dieléctrica
- 3.- Factor de Potencia
- 4.- Acidez
- 5.- Compuestos Polares
- 6.- Contenido de Humedad

CONDICIONES VISUALES. Antes de iniciar el análisis del aceite aislante, es necesario hacer una inspección visual para observar el color, grado de limpieza, presencia de agua libre o sedimentos tales como: partículas metálicas, lodos insolubles, carbón, fibras, suciedad, etc.

TENSION DE RUPTURA DIELECTRICA. Esta prueba sirve para identificar la presencia de contaminantes en suspensión, tales como agua, suciedad, fibras, productos de degradación de materiales aislantes sólidos y líquidos, partículas conductoras, metal, óxidos metálicos, etc. Una o más pueden estar presentes, cuando la tensión de ruptura es baja. Sin embargo un valor alto de tensión no indica la ausencia de todos los contaminantes, es un método de prueba ASTM-877 y 1816.

FACTOR DE POTENCIA Esta característica es muy sensitiva a la presencia de contaminantes solubles y productos debido al envejecimiento del aceite aislante. Un valor alto de factor de potencia indica la presencia de contaminantes o productos de degradación tales como agua, productos de oxidación, partículas coloidales, carbón, residuos del cobre, etc., en el capítulo V se describe la prueba.

ACIDEZ Es una prueba de campo, equivalente a la prueba de No. de neutralizaciones de laboratorio. Proporciona una medición aproximada de los constituyentes ácidos del aceite aislante. Es un método de prueba ASTM-D-1902. Aceites nuevos deben tener un índice de 0.08 o menor y aumento de 0,01 a 0.02 por año de servicio en condiciones normales.

COMPUESTOS POLARES Es una prueba de campo, equivalente a la prueba de tensión interfacial de laboratorio, proporciona una medición aproximada de los constituyentes polares del aceite aislante, es un método de prueba ASTM-D-1902.

La tensión interfacial es la fuerza de atracción entre diferentes moléculas.

Se ha observado que la tensión interfacial entre el agua y el aceite disminuye en presencia de impurezas, de tal manera que, basándose en este fenómeno, es posible detectar si un aceite contiene contaminantes. Aún cuando la prueba de tensión interfacial no pueda determinar los tipos de contaminantes, provee medios sensitivos polares solubles y otros productos de oxidación.

CONTENIDO DE HUMEDAD Esta prueba determina el contenido total de agua, tanto mezclada como en suspensión en el aceite aislante, es importante debido a que detecta la presencia de agua, que no es evidente en las pruebas eléctricas.

La presencia de humedad afecta las propiedades dieléctricas de un aceite aislante y provoca un aumento del potencial ácido y corrosivo de un aceite aislante sobre los metales y materiales de celulosa, aumentando la descomposición de los aislamientos de celulosa y las sales metálicas de ácidos orgánicos con lo que se acelera el deterioro del aceite aislante.

Las pruebas para realizarse en el campo, no intentan reemplazar las pruebas de laboratorio, sino minimizar el muestreo hecho en el campo, para la realización de pruebas en el laboratorio.

PERIODICIDAD PARA REALIZAR LAS PRUEBAS DE CAMPO

Las pruebas de campo deben efectuarse periódicamente; para el control de aceite aislante de equipo eléctrico en servicio la frecuencia de las pruebas es la siguiente:

- a) Para equipo con tensiones menores de 85 KV.
 - En condiciones normales 1 vez al año
 - En condiciones especiales 2 veces al año
- b) Para equipos con tensiones mayores de 85 KV.
 - En condiciones normales 2 veces al año
 - En condiciones anormales 4 veces al año

Se entiende por condiciones especiales las siguientes:

- a) Equipos sobrecargados
- b) Equipos con deficiencia en su funcionamiento
- c) Equipo con valores bajos en el límite para continuar en servicio.
- d) Equipos en vías de experimentación.

Las pruebas de laboratorio deben efectuarse, cuando las pruebas de campo den resultados fuera de los límites o presenten duda; sin embargo cuando se dispone de recursos para realizar pruebas de laboratorio en forma periódica, se obtienen resultados más exactos.

NORMAS INTERNACIONALES PARA PRUEBAS DE RIGIDEZ DIELECTRICA

Existen más de diez normas de diferentes países, para realizar las pruebas de Rigidez Dieléctrica del aceite, cada norma tiene características diferentes como son:

**CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LAS NORMAS
ASTM-D-877 y ASTM-D-1816**

NORMA	FORMA Y DIMENSION DE ELECTRODOS	SEPARACION ENTRE ELECTRODOS mm (pulgadas)	ELEVACION DE TENSION K.V / seg.	REPOSO ENTRE LLENADO Y 1a. PRUEBA	NUMERO DE PRUEBAS EFECTUADAS	REPOSO ENTRE PRUEBA Y PRUEBA	TENSION DE RUPTURA DIELECTRICA	TEMPERATURA MINIMA DE LA MUESTRA
ASTM-D 877	TIPO DISCO DE 1" DE DIAMETRO	2.54 mm. (0.099)	3KV ±20%	3 minutos	5	1 minuto	30 KV. min.	20°C ó 68° F
ASTM-D 1816	SEMIESFERICOS DE 25 mm RADIO	2.04mm. (0.081) 1.02mm. (0.04)	0.5KV ±20%	3 minutos	6 LA PRIMERA NO CUENTA.	1 minuto	35KV 20 KV	20°C ó 68° F

CCONNIE 881 CONTEMPLA LAS DOS NORMAS ANTERIORES

TABLE 7-1

PRUEBA DE RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE

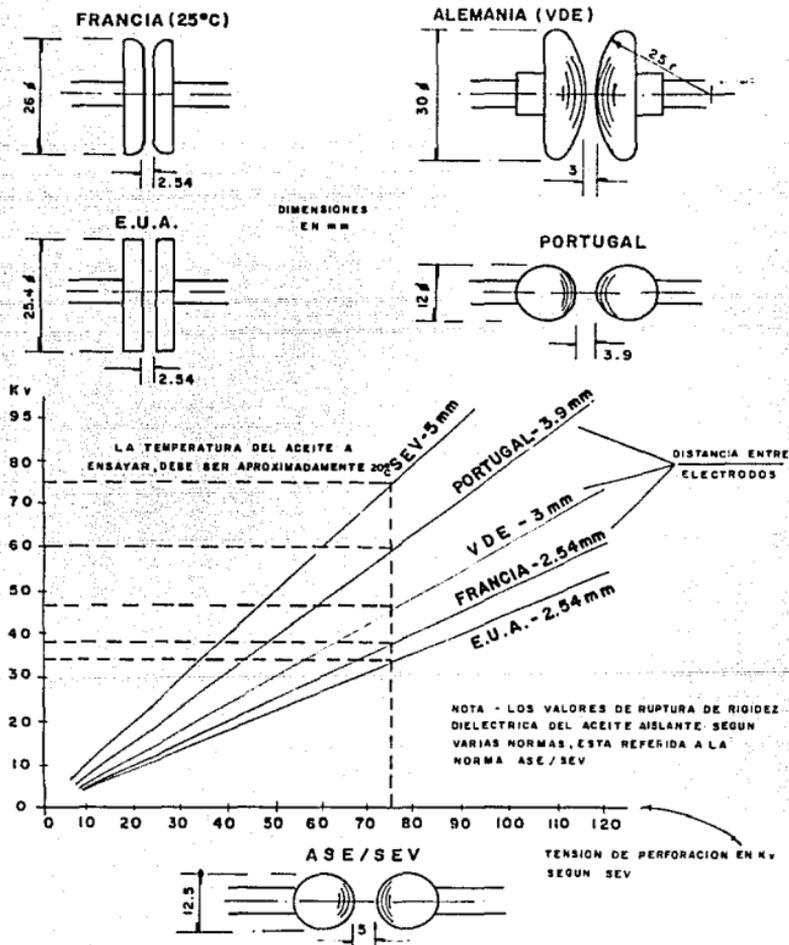
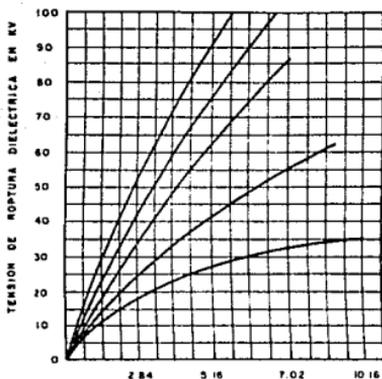


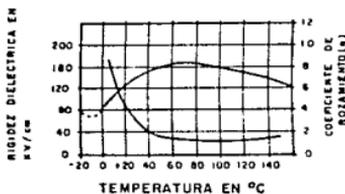
FIG. 7.3 COMPARACION DE ENTREHIERROS SEGUN DIFERENTES NORMAS

FIG. 7.4 . PRUEBAS AL ACEITE AISLANTE



DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS EN mm.

TENSION DE RUPTURA DIELECTRICA DEL ACEITE AISLANTE A 20°C CON DIFERENTES ELECTRODOS



VARIACION DE LA RIGIDEZ DIELECTRICA DE UN ACEITE AISLANTE CON EL AUMENTO DE LA TEMPERATURA



VARIACION DE LA RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE AISLANTE CON EL RITMO DE LA ELEVACION DE LA TENSION

PRUEBAS AL ACEITE AISLANTE

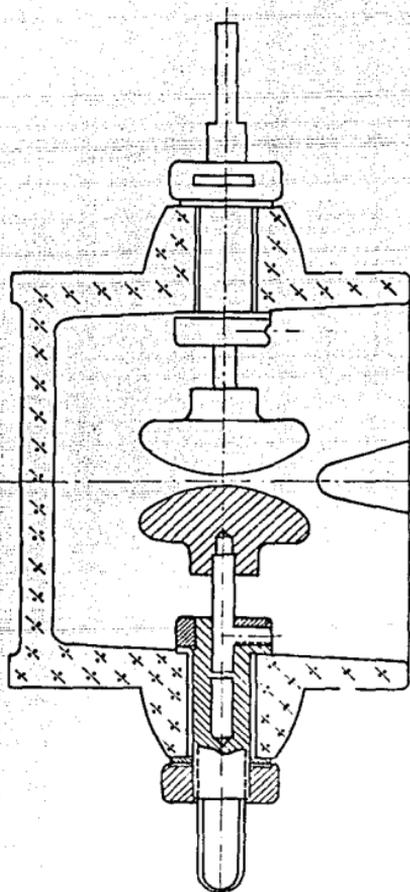


FIG. 7.5 COPA PARA PRUEBA DE RIGIDEZ DIELECTRICA
NORMA ASTM - 1816

TAB. 7.2. PRUEBAS DE RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE

PRUEBA No.	KV. MUESTRA 1	KV. MUESTRA 2	KV. MUESTRA 3
1	40	47	39
2	42	42	37
3	38	38	29
4	38	39	34
5	34	44	36
6	—	—	32
PROMEDIO	38.4	42	34
TEMPERATURA °C	22	20	24
NORMA	ASTM	CCONNIE	ASTM
No. NORMA	877	8.81	.1816

CRITERIO DE CONSISTENCIA ESTADISTICA

VALOR MAYOR	42	47	38
VALOR MENOR	34	38	29
DIFERENCIA X 3	8 x 3 = 24	9 x 3 = 27	9 x 3 = 27
VALOR SUPERIOR AL MENOR	38	39	32
RESULTADO	BIEN	BIEN	BIEN

- a) Forma y tamaño de los electrodos
- b) Separación entre electrodos
- c) Velocidad de evaluación de tensión
- d) Reposo entre el llenado y la 1ra. prueba
- e) No. de pruebas efectuadas
- f) Reposo entre prueba y prueba
- g) Temperatura mínima para la prueba
- h) Capacidad de la copa de prueba.

La norma Nacional CONNIE 8.8.1. para probar Aceite Aislante no inhibido para transformadores, contempla y se basa en dos normas ASTM, la D-877 y la D-1816 tabla 7.1., figuras 7.3, 7.4 y 7.5.

La mayoría de los países, están usando el tipo de electrodos semiesféricos basados en la norma ASTM-D1816.

CRITERIO DE CONSISTENCIA ESTADISTICA. Se obtiene la diferencia entre los valores mayor y menor de las 5 pruebas y se multiplica por 3. Si el valor obtenido es mayor que el inmediato superior al valor mínimo, es posible que la desviación standard de las 5 pruebas sea excesiva y por consiguiente, el error probable de sus promedios sea también excesivo no satisfaciendo el criterio estadístico, tabla 7.2

Cuando se realiza una muestra de aceite aislante, se deberá anotar en el reporte lo siguiente:

- a) Nombre del Método y de la Norma empleada
- b) Temperatura del aceite en el momento de la prueba
- c) Valores individuales y promedio de las tensiones de ruptura
- d) Indicación si la muestra contiene agua libre o impurezas.

PROCEDIMIENTO PARA LA PRUEBA DE ACIDEZ EN CAMPO

Esta prueba es un tipo de cromatografía en papel, que se realiza de la siguiente forma:

- 1.- Coloque un pedazo de papel filtro sobre el centro de los anillos de plástico del equipo de prueba.
- 2.- Coloque 3 gotas de solución buffer en el centro del papel filtro, permitiendo que sea absorbida.

- 3.- Coloque dos gotas de aceite aislante bajo prueba en el centro de la mancha de la solución buffer y permita que se absorva.
- 4.- Coloque una gota de indicador de acidez en el centro de la mancha. la forma de determinar la acidez en el campo es como sigue:
- 5.- Si la mancha es mas verde que amarilla, el aceite aislante tiene una acidez menor de 0.3 mg de KOH-/g de aceite.
- 6.- Si la mancha es igualmente verde que amarilla, el aceite aislante tiene una acidez aprox. de 0.3 mg. de KOH/g. de aceite, y se puede decir que la mancha es standard.
- 7.- Si la mancha es mas amarilla que verde, el aceite aislante tiene una acidez mayor de 0.3 mg de KOH/g. de aceite, por lo que es necesario realizar la prueba de número de neutralizaciones en el laboratorio.

Para esta prueba, se utiliza el KIE Allis (halmers para pruebas de aceite aislante.

PROCEDIMIENTO PARA LA PRUEBA DE COMPUESTOS POLARES EN CAMPO

Esta prueba es del tipo cromatográfico en papel y se realiza en la siguiente forma:

- 1.- Coloque un pedazo de papel filtro sobre el centro de los anillos de plástico del equipo de prueba.
- 2.- Coloque 3 gotas de aceite aislante bajo prueba on el centro del papel filtro, permitiendo que se absorva; dejándolo reposar un tiempo de 2 minutos.
- 3.- Coloque una gota del indicador de compuestos polares y deje que se absorva.

La forma de determinar los compuestos polares en el campo es como sigue:

- 4.- Si la orilla de la mancha es lisa, el aceite aislante tiene un bajo contenido de componentes polares.
- 5.- Si la orilla de la mancha no es tan lisa y presenta ligeras irregularidades, el contenido de compuestos polares es apenas suficiente para disminuir la tensión interfacial a 18 mN/m y se puede decir que la mancha es standard.

6.- Si la mancha es más irregular que la standard, el aceite aislante tiene un valor elevado de compuestos polares por lo que es necesario realizar la prueba de Tensión Interfacial en el laboratorio.

Para esta prueba, se utiliza el Kit Allis Chalmers de prueba de aceite aislante.

RESISTIVIDAD DEL ACEITE

La resistividad del aceite es una medida de sus propiedades aislantes eléctricas. Una alta resistividad refleja el alto contenido de iones libres y partículas formadas de iones.

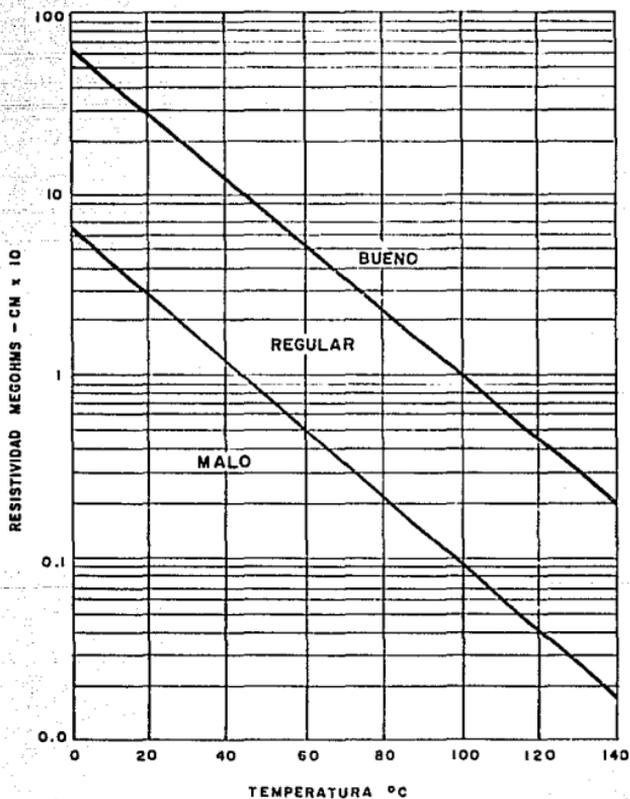
La prueba de resistividad o resistencia específica, es de gran importancia cuando se investiga un transformador cuya resistencia de aislamiento haya decaído, una baja resistividad, frecuentemente da resultados más determinantes que la prueba de rigidez dieléctrica, de tal forma que la reducción de la resistividad con el envejecimiento es una valiosa indicación del deterioro en la calidad del aceite. La resistividad de cualquier material está dada por la ecuación: $\rho = (A/L) R$; donde ρ resistividad en ohms. cm; L.- Longitud en centímetros entre los dos puntos donde se aplica una diferencia de potencial y R.- resistencia en ohms, que se opone al flujo de corriente.

la resistividad de un aceite se mide en megaohms cm y es la razón del gradiente de potencial directo (C.D), en volts/cm. paralelo al flujo de corriente en la muestra de aceite, a la densidad de corriente en Amperes/cm² en un instante dado de tiempo bajo condiciones de prueba.

TECNICA APLICADA

En la práctica, la resistividad del aceite se mide con el Megger, el cual cuenta con una celda de prueba diseñada de manera que el aceite quede contenido en el espacio anular entre dos electrodos cilíndricos que tienen una gran área superficial (A) y un pequeño espaciamento entre si (L). Se aplica un potencial de corriente directa con el Megger, obteniéndose la resistencia (R), la cual multiplicada por la constante de la celda (A/L), da como resultado la resistividad. La celda que normalmente se utiliza es una celda para líquidos de la Compañía J. A. Biddle, la cual tiene una constante de 1000.

FIG. 7.6 PRUEBAS AL ACEITE AISLANTE



CONDICION DE ACEITE DE TRANSFORMADORES SEGUN RESISTIVIDAD Y TEMPERATURA

La resistividad del aceite varia con: la magnitud del voltaje aplicado, el tiempo de aplicación del voltaje y de la temperatura del aceite. Para que ésta prueba sea comparable con el tiempo, será necesario que se efectúe siempre a las mismas condiciones; se recomienda que éstas sean:

VOLTAJE DE PRUEBA	2500 Volts.
TIEMPO DE PRUEBA	1.minuto
TEMPERATURA APROXIMADA	20°C.

La figura 7.6 muestra la condición del aceite para transformadores, en aceites nuevos se obtienen valores de resistividad de infinito, el reporte donde se asientan los datos de la prueba aparece en el apendice R-7.0212.

Deben tomarse las precauciones necesarias para la muestra de aceite sea verdaderamente representativa del equipo; para esto debe purgarse suficiente aceite de la válvula de muestreo del equipo que se va a probar, para que cualquier suciedad o agua acumulada en esta válvula sea drenada, antes de tomar la muestra.

CAPITULO VIII

HUMEDAD RESIDUAL EN AISLAMIENTOS SOLIDOS

8.1 GENERALIDADES TEORICAS

Los aislamientos sólidos en transformadores de potencial están compuestos principalmente por papel, cartón y madera; esto es, 95% de estos aislamientos son papel Kraft y cartón ("Press Board") los cuales tienen como principal componente la celulosa, estos aislamientos de papel son sometidos por su fabricante a diferentes tratamientos a fin de reforzar determinadas características como: La resistencia dieléctrica, resistencia al desgarro, temperatura de utilización, envejecimiento etc.

El papel Kraft tiene como origen el pino silvestre de las regiones Nórdicas, teniendo muy buenas propiedades mecánicas (Resistencia a la Tracción y a los Desgarres) y una buena permeabilidad al aire, la cual facilita la evacuación del aire aprisionado entre las capas de los bobinados, pero es un material higroscópico contenido de 8 a 10% de su peso en humedad.

El papel crepé dada su forma, facilita enormemente el encintando de formas irregulares, teniendo también excelentes características mecánicas y una relativa permeabilidad al aire.

Actualmente algunos fabricantes están utilizando dos tipos de papel tratado especialmente para los encintados de las bobinas: el papel de las capas interiores tiene buenas propiedades dieléctricas y las capas exteriores son de magníficas características mecánicas.

La función principal de los aislamientos sólidos en transformadores, es formar una barrera dieléctrica, capaz de soportar la diferencia de potencial a que están sujetas las diferentes partes del equipo, así como mantener el flujo de corriente principal por una trayectoria predeterminada con el objeto de evitar fallas de aislamiento.

El secado de transformadores ha tomado una importancia vital para la instalación y operación de los mismos. El Factor importante en el proceso de secado de transformadores es el agua residual permisible en los aislamientos, presentándose en este trabajo la evaluación de la humedad remanente en los aislamientos.

El método de secado en fábrica, varía según el fabricante, siendo los más comunes aire caliente y vacío, vapores calientes y vacíos y aceite

caliente y vacío. Todos los métodos tienden a reducir la humedad 0.5% o menores por peso de los aislamientos secos, la temperatura del transformador se mantiene entre 85 y 95°C no excediendo de los 100°C y se aplica un alto vacío de fracciones de m.m. de Hg. hasta que la humedad se extrae.

La presencia de agua afecta considerablemente la rigidez dieléctrica, tanto del papel como del aceite, disminuyendo ésta hasta límites peligrosos dentro de los esfuerzos a que están sometidos estos materiales, originados por las tensiones de operación de los equipos de que forman parte.

El calor provoca degradación, tanto en el papel como en el aceite y es originado por cambios químicos (pirólisis) que afectan la estabilidad de sus propiedades mecánicas y eléctricas, y esta degradación depende de muchos factores como: la capacidad de el papel para resistir la degradación térmica, la retención de productos originados por su propia degradación, por la naturaleza del medio y por presencia de humedad.

8.2 METODOS Y PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA

DETERMINACION DE LA HUMEDAD RESIDUAL

Se entiende por humedad residual, la cantidad de agua expresada en % de el peso total de los aislamientos sólidos que permanece en ellos al final de un proceso de secado.

Actualmente se utilizan dos métodos para determinarla:

- a) El que determina la humedad residual a partir de la presión de vapor producida por ésta en un medio al vacío.
- b) El que usa la medición de punto de rocío de un gas en contacto con los aislamientos.

METODO DE ABATIMIENTO DE VACIO

La presión absoluta dentro de un transformador es originada por el movimiento molecular de un gas, en este caso vapor de agua desprendido por los aislamientos, con la medición de esta presión y la temperatura de los devanados, podemos determinar el % de humedad residual contenida en los aislamientos.

PROCEDIMIENTO. Una vez, verificado que no existan fugas, se procede a efectuar vacío hasta alcanzar un valor estable, tomando una última

lectura de vacío se suspende el vacío y se toman lecturas del mismo cada 5 minutos, por un tiempo de una hora como máximo. Cuando tres lecturas sucesivas tengan el mismo valor, esta será la presión de vapor producida por la humedad residual a la temperatura que se encuentran los devanados del transformador.

En caso de que las lecturas de vacío no se estabilicen, tendremos el transformador húmedo o en su defecto con fugas.

la temperatura de los devanados, se deberá determinar preferentemente por la medición de la resistencia ohmica de los mismos.

Con los valores de presión de vapor obtenidos y la temperatura del devanado, se determina la "Humedad Residual" de los aislamientos sólidos del transformador utilizando la gráfica de la fig. 8.2.

METODO DEL PUNTO DE ROCIO DEL GAS (NITROGENO O AIRE)

El punto de rocío de un gas es por definición, la temperatura a la cual la humedad presente (vapor de agua contenida en el gas) comienza a condensarse sobre la superficie en contacto con el gas; en base a este valor se puede determinar sobre un volumen conocido la cantidad total de agua contenida en él, así como su humedad relativa.

La cantidad de agua en el papel impregnado, se determina como una función de la humedad relativa del gas, con el cual está en contacto cuando esta expuesto, hasta alcanzar condiciones de equilibrio entre sus respectivas humedades.

Para hacer la medición de punto de rocío en los transformadores se saca todo el aceite y se procede a efectuar vacío hasta alcanzar 1 mm hg. o menos y se mantienen en estas condiciones por 4 horas aproximadamente.

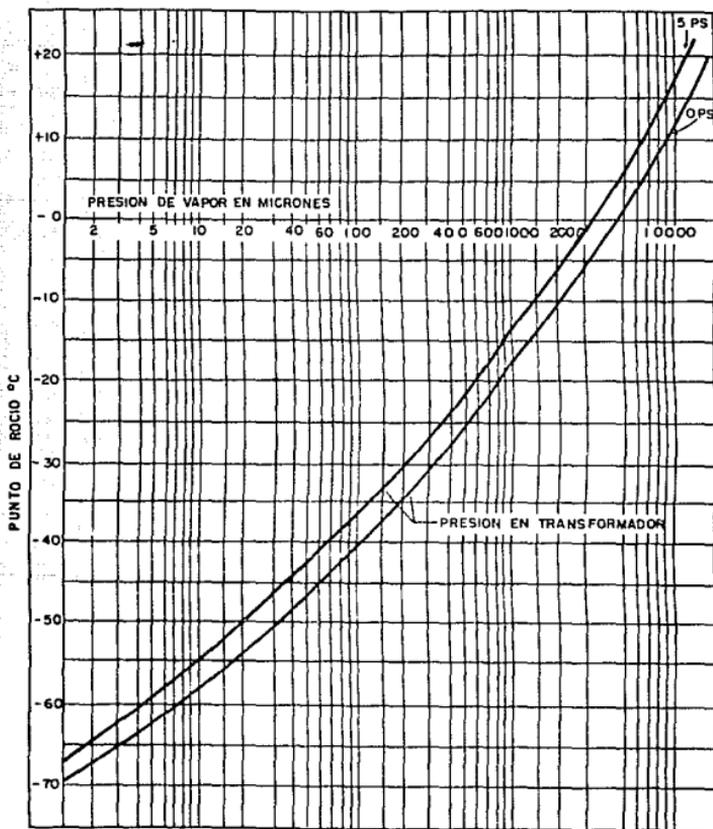
Se rompe el vacío con aire o nitrógeno seco que tenga un punto de rocío de 40°C y se presuriza de 3 a 5 lbs/plg² manteniéndolo en estas condiciones por 24 horas, que es el tiempo necesario para alcanzar el punto de equilibrio.

Alcanzando el punto de equilibrio, se efectua la medición de punto de rocío del aire o nitrógeno.

Se determina también la temperatura a los devanados por el método de medición de Resistencia Ohmica.

Con el valor de punto de rocío medido y la presión del gas, se

FIG. 8.1. PRUEBA DE HUMEDAD RESIDUAL



GRAFICA PUNTO DE ROCIO
PRESION VAPOR

PRUEBA DE HUMEDAD RESIDUAL

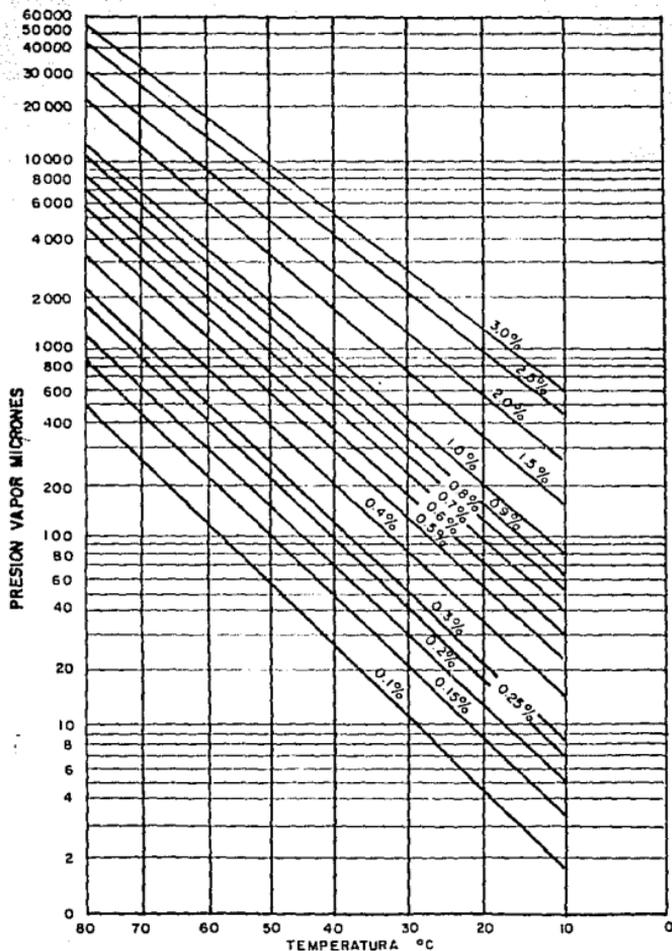


FIG. 8.2 GRAFICA PRESION DE VAPOR - HUMEDAD RESIDUAL

determina la presión de vapor en la gráfica de la fig.8.1.

Con la presión del vapor y la temperatura del devanado se determina la Humedad Residual con la gráfica de la fig. 8.2.

Para la determinación del punto de rocío, se puede usar cualquier tipo de Higrometro de los que existen en el mercado, los cuales son:

- a) Alnor figura 8.3
- b) Panametrics Modelos 1000, 2000 y 2100.

8.3 EQUIPOS DE MEDICION PARA PUNTO DE ROCIO.

HIGROMETRO ALNOR

Se utiliza para determinar el punto de rocío de una mezcla de gas y vapor de agua. Cuando una mezcla de Gas-Vapor de agua se enfria hay una temperatura a la cual el agua empezará a condensarse, por definición esta temperatura es conocida como punto de rocío.

El procedimiento de prueba con Alnor es la siguiente:

La preparación del transformador deberá ser igual al anterior sin aceite y conectando el Alnor al tanque con tubería de cobre flexible, lo más corta posible, bien limpia y sin fugas en las conexiones.

Antes de operar el aparato , deberá ser ajustado como sigue:

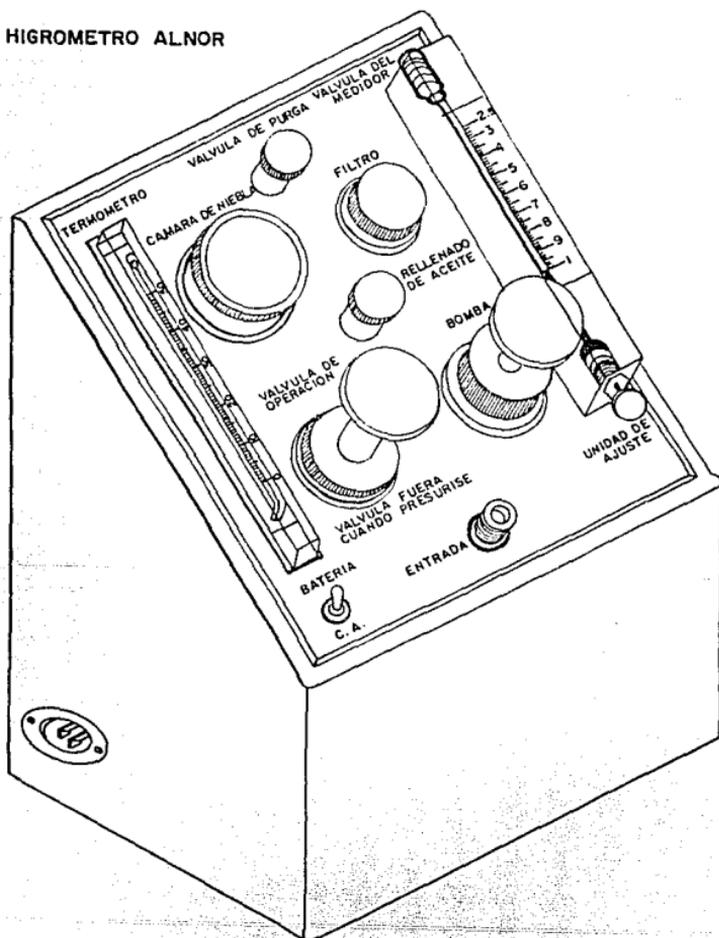
- 1.- Coloque la válvula de operación en posición fuera
- 2.- Abra la válvula de purga para asegurar que no existe presión en el instrumento.
- 3.- Oprima la válvula del medidor y gire el tornillo de la unidad de ajuste hasta que el menisco de la columna de aceite, coincida con el primero de la escala.
- 4.- Libere la válvula del medidor.

Si el transformador tiene presión positiva, cierrese la válvula de corte y desconéctese el aparato antes de proceder al ajuste.

- 5.- Cierre la válvula de purga y bombee hasta que el medidor alcance una lectura de 0,5, abra la válvula de purga y el menisco deberá regresar en unos cuantos segundos al 1 de la escala, en caso de que no regrese, repita el ajuste.

FIG. 8.3 PRUEBA DE CONTENIDO DE HUMEDAD

HIGROMETRO ALNOR



PRECAUCION:

Nunca oprima la válvula del medidor a menos que la válvula de operación esté fuera, la válvula de purga abierta y la válvula de corte cerrada.

Abra la válvula de purga y coloque la válvula de operación en posición fuera y abra la válvula de corte, deje fluir el gas a través del aparato, operando la bomba de émbolo varias veces y obtener una lectura de punto de rocío del gas.

Cierre la válvula de purga, bombee la muestra del gas en el instrumento hasta obtener un valor de 0.5 en la escala, observando dentro de la ventana de la cámara de niebla y presione hacia abajo la válvula de operación; si se forma niebla en el cono de luz, será necesario probar a un valor más alto en la escala, repitiendo la prueba hasta encontrar dos valores en la escala casi iguales, con una diferencia no mayor de 0.01 donde se presente y no la niebla en la cámara. El valor intermedio entre estos dos será el valor correcto de la relación de presión.

Con este valor de relación de presión y la temperatura del gas (leído en el termómetro del instrumento), entramos al calculador de punto de rocío del aparato y obtenemos el valor de temperatura de punto de rocío.

HIGROMETRO PANAMETRIC

Se utiliza para medir vapor de agua a presión en gases o líquidos, en un rango muy amplio de punto de rocío de $+20^{\circ}$ a -110°C este rango representa un cambio en la concentración de agua de 20,000 p.p.m. a 0.001 ppm. en gases o de aproximadamente 1% en peso a menos de 0.001 ppm. en líquidos.

De acuerdo al modelo, puede utilizarse con 1,3 ó 6 bulbos sensores dependiendo de lo que se quiera medir, puede operar en condiciones estáticas o condiciones de flujo y presiones desde 10^3 mm. de Hg. hasta 5000 psi y temperaturas hasta $+70^{\circ}\text{C}$.

Antes de encender el aparato, checar y ajustar la aguja mecánicamente en cero.

Verificar la calibración para cada canal o bulbo dependiendo del aparato.

El panametric no deberá ser operado cuando la temperatura ambiente exceda de 55°C (131°F).

El bulbo mide el vapor de agua a presión en su alrededor, también puede ser utilizado bajo presión positiva o negativa o sea bajo vacío.

Para los modelos 1000 y 2000, es necesario entrar con la lectura obtenida a la gráfica del bulbo para obtener el punto de rocío, no así para el modelo 2100 fig. 8.4 que nos da el punto de rocío directo, además de la temperatura del gas que se está probando.

RECOMENDACIONES:

- a) Para la medición de la resistencia ohmica se puede usar un ohmetro para bajas resistencias, que discrimine resistencia de conexiones de prueba, o la utilización del puente de Kelvin.
- b) La instalación de la sonda y bulbo sensor del Hidrómetro deberá hacerse sobre el tanque principal del transformador de tal manera que quede completamente expuesta al gas del tanque.
- c) Durante las 24 horas que se mantiene presurizado el transformador, se recomienda que se efectúen mediciones periódicas del punto de rocío, para asegurarse que efectivamente se alcanzó el punto de equilibrio al estabilizarse las lecturas obtenidas.
- d) No se debe tomar como: Temperatura de los devanados, la temperatura indicada en los termómetros del transformador, ya que éste se encuentra sin aceite y dará valores erróneos.
- e) La medición de punto de rocío, deberá ser hecha lo más temprano posible, antes de que los efectos del sol hayan incrementado substancialmente la temperatura del transformador.
- f) Para la temperatura del devanado se usará el promedio de la temperatura del gas dentro del tanque, la temperatura ambiente y la temperatura de la base del tanque. Estas 3 lecturas deberán ser imparcialmente cercanas, pero si varían más de 4°C usar solamente la temperatura tomada en la base del tanque.

PRUEBA DE CONTENIDO DE HUMEDAD

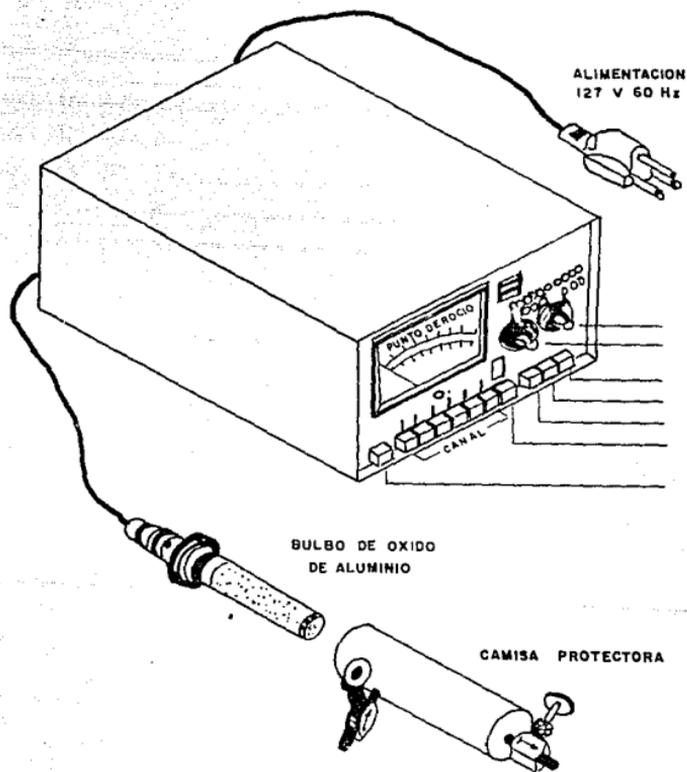


FIG. 8.4 HIGROMETRO PANAMETRICS MODELO 2100

DEFINICIONES Y UNIDADES DE MEDIDA:

$$1 \text{ psi} = 0.0703 \text{ Kgr/cm}^2$$

$$1 \text{ Milímetro} = 1 \text{ Torr.} = 1000 \text{ Micrones.} = 29.91 \text{ ''de Hg.}$$

$$1 \text{ Micron} = 10^{-3} \text{ Torr.} = 0.001 \text{ Milímetro}$$

$$1 \text{ Atmosfera} = 14.7 \text{ Lb/pul}^2 = 1.0336 \text{ Kg/cm}^2 = 760 \text{ mm Hg.}$$

$$= 1 \text{ Bar}$$

La humedad contenida dentro del aislamiento sólido se puede visualizar en la forma de vapor suelto, contenido dentro de los conductores capilares del material aislante por lo que:

La cantidad de vapor de agua contenida en un gas, se dice que es la humedad.

La presión atmosférica tiene su valor máximo a nivel del mar y disminuye conforme se eleva la altura; debido a la densidad de la atmosfera.

$$P \text{ abs} = P \text{ man} + P \text{ atm.}$$

$$P \text{ abs} = \text{Presión absoluta}$$

$$P \text{ man} = \text{Presión manométrica}$$

$$P \text{ atm} = \text{Presión atmosférica}$$

Para la Ciudad de México a 2280 m.s.n.m. se tiene una presión de $0.7958 \text{ Kg/cm}^2 = 585 \text{ mm Hg.}$, el reporte donde se asientan los datos de la prueba se encuentra en el apéndice R-7.0218.

Se llama vapor, al fluido aeriforme en que se convierte un líquido cuando aumenta la temperatura o disminuye la presión.

ROCIO. Cuando una masa de aire se enfría sin que varíe la presión a que está sometida, llega el momento en que se satura de vapor de agua y parte del vapor se precipita en líquido, entonces se produce el fenómeno que se conoce con el nombre de rocío.

La presión que se ejerce en un líquido influye mucho en su punto de ebullición, cuando la presión es de 760 mm hierve a 100°C , dentro de una caldera cerrada a una presión de 10 atmósferas hierve a 180°C y a mayor presión se eleva el punto de ebullición.

VAPOR SATURADO:

Si un líquido se evapora en un espacio cerrado, el proceso continúa hasta que la presión de vapor acumulado en dicho espacio igual a la tensión de evaporación desde la superficie del líquido. Cuando esto ocurre cesa el proceso y se dice que el vapor está saturado y su presión se suma a la de cualquier otro vapor o gas que esté en el mismo espacio. Si se calienta el líquido o recipiente, aumentará la tensión de vapor, lo que permitirá que continúe la evaporación, hasta que el espacio de referencia quede nuevamente saturado a la nueva y más alta temperatura.

La saturación es un concepto relativo y cuando más alta es la temperatura más vapor será necesario para llegar a la saturación.

8.4 VALORES MAXIMOS ACEPTABLES DE HUMEDAD RESIDUAL EN AISLAMIENTOS SOLIDOS DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA

CLASE AISLAMIENTO	% HUMEDAD RESIDUAL MAXIMO
400 KV	0.5
230 KV	0.5
150 KV	0.5
85 KV	0.5

Estos valores son los propuestos como norma, para decir si el equipo está seco o húmedo y tanto poder recibirlo en fábrica como ponerlo en servicio.

En fechas recientes los fabricantes están utilizando exclusivamente la temperatura del punto de rocío como base para determinar si el equipo está seco o húmedo.

CAPITULO IX

CONTENIDO DE HUMEDAD AL GAS HEXAFLORURO DE AZUFRE

9.1. TEORIA GENERAL

Debido a la necesidad de transportar la energía eléctrica en grandes proporciones, con tensiones de transmisión muy altas del orden de 230 KV, 400 KV, y mayores de 1000 KV y a la limitante de espacios abiertos en las grandes ciudades, para la construcción de subestaciones de alta tensión, se han estudiado nuevos aislantes, con el propósito de optimizar el diseño de los equipos eléctricos modernos.

En la Compañía de Luz, desde la década de los 70 se ha venido implementando equipo de alta tensión, así como subestaciones compactas de 85 KV y hasta 400 KV con aislamiento de hexafloruro de azufre.

FABRICACION INDUSTRIAL

El gas hexafloruro de azufre se fabrica comercialmente por electrólisis a partir del azufre y el flúor y su formación se expresa por la ecuación exotérmica siguiente:



PROPIEDADES FISICAS

Las propiedades más importantes que debe poseer el hexafloruro de azufre para su aplicación en equipos de muy alta tensión y para que cumpla con su múltiple función de aislamiento eléctrico, refrigerante y de agente para extinguir el arco eléctrico son:

- a) Alta rigidez dieléctrica
- b) Estabilidad química
- c) Estabilidad térmica
- d) Baja temperatura de licuefacción
- e) No inflamabilidad
- f) Alta conductividad térmica
- g) Inerte fisiológico
- h) Habilidad para extinguir el arco eléctrico.

Este aislante se comporta en estado gaseoso a temperatura y presión ambiente, y tiene una densidad (a 20°C, y 760 mm Hg) de 6.139 Kg/m³ (alrededor de 5 veces más denso que el aire).

El gas hexafloruro de azufre en estado de pureza es inodoro, incoloro, no es tóxico y tampoco inflamable. Debido a que su temperatura crítica

es de 45.6°C , el gas puede licuarse por compresión a temperatura ambiente.

Propiedades dieléctricas

El gas SF₆ es electronegativo (tiende a atraer electrones libres). Tiene buenas propiedades para extinguir el arco eléctrico, sus pérdidas dieléctricas son demasiado pequeñas y su rigidez dieléctrica es alta.

No obstante, que la rigidez dieléctrica del gas SF₆, varía con el material, forma y tamaño de los electrodos, se considera que un campo eléctrico uniforme tiene una variación de 2.4 veces mayor que la del aire a una presión de 3 atmósferas (14.08 lb/pulg.²) la cual aumenta con el incremento de presión y es igual a la del aceite aislante a una presión aproximada de 2 Kg/cm² (a 20°C). El gas SF₆ puede interrumpir corrientes del orden de 100 veces a las que interrumpe el aire. La constante dieléctrica del gas SF₆ es aproximadamente 1.0 y debido a que la molécula no tiene momento dipolar, esta propiedad no cambia con la frecuencia.

La rigidez dieléctrica del gas SF₆ no se afecta grandemente por la presencia del aire. Se considera que un contenido de aire tan alto como el 10% en el gas SF₆ afecta su rigidez dieléctrica solamente alrededor de 2%.

En la figura siguiente se ilustra el efecto del aire sobre la rigidez dieléctrica del gas SF₆ fig.9.1

PROPIEDADES QUIMICAS

- a) El gas SF₆ puede calentarse sin descomposición hasta 500°C.
- b) No es inflamable
- c) Es insoluble en el agua
- d) No es atacado por los ácidos
- e) El hidrógeno, cloro y oxígeno no ejercen acción sobre el gas SF₆.

El hexafluoruro de azufre se puede considerar como un gas particularmente inerte hasta una temperatura de 500°C. En contacto con algunos materiales de construcción, es térmicamente estable a una temperatura arriba de la cual el aceite aislante comienza a descomponerse y oxidarse. Sin embargo, se ha observado que la presencia de ciertos metales a temperaturas superiores a 200°C, disminuye las propiedades dieléctricas del gas SF₆. Afortunadamente,

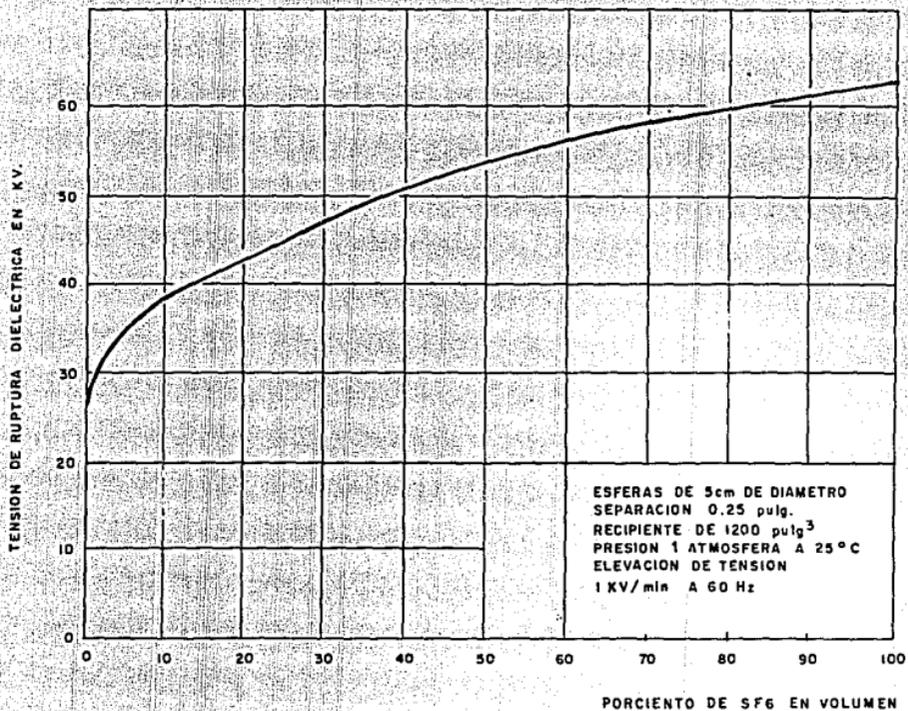


Fig.9.1 EFECTO DEL AIRE SOBRE LA TENSION DE RUPTURA DEL GAS SF6

los metales usados en los equipos eléctricos, tales como: cobre y bronce, acero inoxidable, aluminio y plata, tienen el más mínimo efecto sobre el hexafluoruro de azufre. La única excepción es el acero al silicio, el cual tiene el mayor efecto catalítico sobre el gas SF₆. En estado puro su toxicidad es nula y se comprueba regularmente colocando cinco ratones durante 24 horas en un recipiente que contenga el 79% de SF₆ y 21% de aire, los cuales deberán permanecer con vida.

9.2 APLICACIONES DE HEXAFLORURO DE AZUFRE

Debido a que el gas SF₆ posee excelentes características dieléctricas, gran estabilidad térmica, buena habilidad para extinguir el arco eléctrico, siendo un compuesto inerte y estable químicamente, etc., tiene diversas aplicaciones como un aislante gaseoso y está siendo usado actualmente en la industria o instituciones de investigación en equipos, tales como:

- a) Interruptores de muy alta tensión.
- b) Buses de fase aislada.
- c) Mini-subestaciones
- d) Transformadores
- e) Cuchillas desconectoras
- f) Cables de energía
- g) Tubos de microonda
- h) Equipo de rayos X
- i) Otras aplicaciones en alta tensión

En el sistema CLYFC se empieza a utilizar en interruptores, buses de fase aislada, y subestaciones compactas de alta tensión.

Una de las mayores aplicaciones del gas SF₆ es en interruptores de muy alta tensión, sin embargo, en ciudades densamente pobladas donde se carece de terreno suficiente para construcción de subestaciones convencionales, se justifica el empleo de las mini-subestaciones en SF₆, en los cuales los requerimientos de terreno son alrededor de 1/10.

9.3 PRODUCTOS DE DESCOMPOSICION EN UN ARQUEO ELECTRICO

El entendimiento de la naturaleza de los productos de arqueo del hexafluoruro de azufre y su relación con la operación normal y falla interna en equipos eléctricos de muy alta tensión podrían mejorar los beneficios en la operación de equipos eléctricos en SF₆.

Todos los productos de arqueo del hexafluoruro de azufre se consideran como productos que contienen determinado grado de TOXICIDAD.

Cuando ocurre una falla en el interior del tanque del interruptor, pueden formarse mayores cantidades de fluoruros metálicos y es característico que se presente un olor a huevos podridos. La cantidad de productos de arqueo depende de la duración de la energía del arco eléctrico. La naturaleza de los productos de arqueo depende del contenido de humedad, ácidos y materiales que se encuentren presentes en la venciencia del arco.

La experiencia ha demostrado que la exposición de una persona a pequeñas cantidades de productos de arqueo presenta síntomas, los cuales nos dan idea de las precauciones que se deben tener para el manejo de estos productos de arqueo, durante la inspección o reparación del equipo eléctrico.

Los productos de arqueo producen irritación en la nariz, boca y ojos. Esta reacción ocurre en segundos, por tal motivo el personal de mantenimiento debe tomar las precauciones necesarias, utilizando los equipos de seguridad adecuados, tales como mascarillas, guantes, ventilación adecuada, etc.

9.4. PRACTICAS DE SEGURIDAD PARA LA REPARACION DE EQUIPOS ELECTRICOS.

Con la finalidad de tomar en cuenta algunas precauciones necesarias para el manejo adecuado del gas SF₆ y sus productos de descomposición, se dan las observaciones y recomendaciones siguientes:

- 1) El gas SF₆ es más pesado que el aire y tiende a permanecer en lugares bajos. Aunque el gas SF₆ que no ha sido expuesto a un arqueo eléctrico no es tóxico, sin embargo, puede desplazar el oxígeno del aire y causar asfixia. Por tal motivo deben tomarse las precauciones necesarias cuando se esté trabajando en el fondo del interruptor o en lugares donde pueda acumularse el gas SF₆.
- 2) El gas SF₆ en estado de pureza es inodoro, incoloro, no es tóxico y tampoco inflamable.
- 3) Los productos de descomposición del gas SF₆ originados por un arqueo eléctrico son tóxicos.
- 4) En presencia de humedad, durante un arqueo eléctrico se forma también el ácido fluorhídrico (HF), el cual tiene un olor

- característico a huevos podridos.
- 5) Todos los interruptores en SF₆, tienen en su interior filtros absorbedores de humedad, ácidos y productos de arqueo. Cuando de vaya a trabajar con éstos filtros, se debe evitar que el personal de mantenimiento esté expuesto directamente a cantidades significativas de productos de arqueo, las cuales por algún motivo permanecieron libres, después de evacuado el interruptor.
 - 6) La ausencia de cualquier olor o irritación podría indicar condiciones seguras de trabajo.
 - 7) El personal de mantenimiento debe utilizar guantes y respiradores con filtros para polvo y vapores, los cuales deben usarse en el momento de abrir el interruptor y al estarse limpiando o reparando.
 - 8) Se debe evitar el contacto con un polvo blanco de fluoruros metálicos que se forma generalmente cuando existe falla en el equipo eléctrico.
 - 9) Antes de introducirse al personal a los compartimientos del interruptor, se debe ventilar por lo menos 5 minutos.
 - 10) El polvo blanco de fluoruros metálicos encontrados en los interruptores en SF₆ fallados, lo mismo el filtro absorbedor y los materiales de limpieza se deben colocar en una bolsa de plástico para su desecho.
 - 11) Si por cualquier descuido alguna persona entra en contacto con el polvo blanco de fluoruros metálicos, se recomienda lavarse perfectamente con agua de la llave.

9.5 CARACTERISTICAS NORMALIZADAS DEL HEXAFLORURO DE AZUFRE PARA SU UTILIZACION EN EQUIPO ELECTRICO DE ALTA TENSION.

CARACTERISTICAS	NORMA IEC 376-71	NORMA ASTM D-2472-71
Densidad a 20 C° y 760 Torr en g/l	6.16	-
Temperatura crítica en °C	45.6	-
Peso molecular	-	146 ± 2%
Punto de rocío a 1 atmósfera en grados C.	-42 máx	-45 máx.

CARACTERISTICAS	NORMA	NORMA
	IEC 376-71	ASTM D-2472-71
Contenido de humedad por peso en ppm.	15 máx	8.9 máx.
Contenido de humedad por volumen en ppm.	-	71 máx.
Contenido de aire por peso en %	0.05 máx	0.05 máx.
Contenido de tetrafluoruro de carbono por peso en %	0.05 máx	0.05 máx
Acidez expresada como HF por peso en ppm.	0.3 máx	0.3 máx
Fluoruro hidrolizables expresada como HF por peso en ppm	1.0	-
Toxicidad (colocando 5 ratones en un atmósfera de 79 % SF ₆ y 21% de aire) 24 horas.	Deben permanecer con vida	deben permanecer con vida.

9.6 LAS PRUEBAS PARA EL CONTROL DE HEXAFLORURO DE AZUFRE

Las pruebas para el control de hexafluoruro de azufre en servicio se realizan con la finalidad de detectar principalmente la presencia de humedad, ácidos, aire y productos de arqueo, los cuales dañan al equipo eléctrico.

Es necesario tomar en cuenta que algunas impurezas se encuentran presentes en el gas nuevo, como resultado del proceso de manufactura. Otras se generan por las descargas eléctricas durante la operación del equipo eléctrico. Su importancia varía considerablemente dependiendo de la naturaleza del equipo y de las medidas tomadas por el fabricante en el diseño del mismo.

No existen reglas precisas concernientes a los límites aceptables de impurezas en el gas SF₆ en servicio, ya que dependen del diseño y localización del equipo: distancia mínima de flameo, longitud de la trayectoria de fuga, la existencia de arcos eléctricos dentro del tanque, la naturaleza de los materiales que están con el gas, filtros

absorbedores, etc. Sin embargo, la experiencia nos dará los límites promedio máximos aceptables para decidir en un momento dado, si el gas SF₆ es necesario regenerarlo o reemplazarlo.

Desde el punto de vista de investigación existen muchas pruebas que podrían realizarse para el control de SF₆ en servicio, pero el uso de muchas pruebas por lo general es impráctico.

Con respecto a la frecuencia de realización de las pruebas para el control del gas SF₆ en servicio, se recomienda utilizar el criterio siguiente:

1. Cada 3 meses durante el primer año de servicio
- 2.- Cada 6 meses durante el segundo año de servicio
- 3.- Posteriormente deben realizarse anualmente

Las pruebas que se consideran adecuadas para evaluar las características del SF₆ en servicio, son:

- 1.- Punto de rocío
- 2.- Contenido de humedad en PPMv o PPMv.
- 3.- Acidez
- 4.- Fluoruros hidrolizables.

1.- Punto de rocío.- Es la temperatura en la cual el vapor de agua puede permanecer en estado gaseoso. Por medio de esta prueba es posible conocer el contenido de humedad del gas SF₆ tomando en cuenta la presión de prueba.

Aunque no existe un valor límite normalizado del contenido de humedad en el equipo eléctrico en servicio, se recomienda mantener el contenido de humedad abajo de 300 ppm. de agua por volumen a una presión de 1 atmósfera (14.7 lb/pulg.²), lo que equivale a punto de rocío aproximadamente de -26°C medido a la misma presión, para que pueda continuar en servicio.

9.7 PRUEBA DE CONTENIDO DE HUMEDAD AL GAS HEXAFLORURO DE AZUFRE

Las pruebas en campo de contenido de humedad, pueden expresarse en varias unidades, como son:

- Partes por millón en peso (p.p.m.w.)
- Partes por millón en volumen (p.p.m.v.)
- Punto de rocío al gas (D>P) en °C o °F.

En ambas unidades, existen ligas o equivalencias, por lo cual pueden

ser expresados en cualquiera de las unidades anteriores. Para convertir (p.p.m.w.) se deben multiplicar por:

$$\text{p.p.m.v.} = \text{p.p.m.w.} \times 8.1075$$

Para convertir punto de rocío a partes por millón se deberá tomar en cuenta la presión del sistema, la temperatura y la presión de saturación de vapor.

Presión de saturación de vapor en mm Hg.

$$\text{p.p.m.v.} = (\text{Presión absoluta en Lb/pulg.}^2 \times 51.7 \text{ mm Hg})$$

La presión de saturación de vapor se encuentra a través de medir el punto de rocío y entrar a la tabla presión de vapor saturado. Tabla

9.1 La presión absoluta es igual a la presión al nivel del mar, más la presión medida.

Una libra por pulgada cuadrada es igual a 51.7 mm Hg y 760 mm Hg

$$\text{Hg} - 14.7 \text{ Lb/pulg.}^2 = 1 \text{ atmósfera}$$

$$1 - \text{Bar} = 14.5 \text{ Lb/pulg.}^2$$

$$1 - \text{Psi} = 760/14.7 = 51.7 \text{ mm Hg.}$$

Según especificación ASTM-2472, el máximo contenido de agua es de 8.9 ppm_w ó 71 ppm_v o un punto de rocío de 45°C.

El contenido de humedad del gas, deberá estar dentro de los siguientes límites en (ppm_v).

En fábrica 15 a 35

En campo 30 hasta 70

En equipo Funcionando hasta 300.

Existen otros métodos de prueba que son mencionados en la norma ASTM-D-2029 para el contenido de humedad en el gas SF₆.

PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

Para calcular el contenido de humedad al gas SF₆ Antes de llenar los interruptores, se deberá probar el punto de rocío a las botellas y si el valor es aceptable se deberá llenar el compartimiento del interruptor a la presión nominal del equipo y probarlo nuevamente.

Los equipos más utilizados en campo son:

El Alnor

El Hygrómetro Panametric

TABLA 9.1 HUMEDAD DENTRO DE SISTEMAS AISLADOS EN SF₆
PRESION DE VAPOR SATURADO DE AGUA
PARA TEMPERATURAS DE -59° a 109°C.

TEMPERATURA °C.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50°	0.029	0.026	0.023	0.020	0.017	0.015	0.013	0.012	0.010	0.009
40°	0.096	0.086	0.076	0.068	0.060	0.054	0.048	0.042	0.037	0.033
30°	0.288	0.259	0.233	0.209	0.188	0.169	0.151	0.135	0.121	0.108
20°	0.783	0.712	0.646	0.585	0.530	0.480	0.434	0.392	0.354	0.319
10°	1.964	1.798	1.644	1.503	1.373	1.252	1.142	1.041	0.947	0.861
(-) 0°	4.580	4.222	3.887	3.578	3.291	3.025	2.778	2.550	2.340	2.144
(+) 0°	4.58	4.92	5.29	5.68	6.10	6.54	7.01	7.51	8.04	8.61
10°	9.21	9.85	10.52	11.24	11.99	12.79	13.64	14.54	15.49	16.49
20°	17.55	18.66	19.84	21.09	22.40	23.78	25.24	26.77	28.38	30.06
30°	31.86	33.74	35.70	37.78	38.95	42.23	44.62	47.13	49.76	52.51
40°	55.40	58.42	61.58	64.89	68.35	71.97	75.75	79.70	83.83	88.14
50°	92.6	97.3	102.2	107.3	112.7	118.2	124.0	130.0	136.3	142.8
60°	149.6	156.6	164.0	171.0	179.5	187.8	196.3	205.2	214.4	224.0
70°	233.9	244.2	254.0	266.0	277.4	289.3	301.6	314.4	327.6	341.2
80°	355.4	370.3	395.2	400.8	417.0	433.7	451.0	468.8	487.3	506.3
90°	526.0	546.3	567.2	588.8	611.1	634.1	657.8	682.2	707.4	733.3
100°	760.0	787.5	815.9	845.0	875.1	906.0	937.8	970.5	1004.0	1039.0

El aparato que lee directamente el punto de rocío es el Hygrómetro panametric y es el más usado para estas pruebas. El procedimiento de prueba utilizado en este equipo, es el siguiente:

- 1.- En la botella se deberá colocar un regulador de presión para controlar la presión necesaria para la medición.
- 2.- A la salida del regulador, se deberá conectar el bulbo sensor y antes de efectuar la medición, se deberá secar el bulbo con el mismo gas, haciéndole circular dicho gas aproximadamente 5 minutos a presión para no desperdiciarlo.
- 3.- Cuando el bulbo es secado en el reporte, la temperatura (punto de rocío) anotando en el reporte, la temperatura del gas y la presión a la cual se efectuó la medición.
- 4.- Con el punto de rocío, se deberá calcular el contenido de humedad en partes por millón en volúmen.
- 5.- Para saber si el contenido de humedad es aceptable o es necesario reprocesarlo existen varios criterios:

1° Basado en las tablas anteriores según norma ASTM.

2° Basado en criterios adoptados por fabricantes.

Las partes por millón por volumen admitidas en el gas SF₆ de las cámaras de los interruptores.

- A. Valores menores o iguales a 15 ppm en peso (norma IEC-376 = 121.61 ppmv).
- B. El gas SF₆ viene adquirido por la MONTEDISON con 6 ppm en peso (48.64 ppmv).
El reporte donde se asientan los datos de la prueba efectuada, aparece en el Apendice forma de reporte 7.0213.

EJEMPLO:

Cuál es el contenido de humedad de un gas SF₆ en partes por millón en volúmen si los resultados de prueba fueron los siguientes:

	DATOS	De la tabla No.9.1
D.p.	= -32°C	Presión de sat. para -32°C
Presión	= 5 lb/pulg ²	Igual a 0.233
Temp.	= 20°C	

Aplicando la fórmula

$$\begin{aligned}
 \text{ppm}_v &= \frac{0.233}{(14.7 + 5) 51.7} \times 10^6 = \frac{0.233}{1018.49} \times 10^6 \\
 &= 0.0002287 \times 10^6 = 228.7 \text{ ppm}_v
 \end{aligned}$$

Para un gas nuevo es muy alto el contenido de humedad y deberá ser reacondicionado.

Siempre deberá convertir los valores de punto de rocío a partes por millón en volúmen.

CAPITULO X

RELACION DE TRANSFORMACION Y POLARIDAD

10.1 TEORIA GENERAL

La relación de transformación se define como la relación de vueltas o de voltajes del primario al secundario, o la relación de corrientes del secundario al primario en los transformadores y se obtiene por la relación:

$$ET \quad \frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

Mediante la aplicación de ésta prueba es posible detectar corto circuito entre espiras, falsos contactos, circuitos abiertos, etc.

Respecto a la polaridad, ésta es importante, permitiéndonos verificar el diagrama vectorial de los transformadores de potencia polifásicos. Las pruebas son de gran utilidad, cuando se presentan transformadores cuya placa se ha extraviado y en aquellos casos en que se tengan algunas dudas del devanado.

TECNICA APLICADA

El método más utilizado para llevar a cabo estas pruebas es con el medidor de relación de vueltas Transformer Turn Ratio (T.T.R.) que opera bajo el conocido principio de que cuando dos transformadores que nominalmente tienen la misma relación de transformación y polaridad, y se excitan en paralelo, con la más pequeña diferencia en la relación de alguno de ellos, se produce una corriente circulante entre ambos relativamente grande.

10.2 EQUIPO DE MEDICION

El equipo para medición de relación de transformación (T.T.R.) está formado básicamente: por un transformador de referencia con relación ajustable desde 0 hasta 130 una fuente de excitación de corriente alterna, un galvanómetro detector de corrientes y un juego de terminales de prueba: todo esto, contenido en una misma caja metálica o de fibra. Fig. 10.1 y 10.2.

FIG.10.1 PRUEBA DE RELACION DE TRANSFORMACION
 DIAGRAMA ESQUEMATICO SIMPLIFICADO DEL TTR.
 (TRANSFORMER RATIO TEST)

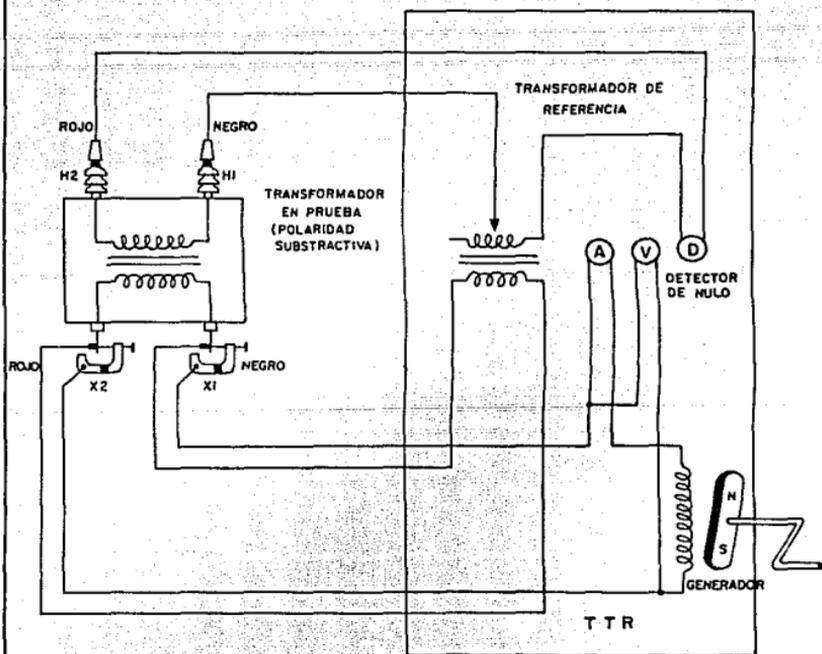
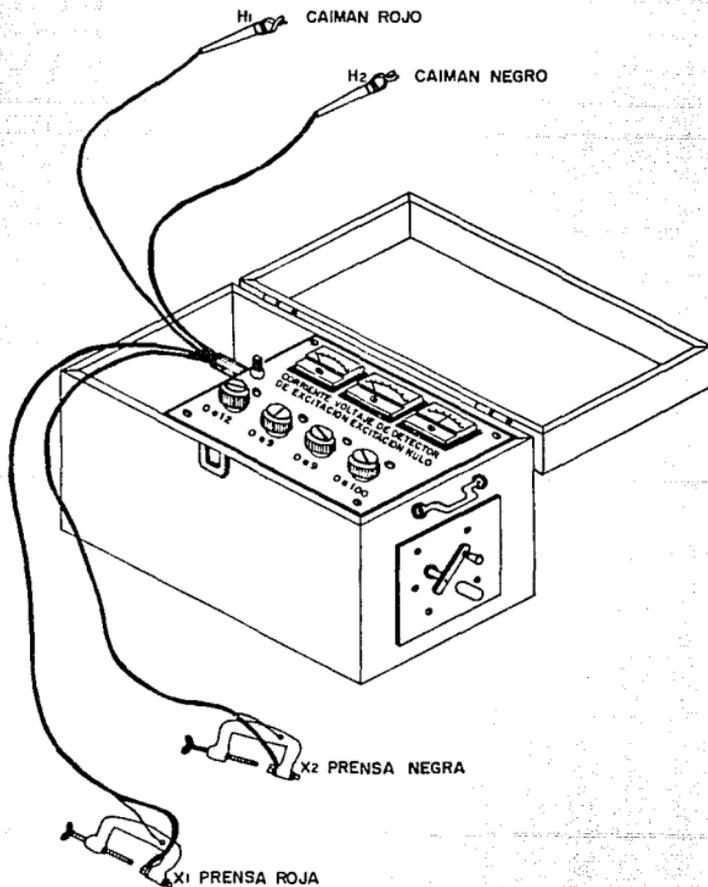


FIG. 10.2 PRUEBA DE RELACION DE TRANSFORMACION
MEDIDOR DE RELACION DE ESPIRAS (T. T. R.) .



Hay tres pasos para la comprobación del correcto funcionamiento del aparato TTR, con éste procedimiento se detecta en forma rápida cualquier alteración en las partes más vulnerables como son: las terminales y sus conectores, el circuito detector, los medidores, el potenciómetro.

COMPROBACION DE BALANCE

Colocar todos los selectores en cero. Conecte H1 con H2. Asegurese que los tornillos de los conectores "C" (X1.X2) no hagan contacto con el tope ni se toquen entre sí. Gire la manivela del generador hasta obtener 8 volts de excitación. Observe el galvanómetro detector, la aguja deberá permanecer al centro de la escala sobre la marca del cero, si es necesario ajuste a cero la aguja con un desarmador, manteniendo los 8 volts de excitación suelte la manivela y observe el galvanómetro detector. La aguja puede quedar ligeramente desviada de la marca cero; si ésta es mayor que $1/16''$, consultar el manual del instrumento en la sección de mantenimiento.

COMPROBACION DE LA RELACION CERO

En las terminales de excitación (X1, X2), apriete los tornillos hasta el tope, hasta que hagan buen contacto con la cara opuesta; si es necesario coloque una arandela de cobre. Mantenga separadas las terminales X1 y X2 y deje las terminales H1 y H2 conectadas entre sí y los selectores en cero. Gire la manivela hasta obtener 3 volts; mientras gira observe el galvanómetro, si la aguja no indica cero, ajuste el cuadro selector hasta lograrlo, manteniendo los 8 volts de excitación. El cuarto selector deberá indicar una desviación no mayor de $1/2$ división. Esta comprobación puede hacerse aún cuando las terminales de excitación se tenga conectadas a un transformador bajo prueba.

COMPROBACION DE RELACION UNITARIA

Efectúe el mismo proceso para las terminales de excitación del punto anterior. Conecte la terminal secundaria negra H1 a la terminal negra de excitación X1 y la terminal secundaria roja H2 a la terminal roja de excitación X2. Coloque los selectores en la lectura 1,000. Gire la manivela hasta obtener 8 volts de excitación y simultáneamente observe el galvanómetro, si la lectura no es cero, ajústela con el cuarto selector sin dejar de girar la manivela. Si el cuarto selector

indica lectura menor de cero, cambie los selectores hasta obtener una lectura de 0.9999: otra vez ajuste el cuarto selector hasta que la aguja marque cero. El equipo deberá leer 1,000 con casi la mitad de una división en el cuarto selector.

10.3 PROCEDIMIENTO

- 1.- Asegúrese que el transformador que se va a probar se encuentre completamente desenergizado, las terminales del equipo bajo prueba sin conexiones.
- 2.- Colocar el probador sobre una superficie plana y apoyo firme, tal que la manivela pueda ser operada sin interrupciones.
- 3.- Conecte las terminales de excitación del TTR, al devanado de menor tensión de los dos que van hacer comprobados. Conecte las terminales secundarias del TTR a las terminales de mayor voltaje, según el diagrama vectorial del transformador bajo prueba.
- 4.- Conectado al transformador el probador, coloque las carátulas del TTR en ceros y gire la manivela un cuarto de vuelta. Si el galvanómetro desvía a la izquierda, la polaridad es aditiva; en caso de polaridad aditiva, deberán intercambiarse las terminales H1 y H2 para conectar el probador a un transformador de polaridad Substractiva.

10.4 APLICACION DE LA PRUEBA DE RELACION DE TRANSFORMACION

La prueba de relación de transformación es aplicable en autotransformadores y reguladores de voltaje, transformadores de potencia y distribución transformadores de instrumentos en la gran mayoría de tipos, tamaños y voltajes.

También ésta prueba es un valioso auxiliar en los siguientes casos: -

- Determinación de condiciones reales del transformador después de la operación de protecciones primarias tales como: diferencial, bucholtz, fusibles de potencia, etc.
- Identificación de espiras en corto circuito.
- En la investigación de problemas relacionados con corrientes circulantes y distribución de carga de transformadores en paralelo.
- Determinación de cantidad de espiras en bobinas de transformadores (por métodos suplementarios).

Las figuras 10.3 a 10.7 muestran las conexiones para la prueba de relación de transformadores, autotransformadores y reguladores.

Fig. 10.3 TRANSFORMADORES DE DOS DEVANADOS

PRUEBA DE
RELACION DE TRANSFORMACION DELTA
ESTRELLA

UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0200-2

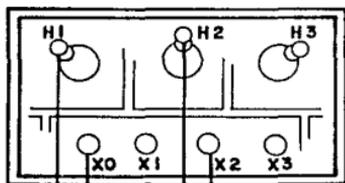
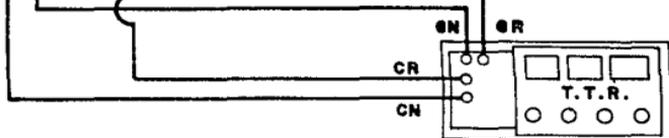
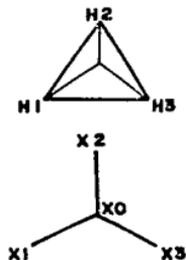


DIAGRAMA VECTORIAL

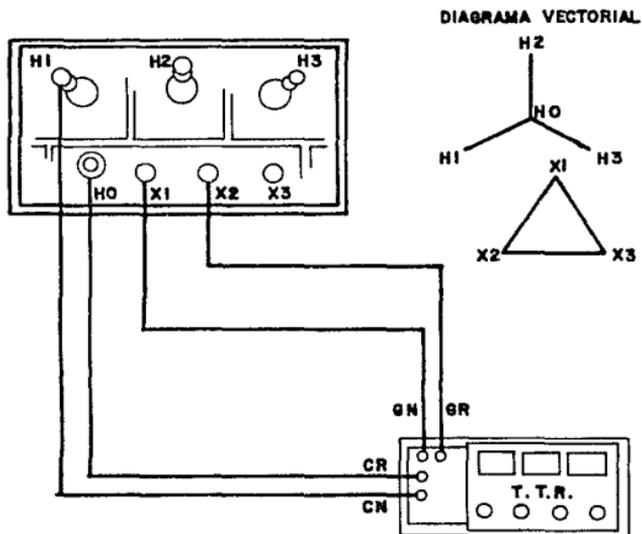


PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	CN	CR	GN	GR	
1	H 1	H 2	X 0	X 2	β 2
2	H 2	H 3	X 0	X 3	β 3
3	H 3	H 1	X 0	X 1	β 1

Fig. 10.4 TRANSFORMADORES DE DOS DEVANADOS

PRUEBA DE
RELACION DE TRANSFORMACION ESTRELLA-
DELTA

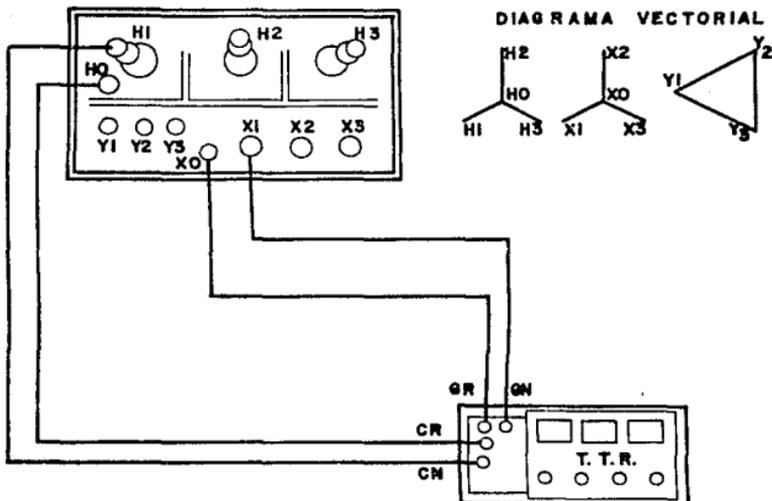
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0200-2



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	CN	CR	GN	GR	
1	H1	HO	X1	X2	β 1
2	H2	HO	X2	X3	β 2
3	H3	HO	X3	X1	β 3

Fig.10.5 TRANSFORMADORES DE TRES DEVANADOS.

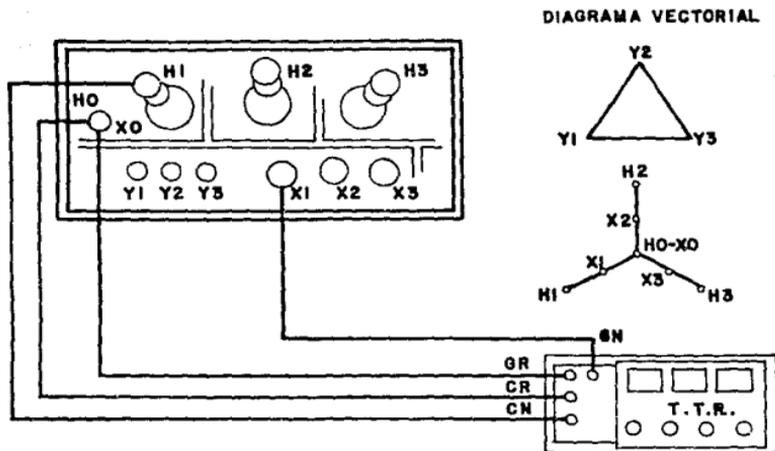
PRUEBA DE
RELACION DE TRANSFORMACION
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0200-2



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	CN	CR	GN	GR	
1	H1	HC	X1	X0	H-X #1
2	H2	HC	X2	X0	H-X #2
3	H3	HC	X3	X0	H-X #3
4	H1	HC	Y1	Y2	H-Y #1
5	H2	HO	Y2	Y3	H-Y #2
6	H3	HO	Y3	Y1	H-Y #3
7	X1	X0	Y1	Y2	X-Y #1
8	X2	X0	Y2	Y3	X-Y #2
9	X3	X0	Y3	Y1	X-Y #3

Fig. 10.6 AUTOTRANSFORMADORES

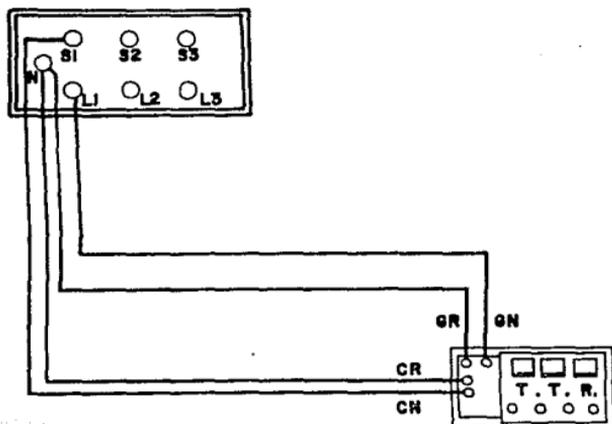
PRUEBA DE
RELACION DE TRANSFORMACION
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0200-2



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	CN	CR	GN	GR	
1	H 1	HO - XO	X 1	HO - XO	H - X β 1
2	H 2	HO - XO	X 2	HO - XO	H - X β 2
3	H 3	HO - XO	X 3	HO - XO	H - X β 3
4	H 1	HO - XO	Y 1	Y 2	H - Y β 1
5	H 2	HO - XO	Y 2	Y 3	H - Y β 2
6	H 3	HO - XO	Y 3	Y 1	H - Y β 3
7	X 1	HO - XO	Y 1	Y 2	X - Y β 1
8	X 2	HO - XO	Y 2	Y 3	X - Y β 2
9	X 3	HO - XO	Y 3	Y 1	X - Y β 3

Fig.10.7 REGULADORES

PRUEBA DE RELACION DE TRANSFORMACION
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE .7.0215-2



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	CN	CR	GN	GR	
1	S1	N	L1	N	β 1
2	S2	N	L2	N	β 2
3	S3	N	L3	N	β 3

De la figura 10.8 a 10.11 se muestran las conexiones para las pruebas de relación de transformadores de instrumentos. La figura 10.12 determina la prueba de polaridad a TC tipo Bushing.

En la tabla 10.1 las conexiones para diferentes tipos de transformadores de potencia de 2 devanados.

10.5 ANALISIS DE RESULTADOS

El % de diferencia entre la relación de Transformación teórica y real medida, se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{ dif} = \frac{\text{Rel. Teó.} - \text{Rel. Med.}}{\text{Rel. Teó.}} \times 100$$

Como regla general, se dice que el % de diferencia no debe ser mayor de 0.5 %, con algunas excepciones.

LIMITACIONES

La prueba realizada con el instrumento TTR no es aplicable en la medición de relaciones de transformación mayores de 130, como el caso de transformadores de potencial de corriente y algunos transformadores de distribución.

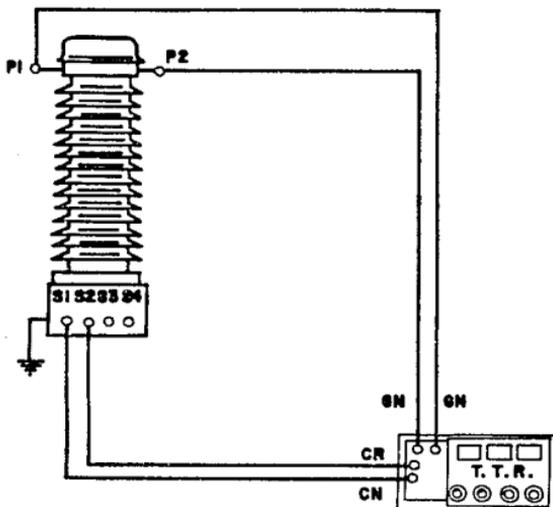
Cuando sea necesario medir relaciones de transformación mayores de 130, se podrá utilizar: un transformador auxiliar portátil o el transformador de referencia de un segundo equipo TTR. Fig. 10.13.

PREPARACION DEL EQUIPO BAJO PRUEBA

- a) Librar el equipo completamente.

Fig. 10.8 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

PRUEBA DE POLARIDAD Y RELACION DE TRANSFORMACION
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0205-2



PRUEBA INVERSA - PARA T_C DE 600/5 ó MAYORES

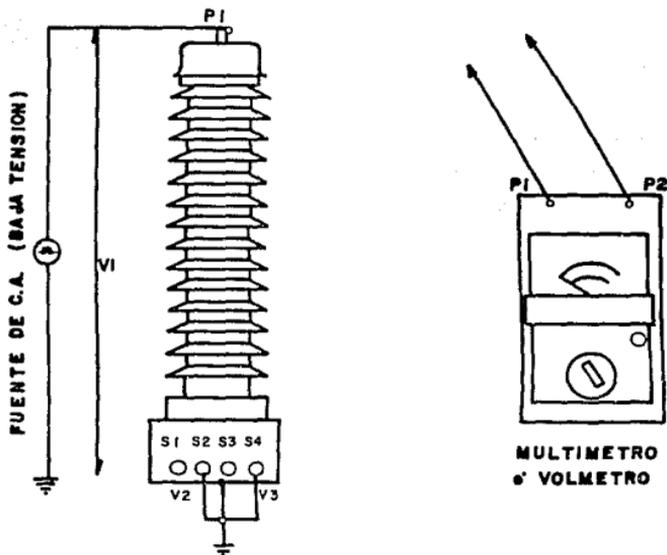
PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE	POLARIDAD
	CN	CR	GN	GR		
1	PI	P2	S1	S2	DEV. 1	
2	PI	P2	S3	S4	DEV. 2	

PRUEBA DIRECTA - PARA T_C DE MENOS DE 600/5

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE	POLARIDAD
	CN	CR	GN	GR		
1	S1	S2	PI	P2	DEV. 1	(-)
2	S3	S4	PI	P2	DEV. 2	(-)

Fig.10.9 TRANSFORMADORES DE POTENCIAL.

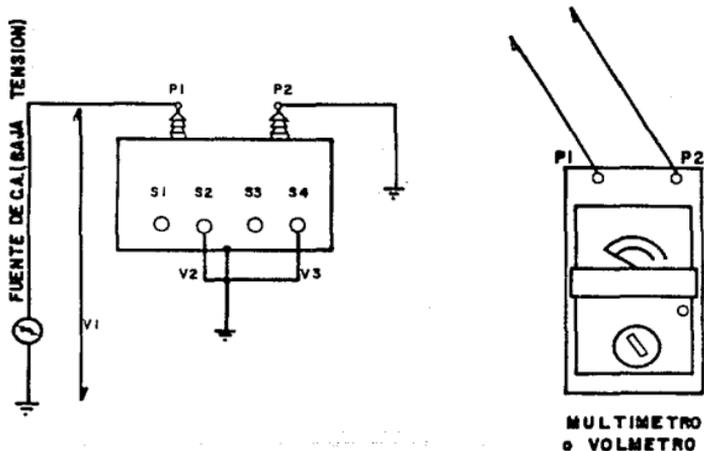
PRUEBA DE RELACION DE TRANSFORMACION
CON UNA TERMINAL DE A.T.
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.02305-2



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	P1	P2	P1	P2	
1	P1	$\overline{\text{---}}$	S1	S2	$V1 / V2$
2	P1	$\overrightarrow{\text{---}}$	S3	S4	$V1 / V3$

Fig. 10.10 TRANSFORMADORES DE POTENCIAL.

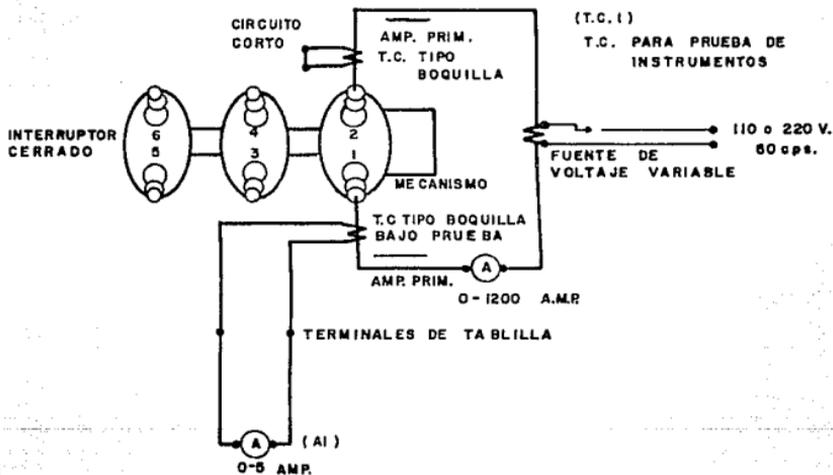
PRUEBA DE RELACION DE TRANSFORMACION
CON 2 TERMINALES DE A.T.
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0205-2



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	P1	P2	P1	P2	
1	P1	P2	S1	S2	$V1 / V2$
2	P1	P2	S3	S4	$V1 / V3$

Fig.10.11 INTERRUPTORES DE GRAN VOLUMEN DE ACEITE.

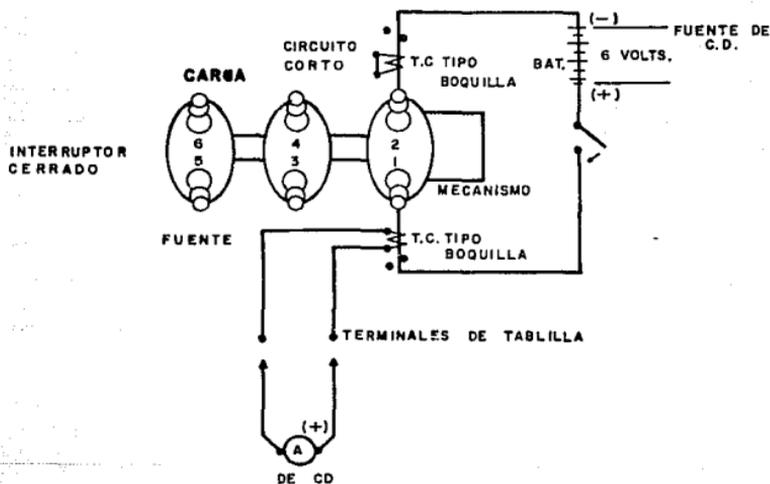
PRUEBA DE RELACION DE TRANSFORMACION DE T.C.
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0221 ó 7.0222



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA		MIDE
	T C I	A I	
1	POLOS 1-2	T C 1	RELACION TC POLO 1
2	POLOS 1-2	T C 2	RELACION TC POLO 2
3	POLOS 3-4	T C 3	RELACION TC POLO 3
4	POLOS 3-4	T C 4	RELACION TC POLO 4
5	POLOS 5-6	T C 5	RELACION TC POLO 5
6	POLOS 5-6	T C 6	RELACION TC POLO 6

Fig.10.12 INTERRUPTORES DE GRAN VOLUMEN DE ACEITE

PRUEBA DE-POLARIDAD DE T.C.
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0221 ó 7.0222



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA		DETERMINA
	POL. + BAT.	POL. + A	
1	POL.T.C. 1	TERM+TC1	LA POLARIDAD DE T.C. 1
2	POL.T.C. 2	TERM+TC2	LA POLARIDAD DE T.C. 2
3	POL.T.C. 3	TERM+TC3	LA POLARIDAD DE T.C. 3
4	POL.T.C. 4	TERM+TC4	LA POLARIDAD DE T.C. 4
5	POL.T.C. 5	TERM+TC5	LA POLARIDAD DE T.C. 5
6	POL.T.C. 6	TERM+TC6	LA POLARIDAD DE T.C. 6

PRUEBA DE RELACION DE TRANSFORMACION TABLA 10.1
PARA TRANSFORMADORES DE 2 DEVANADOS.

CONEXION	DIAGRAMA VECTORIAL	DEF. ANG.	FASE	CONEXION				CORTO CIRCUITO	
				Cr	Cn	Pr	Pn		
ESTRELLA ESTRELLA			0°	A	H1	HO	X1	XO	
				B	H2	HO	X2	XO	
				C	H3	HO	X3	XO	
DELTA DELTA			0°	A	H1	H2	X1	X2	
				B	H2	H3	X2	X3	
				C	H3	H1	X3	X1	
DELTA ESTRELLA			30°	A	H1	H2	X1	XO	
				B	H2	H3	X2	XO	
				C	H3	H1	X3	XO	
DELTA ESTRELLA			30°	A	H1	H2	X1	X2	H1 H3
				B	H2	H3	X2	X3	H1 H2
				C	H3	H1	X3	X1	H2 H3
ESTRELLA DELTA			30°	A	H1	HO	X1	X2	
				B	H2	HO	X2	X3	
				C	H3	HO	X3	X1	
ESTRELLA DELTA			30°	A	H1	H2	X1	X2	X2 X3
				B	H2	H3	X2	X3	X3 X1
				C	H3	H1	X3	X1	X1 X2
DELTA ESTRELLA			150°	A	H1	H2	XO	X1	
				B	H2	H3	XO	X2	
				C	H3	H1	XO	X3	
ESTRELLA DELTA			150°	A	HO	H1	X1	X2	
				B	HO	H2	X2	X3	
				C	HO	H3	X3	X1	
ESTRELLA DELTA			150°	A	H2	H1	X1	X2	X2 X3
				B	H3	H2	X2	X3	X3 X1
				C	H1	H3	X3	X1	X1 X2
DELTA ESTRELLA			150°	A	H2	H1	X1	X2	H2 H3
				B	H3	H2	X2	X3	H3 H1
				C	H1	H3	X3	X1	H1 H2
ESTRELLA ESTRELLA O' DELTA DELTA			180°	A	H1	H2	X1	X	
				B	H2	H3	X2	X	
				C	H3	H1	X3	X	

PRUEBA DE RELACION DE TRANSFORMACION

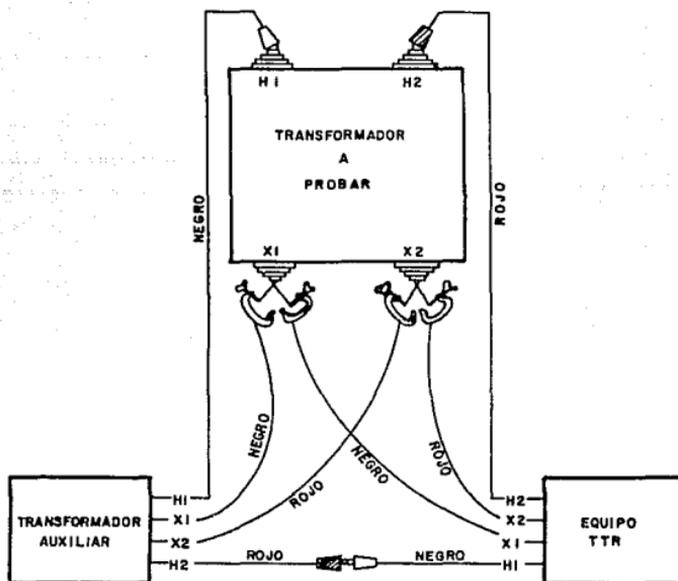


FIG. 10. 13 CONEXIONES DEL TTR CON TRANSFORMADOR AUXILIAR

CAPITULO XI

11.1 TEORIA GENERAL

El objeto de esta prueba es la determinación de los tiempos de operación de interruptores de potencia, en sus diferentes formas de maniobra, así como la verificación del sincronismo de sus polos o fases.

Lo anterior permite comprobar si estas características se mantienen durante su operación, dentro de los límites permitidos o garantizados por el fabricante o bien, dentro de los establecidos por las normas correspondientes, de no ser así será posible entonces programar trabajos correctivos y efectuar ajustes al interruptor para recuperar sus valores o límites originales.

Estas comprobaciones deberán efectuarse en forma periódica a todos los interruptores de potencia, de acuerdo a lo establecido por manuales y guías de mantenimiento.

11.2 TECNICA APLICADA Y EQUIPOS DE PRUEBA

En base a una referencia conocida de tiempo trazada sobre el papel del equipo de prueba, se obtienen los trazos de los instantes en que los diferentes contactos de un interruptor se tocan o separan, a partir de las señales de apertura y cierre de los dispositivos de mando del interruptor, éstas señales de mando del interruptor, también son registradas sobre la gráfica, la señal de referencia permite entonces medir en tiempo y secuencia los eventos anteriores. Pueden distinguirse dos tipos básicos de instrumentos de prueba, lo que utilizan dispositivos electromecánicos, en los cuales una señal eléctrica sobre una bobina actúan mecánicamente sobre agujas que marcan un trazo sobre papel especialmente tratado en su superficie; y los que utilizan galvanómetros que al accionar varían el punto de incidencia de un rayo luminoso sobre papel fotosensible, en ambos tipos el movimiento del papel es efectuado por un motor de corriente directa a una velocidad constante, en algunos equipos la velocidad puede ser ajustada a distintos valores.

La señal de referencia puede ser en base a la frecuencia del sistema o bien puede ser tomada de la salida de un oscilador incluido en el equipo de prueba, de una frecuencia conocida.

Existen varios tipos de marcas de equipo para la prueba de tiempos de operación en interruptores que se han venido utilizando. en Compañía de Luz se distinguen dos grupos principales que son. los del tipo cronógrafo y los del tipo oscilógrafo. las características generales de los equipos mas comunmente usados a la fecha se muestran en la tabla 11.1 en la cual se hacen además algunas observaciones sobre su aplicación así como sus ventajas y desventajas.

Entre las características deseables para cualquiera de estos equipos se pueden mencionar las siguientes:

- a) Velocidad del papel
- b) Número suficiente de canales
- c) Calidad del graficado
- d) Control integrado de las operaciones del interruptor
- e) Tamaño compacto y resistencia al uso.
- f) Fácil manejo y mantenimiento reducido
- g) Bajo costo
- h) Funciones adicionales

Los 3 equipos principalmente utilizados en la Compañía de Luz son:

- 1.- El Millingraph Que consiste de 6 v 8 pistas para poder graficar simultáneamente en papel metálico.
- 2.- El FAVAG- Que utiliza solamente 4 pistas con papel encerado.
- 3.- El analizador T R 1 - A - Que utiliza 8 y 12 pistas simultáneamente, graficando además de los tiempos de apertura y cierre, el comportamiento y amortiguamiento de cada uno de los polos. Este equipo utiliza galvanómetros del tipo de espejo y papel foto sensible a la luz.

A manera de ejemplo se describen el "FAVAG", el cual es de operación electromecánica y está diseñado para registrar los tiempos de operación de las tres fases y la operación de la bobina de cierre o apertura simultáneamente, así como para registrar el sincronismo existente, entre los diferentes contactos de un interruptor de alta tensión.

El FAVAG requiere de una fuente de alimentación de 120 Volts de C.D., para efectuar las funciones de cierre o apertura, así como para la supervisión de los contactos de operación, de las fases de los interruptores y la bobina de control. En tanto que para poder efectuar la medición del tiempo empleado en dichas

TABLA II

PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS EMPLEADOS
PARA LAS PRUEBAS DE TIEMPOS DE OPERACION DE INTERRUPTORES.

EQUIPO	VELOCIDAD DE GRAFICADO	Nº CANALES DE REGISTRO	CONTROL DE OPERACIONES CIERRE Y APERTURA	ESCALA DE TIEMPO	ACADIDAD DE GRAFICADO	OBSERVACIONES
FAVAG MODELO 17.5120.009	300 mm/seg.	4	NO	ms (1ms=0.3mm)	BUENA	-USO LIMITADO POR SU BAJA VELOCIDAD Y REDUCIDO NUMERO DE CANALES. -NO TIENE CONTROL PARA LAS OPERACIONES DEL INTERRUPTOR.
FAVAG MODELO 17.5120.001	1000 mm/seg	4	NO	ms (1ms=1mm)	BUENA	-REDUCIDO NUMERO DE CANALES. -NO TIENE CONTROL PARA LAS OPERACIONES DEL INTERRUPTOR.
AEG	1000 mm/seg	5	SI	ms (1ms=1mm)	BUENA	-REDUCIDO NUMERO DE CANALES DE REGISTRO.
MILLIGRAPH 4V - 6C	VARIABLE	10 (4 BOBINAS) (6 CONTACTOS)	SI	ms (VARIABLE)	BUENA	-VELOCIDAD VARIABLE DEBIDO A QUE EL MOVIMIENTO DEL PAPEL ES MANUAL POR LO TANTO LO ES TAMBIEN LA ESCALA DE TIEMPO.
MILLIGRAPH 2V - 12C	VARIABLE	14 (2 BOBINAS) (12 CONTACTOS)	SI	ms (VARIABLE)	BUENA	-MAYOR NUMERO DE CANALES. -VELOCIDAD VARIABLE DEBIDO A QUE EL MOVIMIENTO DEL PAPEL ES MANUAL
DOBLE TR-2 PR-2	25.4mm/seg HASTA 3225.8mm/seg	21 (18 CONTACTOS) (3 EVENTOS)	SI	ms (1ms=3.22mm) AJUSTABLE	BUENA (SENSIBLE A LA LUZ)	-ALTA VELOCIDAD Y EXCELENTE PRECISION -NUMERO SUFICIENTE DE CANALES PARA INTERRUPTORES MULTICAMARAS DE TENSIONES ALTAS. -CUENTA CON ADITAMENTOS Y ACCESORIOS PARA FUNCIONES ADICIONALES COMO ES EL ANALISIS DE CARRERA. -COSTO ELEVADO CON RELACION A OTROS EQUIPOS.
HONEYWELL ACB-I-828	2.54mm/seg HASTA 3048mm/seg	28 (24 CONTACTOS) (4 EVENTOS)	SI	(1ms=3.05mm) AJUSTABLE	(SENSIBLE A LA LUZ)	-ALTA VELOCIDAD Y EXCELENTE PRECISION -NUMERO SUFICIENTE DE CANALES PARA INTERRUPTORES MULTICAMARA DE TENSIONES ALTAS. -COSTO ELEVADO CON RELACION A OTROS EQUIPOS. EQUIPO DELICADO NO ADECUADO PARA USO EN EL CAMPO.

operaciones, este aparato consta de un motor sincrónico de C.A., alimentado a 220 Volts, que en base a la frecuencia de operación de 60 ciclos/segundo, genera una velocidad constante de desplazamiento del papel de 300 mm., por segundo. Además contiene una plumilla que genera pulsos, éstos nos marcan los trazos en el papel; de los instantes en que los diferentes contactos de un interruptor se tocan o se separan a partir de las señales de cierre y apertura de los dispositivos de mando del interruptor, estas señales son registradas sobre la gráfica que se muestra a continuación.

Registro	Fase	A
Registro	Fase	B
Registro	Fase	C
Registro de	Bobina de Operación	
Registros	Ciclos	

La señal de referencia permite entonces medir el tiempo y secuencia de los eventos anteriores.

Frecuencia de trabajo = 60 ciclos/segundo

Por lo que un ciclo = 16.66 milisegundos

Velocidad de desplazamiento de papel 300mm/seg.

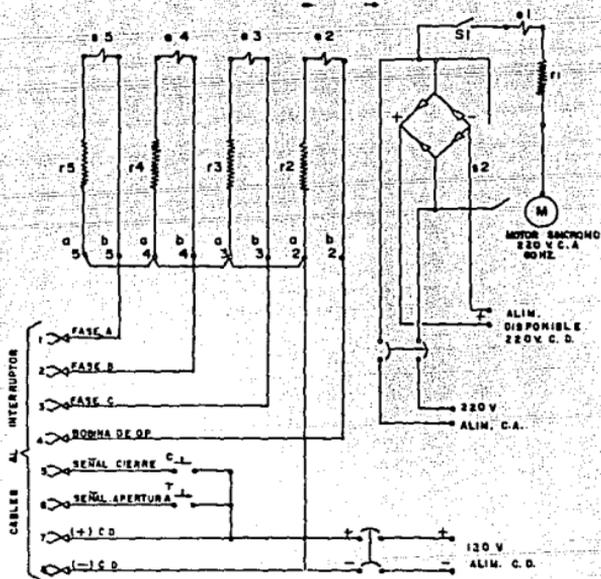
Por lo que un ciclo = 5 mm.

Por lo tanto, las mediciones de los tiempos de operación se efectúan en base a:

1 Ciclo = 16.66 milisegundos = 5 mm

Esto puede observarse en la fig. 11.1 en donde se muestra el diagrama simplificado del circuito empleado por el "FAVAG".

Otro de los equipos para estas pruebas, es el analizador de operaciones marca Cincinnati, que se utiliza en las pruebas de los interruptores de potencia en aceite, mediante el cual es posible analizar los desplazamientos reales de los bastones de operación, que deben ser de movimientos verticales.



- e1 BOBINA DE OPERACION PLUMILLA BASE PARA MEDICION DE TIEMPO
- e2 BOBINA DE REGISTRO DE OPERACION BOBINA
- e3 BOBINA DE REGISTRO DE OPERACION FASE C
- e4 BOBINA DE REGISTRO DE OPERACION FASE B
- e5 BOBINA DE REGISTRO DE OPERACION FASE A

FIG. 11- DIAGRAMA ESQUEMATICO DE OPERACION DEL FAVAC.

Esta prueba tiene la finalidad de determinar las condiciones de operación del mecanismo de los contactos de los interruptores, para detectar defectos tales como excesiva fricción en las operaciones de cierre o apertura, ajustes incorrectos en los resortes de aceleración acción impropia de amortiguadores mecánicos o hidráulicos, efectos de rebote y desajuste en topes y velocidad de contactos.

Estas pruebas también se utilizan para elaborar las estadísticas de los resultados obtenidos durante las pruebas y a través del tiempo tener una base de comparación, para analizar el desgaste en los mecanismos y el comportamiento de éstos durante la vida operativa de los interruptores, al efectuar los trabajos de mantenimiento que se practican periódicamente.

11.3 APLICACION DE LA PRUEBA

Esta prueba es aplicable exclusivamente a interruptores de potencia y en particular a interruptores de alta tensión en todos sus tipos y diseños como son:

Gran volumen de aceite	Poco volumen de aceite
Aire comprimido	Gas o SF ₆
Soplo magnético	Vacio

La prueba adquiere mayor importancia en el caso de equipo sofisticado, como es el de interruptores modulares con cámaras múltiples, con mecanismo de operación independiente por polo, dotados o no de resistencia de inserción, debido a que en éstos es más problema la pérdida de sincronismo entre polos o contactos de un polo, así como la variación en servicio de tiempos de cierre o apertura de todas o cada una de las fases.

La prueba o mediciones que a continuación se indican son aquellas que se consideran normales, tanto para mantenimiento como para puesta en servicio de un interruptor.

- a) Determinación del tiempo de apertura
- b) Determinación del tiempo de cierre
- c) Determinación del tiempo cierre-apertura en condición de disparo libre (trip-free) o sea el mando de una operación de cierre y uno de apertura en forma simultánea, se verifica además el dispositivo de antibombeo.

- d) Determinación del sincronismo entre contacto de una misma fase, tanto en cierre como apertura.
- e) Determinación de la diferencia en tiempo entre los contactos principales y contactos auxiliares de resistencia de inserción, ya sean estos para apertura o cierre.
- f) Determinación de los tiempos de retraso en operación de recierre si el interruptor está previsto para este tipo de aplicación, ya sea recierre monofásico o trifásico.

Las tres primeras pruebas son aplicables a todo tipo de interruptor mientras que las tres últimas son aplicables a tipos específicos: la prueba d) a interruptores multicámaras, la e) a interruptores dotados de resistencias de inserción y la f) a equipos aplicados en recierre.

Dependiendo del interruptor por probar en lo que a número y arreglo de cámaras se refiere, así como el número de canales disponibles en el equipo de prueba, es posible en algunos casos determinar dos o más de los tiempos anteriores simultáneamente en una sola operación.

Se pueden presentar casos en los cuales por razones específicas se requiere efectuar algunas pruebas diferentes a las normales o bien algunas variaciones de estas que le dan carácter de especial.

Este tipo de pruebas son necesarias cuando se necesita una mayor investigación en algún problema específico y deberán diseñarse de acuerdo a lo que se desea investigar.

Otro caso de prueba especial es aquella que requiere un determinado tipo de interruptor que por su diseño o arreglo de cámaras cae fuera de lo que puede considerarse normal como es el caso de algunos interruptores neumáticos Mitsubishi y modelos antiguos de Merlin & Gerin, en los cuales en serie con las cámaras de interrupción se tienen desconectores cuya función exclusiva es aislamiento (no tienen capacidad de interrupción), el sincronismo entre cámaras y desconectores debe entonces ser verificado periódicamente.

11.4 CONDICIONES GENERALES PARA LA PRUEBA

El equipo por probar deberá estar con libranza concedida por el área de Operación Sistema correspondiente.

El interruptor se probará totalmente desenergizado o sea sin potencial de línea o bus en sus terminales.

Por seguridad deberán mantenerse abiertas las cuchillas desconectoras en ambos lados del interruptor.

Cada una de las pruebas que se indican más adelante como pruebas normales, deberán hacerse de preferencia a los valores nominales del interruptor en lo que se refiere a presiones de operación en sus cámaras y mecanismo (acumuladores de presión) y voltaje de control para cierre o disparo, conviene eventualmente y por excepción efectuar las mismas pruebas pero a los valores mínimos de presión y/o voltaje de control a fin de determinar si ésta condición afecta o no y en que grado, los tiempos de operación y sincronismo del equipo en prueba.

En el caso de instalaciones con estación y red centralizada de aire deberán tomarse las precauciones necesarias a fin de no poner en riesgo durante las pruebas la correcta operación de los demás interruptores.

Al devolver la llbranza del equipo probado asegurarse que los valores de presión y tensión de control estén dentro de su rango nominal.

11.5 PROCEDIMIENTO Y CIRCUITO DE PRUEBA

Las conexiones entre el equipo de prueba y el interruptor por probar, son en términos generales, simples y requieren de un cierto criterio de la persona que va a ejecutar las pruebas, así como el conocimientos del arreglo físico de las cámaras y contactos del interruptor, también del equipo de prueba y sus terminales de conexiones.

Deberá ponerse especial atención en la forma de conectar equipos que cuenten con control sobre las operaciones de cierre y apertura del interruptor, de tal forma que no se interfiera con las funciones del circuito de control.

las figuras 11.2 a la 11.11 muestran conexiones entre los equipos de prueba más comunes y el interruptor por probar.

11.6 ANALISIS DE RESULTADOS

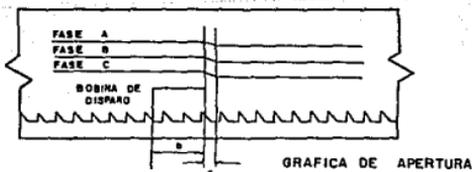
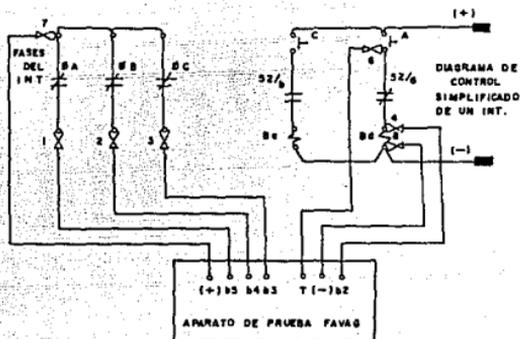
A continuación se hace referencia respecto a los valores de los tiempos anteriormente descritos que establecen un cierto criterio a modo de guía general ya que los valores particulares para cada tipo de interruptor es una característica propia que generalmente dá el fabricante en sus instructivos.

TIEMPO DE APERTURA

Es el tiempo medido desde el instante en que se energiza la bobina de disparo, hasta el instante en que los contactos del interruptor se han separado en todos los polos.

FIG. II.2. DIAGRAMA DE CONEXIONES Y RESULTADOS EN LA PRUEBA DE APERTURA DE INTERRUPTORES. R-7.0203-4

DIAGRAMA DE INTERRUPTOR EN POSICION CERRADO

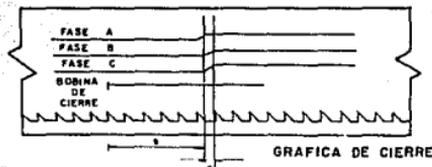
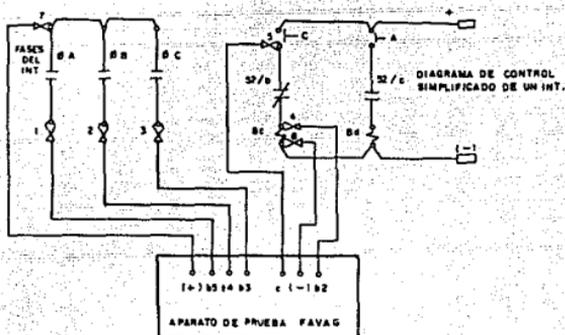


EN DONDE:

- a = ASINCRONISMO DE FASES
- b = TIEMPO DE CIERRE

FIG.11.3 DIAGRAMA DE CONEXIONES Y RESULTADOS EN LA PRUEBA DE CIERRE DE INTERRUPTORES R-7.0203-4

DIAGRAMA DE INTERRUPTOR EN POSICION ABIERTO

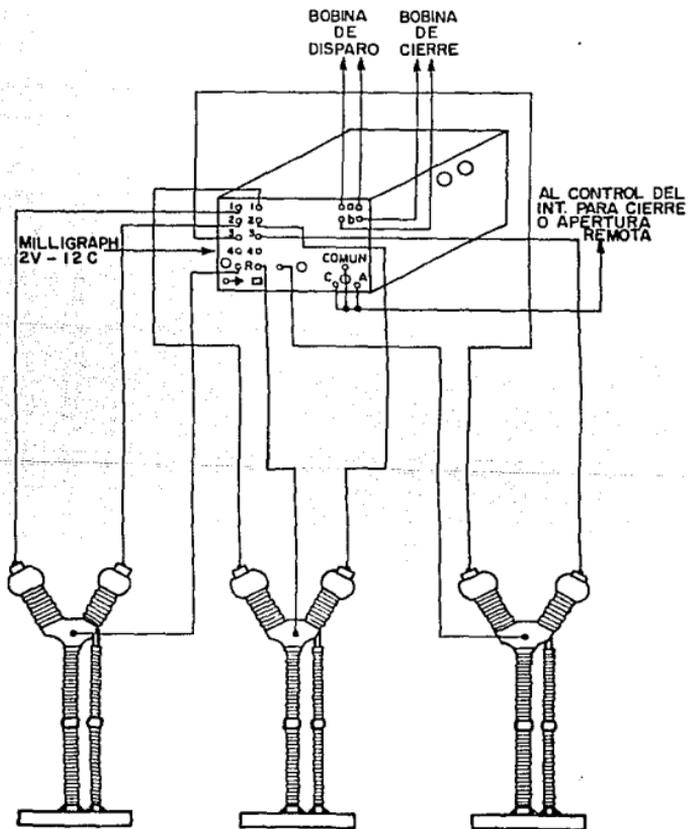


EN DONDE:

a = ASINCRONISMO DE FASES

b = TIEMPO DE CIERRE

**FIG. 11.4 PRUEBA DE TIEMPOS DE OPERACION
A INTERRUPTORES DE POTENCIA.**
**DIAGRAMA DE CONEXIONES DE UN EQUIPO
MILLIGRAPH A UNA FASE DE UN INTE-
RRUPTOR MULTICAMARA. R-7.0203-4**



**FIG. 11.5 PRUEBA DE TIEMPOS DE OPERACION
A INTERRUPTORES DE POTENCIA.**

**DIAGRAMA DE CONEXIONES DE UN EQUIPO
MILIGRAPH A UN INTERRUPTOR DE GRAN
VOLUMEN DE ACEITE. R-7.0203-4**

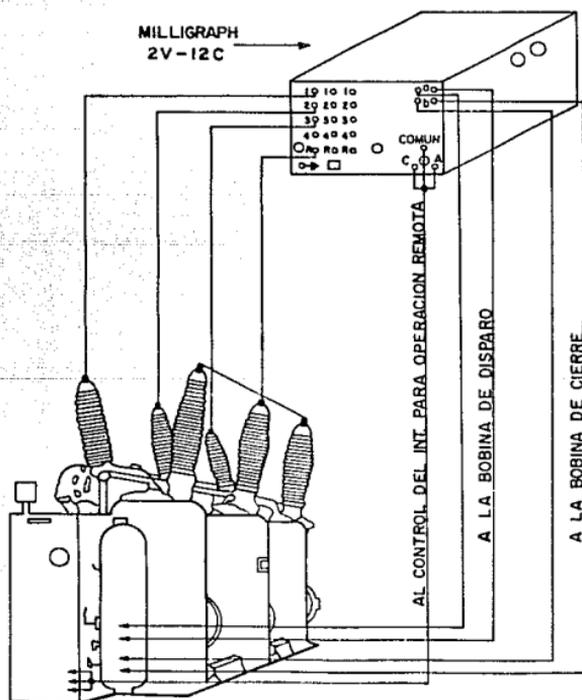
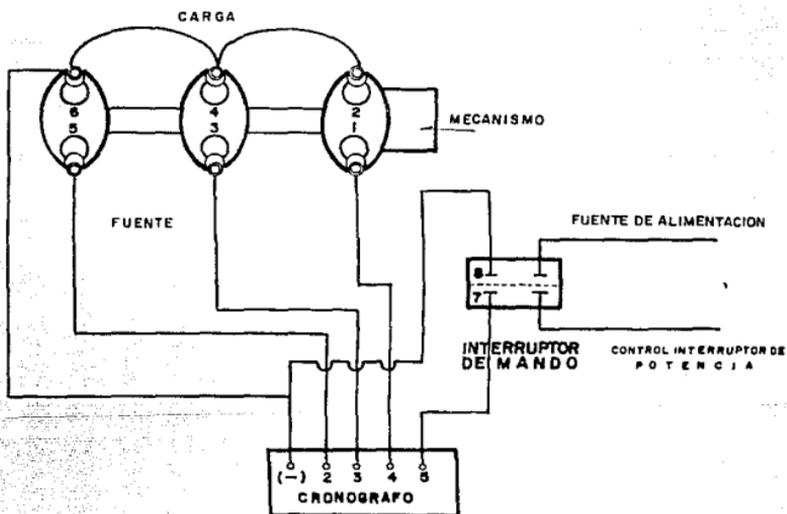


FIG.II.6 INTERRUPTORES DE GRAN VOLUMEN DE ACEITE.

PRUEBA DE VELOCIDAD DE OPERACION

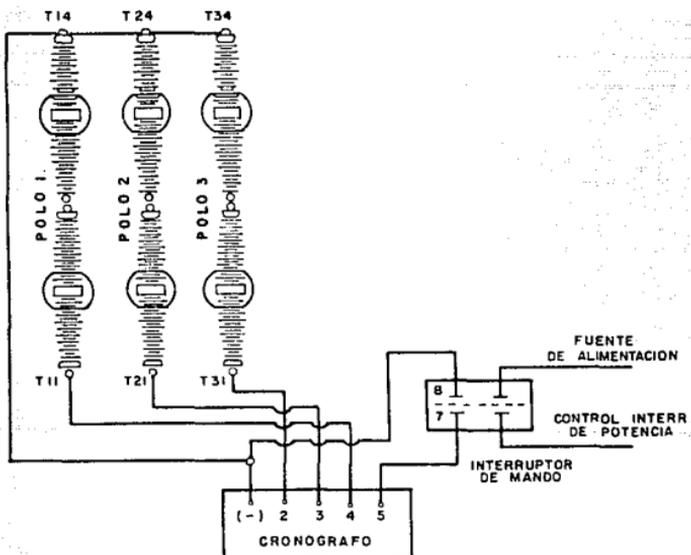
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0203-4



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA					OPERACION
	(-)	2	3	4	5	
1	2-4-6-8	5	3	1	7	CIERRE
2	2-4-6-8	5	3	1	7	APERTURA

FIG.11.7 INTERRUPTORES DE BAJO VOLUMEN DE ACEITE

- PRUEBA DE VELOCIDAD DE OPERACION POR POLO
 — UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0203-4

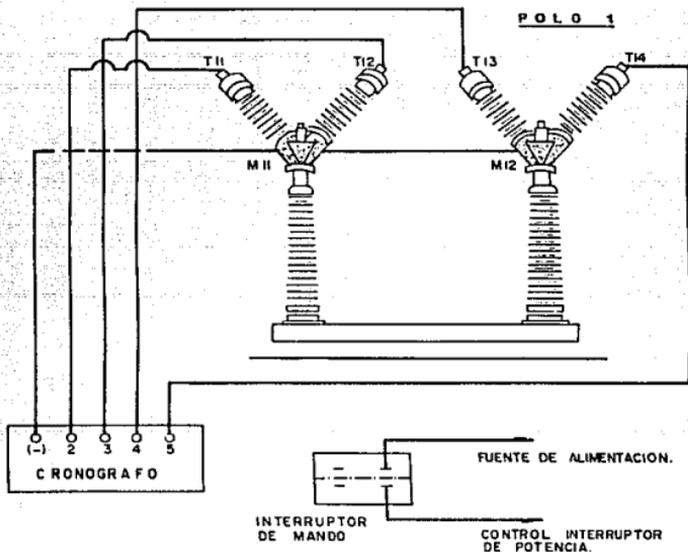


PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA					OPERACION
	(-)	2	3	4	5	
1	T14,T24,T34, B	T31	T21	T11	7	CIERRE
2	T14,T24,T34, B	T	T21	T11	7	APERTURA

FIG.11.8 INTERRUPTORES DE BAJO VOLUMEN DE ACEITE

———— PRUEBA DE VELOCIDAD DE OPERACION POR CAMARA.

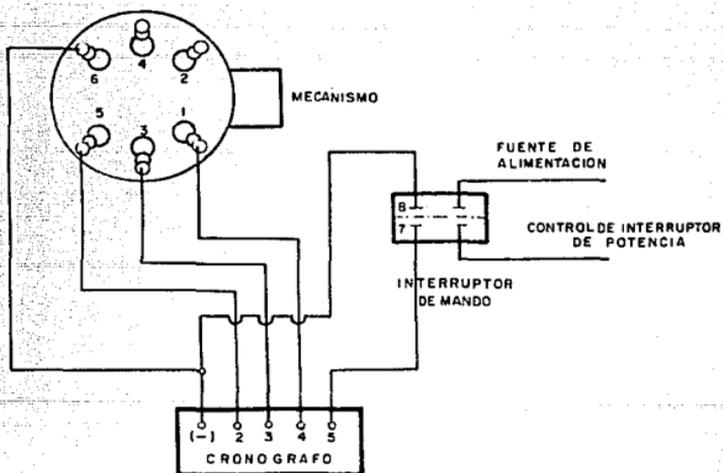
———— UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE. 7.0203-4



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA						OPERACION	POL O
	(-)	2	3	4	5			
1	M11, M12	T 11	T 12	T 13	T 14		CIERRE	1
2	M11, M12	T 11	T 12	T 13	T 14		APERTURA	1
3	M21, M22	T 21	T 22	T 23	T 24		CIERRE	2
4	M21, M22	T 21	T 22	T 23	T 24		APERTURA	2
5	M31, M32	T 31	T 32	T 33	T 34		CIERRE	3
6	M31, M32	T 31	T 32	T 33	T 34		APERTURA	3

FIG. 11.9 - INTERRUPTORES DE VACIO

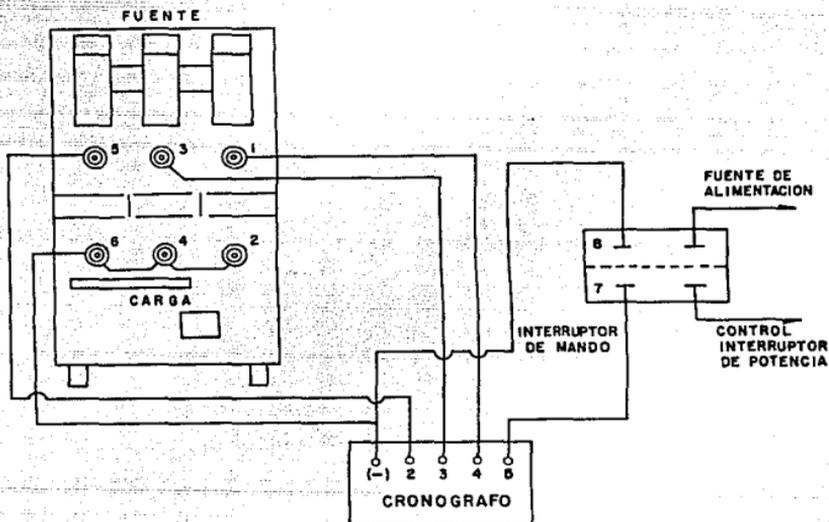
PRUEBA DE VELOCIDAD DE OPERACION
UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0203-4



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA					OPERACION
	(-)	2	3	4	5	
1	2-4-6-8	5	3	1	7	CIERRE
2	2-4-6-8	5	3	1	7	APERTURA

FIG. II.10 INTERRUPTORES DE SOPLO MAGNETICO.

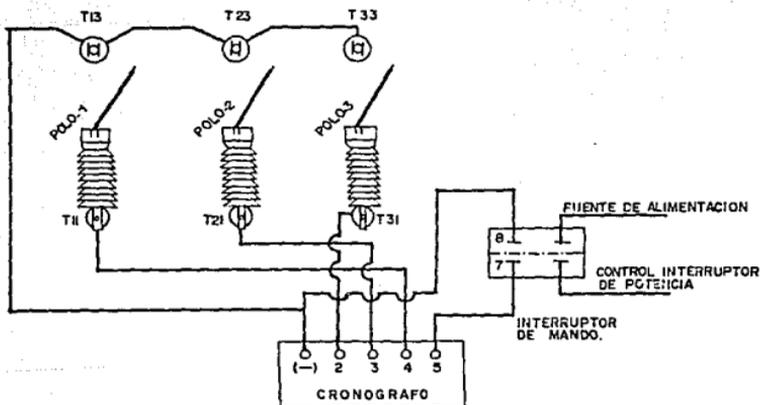
— VELOCIDAD DE OPERACION
 — UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE 7.0203-4



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA					OPERACION
	(-)	2	3	4	5	
1	2-4-6-8	5	3	1	7	CIERRE
2	2-4-6-8	5	3	1	7	APERTURA

FIG. II.11 INTERRUPTOR-CIRCUIT-SWITCHER

- PRUEBA DE VELOCIDAD DE OPERACION.
 ———— UTILIZAR LA FORMA DE REPORTE. 7.C203-4



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA					OPERACION
	(-)	2	3	4	5	
1	T13, T23 T33, 2	T31	T21	T11	7	CIERRE
2	T13, T23 T33, 8	T31	T21	T11	7	APERTURA

Es necesario que esta operación se realice en el menor tiempo posible, para que en condiciones de falla, el circuito en cuestión sea aislado del sistema lo más rápido, de acuerdo con la operación de las protecciones.

Los interruptores están clasificados en lo que se refiere a su tiempo de interrupción en interruptores de ciclos, 5 ciclos, 3 ciclos y actualmente ya existen aparatos de 2 ciclos nominales, estos rangos están dados en base a las pruebas de prototipo que efectúan los fabricantes y es el tiempo máximo obtenido dentro de toda la gama de pruebas efectuadas.

El tiempo de interrupción como ya se dijo, está compuesto por el tiempo de apertura o separación mecánica de contacto, más el tiempo de arco; entonces se puede establecer que los tiempos de apertura medidos en el campo deben ser menores a los tiempos de interrupción nominales indicados; en general, son de uno o dos ciclos menores que éstos.

TIEMPO DE CIERRE

Es el intervalo de tiempo medido desde que se energiza la bobina de cierre, hasta el instante en que se tocan los contactos principales en todos los polos. Es importante analizar el tiempo empleado al efectuar el cierre de los interruptores, debido a que en algunos casos estos interruptores tienen que formar parte de los sistemas de sincronización manual o automática y en tales casos, también se requieren tiempos de cierre no muy grandes, para la coordinación de tiempos entre el orden de cierre y el cierre mismo del interruptor.

Los tiempos de cierre son generalmente más largos que los de apertura y su importancia es relativamente menor, pueden variar mucho dependiendo del tipo de interruptor, su mecanismo y lo voluminoso de sus partes en movimiento, por lo anterior no se pueden establecer valores promedio. Se requiere en este caso basarse en los tiempos dados por el fabricante para cada modelo en particular o bien en base a comparación entre interruptores similares.

TIEMPO CIERRE - APERTURA

Los valores que deben obtenerse en el campo, son prácticamente similares a los de la suma del tiempo de cierre más el de apertura, las variaciones con respecto a ésta pueden deberse a que en éste caso

la señal de apertura esta dependiendo de que se complete primero la operación de cierre previamente dada.

SIMULTANEIDAD ENTRE FASES Y ENTRE CONTACTOS DE UNA MISMA FASE

Lo normal sería que los fabricantes dieran en sus instructivos información sobre las diferencias máximas en tiempo permisible en sus interruptores para considerar que sus contactos están operando simultáneamente, sin embargo es una información de la que no siempre se dispone.

Así en coordinación con las pruebas de los tiempos de cierre y apertura, es necesario analizar si dichas funciones se realizan con sincronismo entre las fases. Una condición de asincronismo fuera de los límites establecidos por cada fabricante, originará daños en los interruptores; tanto en la apertura bajo condiciones de falla, como para el cierre, en donde si existe asincronismo de operación entre las fases, esto originará que las protecciones propias del interruptor ordenen la desconexión inmediata del mismo, dicha operación se denomina "disparo por asincronismo de fase". La cual además de ordenar la apertura del interruptor, también manda una señal de alarma de alerta, para que de esta manera se ordena la revisión y corrección de las causas de dicha falla.

11.7 VOLTAJES MINIMOS DE OPERACION

El objetivo de esta prueba es el de verificar los valores mínimos de operación de los dispositivos de control y protección tanto de un interruptor como de una cuchilla desconectadora operada eléctricamente.

DESCRIPCION DE LA PRUEBA

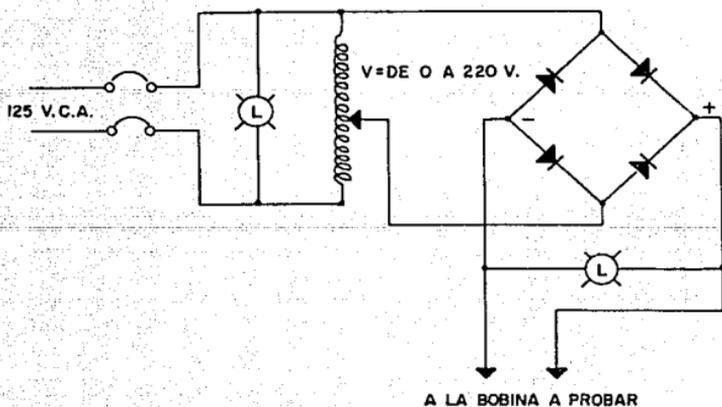
Se lleva a cabo mediante un Variac o Autotransformador con el cual se va variando la tensión desde un valor cero hasta que opere la bobina de cierre o apertura del elemento en prueba, y se verifica si dichos resultados concuerdan con las especificaciones proporcionadas por el fabricante.

El circuito de prueba para voltajes mínimos se muestran en la figura 11.12

PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

- 1.- Verificar el funcionamiento adecuado del Variac
- 2.- El SW (interruptor) de prueba debe estar abierto

FIG. 11 - 12 PRUEBA DE INTERRUPTORES
CIRCUITO DE PRUEBA PARA —
VOLTAJES MINIMOS. R 7-023-2



- 3.- El Dial (perilla reguladora) debe estar en cero
- 4.- Investigar las especificaciones proporcionadas por el fabricante, esto es, ver tipo de alimentación, si éste es de corriente alterna o corriente directa, tanto para la bobina de cierre, como para la bobina de apertura. Así como el valor de dicha alimentación (125 V ó 220 V) ya que de esto depende la conexión del Variac a la fuente de alimentación.
- 5.- Se realizan las conexiones correspondientes en base al diagrama esquemático mostrado en la figura.
- 6.- Una vez realizadas las conexiones se cierra el SW de prueba y se empieza a incrementar la tensión con el Dial desde un valor cero hasta que opere la bobina bajo prueba. Se anota el voltaje mínimo de operación y se consigna en el reporte correspondiente.

El resultado de dicha prueba será satisfactorio, si los resultados concuerdan con las especificaciones de la bobina.

CONCLUSIONES

A manera de conclusiones emanadas del presente trabajo diremos que:

- 1.- Al manejar o trabajar con energía eléctrica requiere de un conocimiento profundo de esta materia; lo mismo en el aspecto teórico que en el aspecto práctico, incluyendo por supuesto las normas de seguridad que deben estar presentes en todo momento que se labore en instalaciones eléctricas de baja, mediana y alta tensión.

Cultivándonos y superándonos día con día en estos tres aspectos:

- El conocimiento teórico, el adiestramiento práctico y guardando las normas y reglas de seguridad, se puede tener la corteza, que cualquier proyecto que se emprenda, por difícil que éste parezca, se llevará a feliz término, proporcionando una satisfacción personal y de grupo a los que lo realicen.

- 2.- El conocimiento básico, fundamental y aún más detallado de los componentes de un equipo eléctrico (transformador, interruptor, cuchillas, apartarrayos etc.). Nos proporcionará una visión amplia de como funciona, para que ha sido diseñado. Esto nos dará un panorama más real del tipo de respuesta emitido por un elemento de una Subestación al tener contacto con los diferentes parametros (tensión, corriente, potencia, etc.), que conforman la energía eléctrica.

3.- Conocer el principio básico fundamental de un instrumento de prueba (megger, TTR, probador de F.P. o de rigidez dieléctrica etc.). Es decir: cuales son sus elementos, como está diseñado, para que está diseñado y cuales son sus alcances. Nos llevará al mejor empleo del instrumento, al adecuado uso de cada uno de ellos y a la conservación del mismo.

4.- El conocimiento pleno de cada una de las pruebas por realizar, a los diferentes equipos eléctricos de una Subestación es decir: que tengamos la certidumbre de cual es su teoría, cual es su objetivo, su metodología, el procedimiento, las normas de seguridad a seguir y el análisis de resultados. Esto nos llevará a aplicar con mayor eficiencia la prueba a diferentes equipos eléctricos y determinaremos con menor margen de error el estado en que se encuentre dicho equipo bajo prueba.

5.- El propósito fundamental de este trabajo fue tratar de conjugar el conocimiento teórico y práctico de los:

- Diferentes elementos de una subestación de alta tensión
- Diferentes instrumentos de prueba.
- Diferentes pruebas a realizar a los elementos de una subestación, de su metodología, procedimientos y análisis de resultados amén de seguir en todo momento las normas de seguridad.

Prentendiendo ser una guía tanto para el Ingeniero residente de una Subestación durante el montaje o el mantenimiento, así como para el personal encargado de realizar las pruebas en campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- C.F.E. División Jalisco. Pruebas Eléctricas a Equipos de Plantas y Subestaciones.
- C.F.E. Gerencia de Distribución Comité Región Sureste.
- Procedimientos de Pruebas de Campo para Mantenimiento Eléctrico de Subestaciones de Distribución.
- Compañía de Luz y Fuerza. Manual de Diseño de Subestaciones Tomo I. y II.
- Conelec, S.A. Manual Eléctrico. Tercera Edición.
- Donald G. Fink. Standard Hand Book for Electrical Engineers 11a. Edición.
- Enriquez H. Gilberto. Elementos de Diseño de Subestaciones Eléctricas.
- Enriquez H. Gilberto. Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de mediana y alta tensión.
- Guerrero. S. Fernando. Puesta en Servicio de Subestaciones de Potencia.
- James G. Biddle Co. A Stich in time Manual on Electrical Insulation Testing for the Practical Man.
- Westinghose Electric Corporation. inspection and Test of Electrical Equipment.

TRANSFORMADORES DE POTENCIA

REPORTE
7.0200-1

1 DE 4

S.E. CUAUTITLAN

BANCO T- 82 E

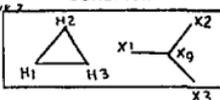
FECHA 25 MAYO 92

DATOS DE PLACA:

Marca TAKACKA
 Tensión Nominal 110/13.8 Kv 23/13.8 Kv
 Potencia 20, 25, 30 MVA
 Enfriamiento CA FA FA
 Tipo S1001/B1001 CHL
 Tipo de Aceite NACIONAL
 Volumen Aceite 34000 Lt.
 N° Pedido -
 % Impedancia 30 MVA 110/13.8 15.1
 N° Serie 9147471
 Mec. Cambiador TAKACKA
 N° De Serie A916037

Banco Monofasico
 Transformador Trifasico
 Autotransformador
 Nuevo
 Usado
 Pruebas Preliminares
 Pruebas Finales

CONEXION



PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

DATOS EQUIPO DE PRUEBA: Marca ISOLATION MESSER

N° Serie 2599049

Tensión de Prueba 1000 V.C.D

Temp. Ambiente 20 °C

Tiempo de Prueba 1 minuto

Temp. Aceite - °C

PRUEBAS	LECTURAS EN M.V.		RESULTADO DE LAS PRUEBAS
	MEDIDAS	CORREGIDAS A 20 °C	
H-X	20000	20000	BIEN
H-X+T	20000	20000	BIEN
X-H+T	20000	20000	BIEN

OBSERVACIONES:

EFFECTUO LA PRUEBA

DEPTO. RECEPTOR

E. J. J / JRDS.

NOMBRE Y FIRMA

NOMBRE Y FIRMA

MAY - 86

Rev

NORMAS-SUBGERENCIA ELECTRICA DE CONSTRUCCION

4

TRANSFORMADORES DE POTENCIA

REPORTE
7.0200-2

2 DE 4

PRUEBA DE RELACION DE TRANSFORMACION

DATOS EQUIPO DE PRUEBA: Marca BIDDLE

Nº Serie 12928

Fecha 25 MAYO 92

ALTA TENSION		BAJA TENSION		RELACION TEORICA	RELACION MEDIDA			LIMITE	
POS CAM DER.	TENSION	POS CAM DER	TENSION /√3		FASE A	FASE B	FASE C	RELACION TEORICA POR 0.995	RELACION TEORICA POR 1005
3	85000	16L	21275	6.920	6.936	6.938	6.937	6.885	6.954
↑	↑	15L	21383	6.885	6.902	6.904	6.902	6.850	6.919
		14L	21491	6.850	6.868	6.869	6.867	6.816	6.884
		13L	21598	6.816	6.832	6.834	6.833	6.782	6.850
		12L	21706	6.782	6.798	6.801	6.798	6.745	6.816
		11L	21814	6.749	6.765	6.767	6.765	6.715	6.782
		10L	21922	6.715	6.731	6.734	6.731	6.682	6.749
		9L	22030	6.682	6.699	6.701	6.699	6.649	6.716
		8L	22138	6.650	6.666	6.668	6.666	6.617	6.683
		7L	22245	6.618	6.634	6.635	6.635	6.585	6.651
		6L	22353	6.586	6.603	6.604	6.602	6.553	6.619
		5L	22461	6.554	6.571	6.573	6.571	6.521	6.587
		4L	22569	6.523	6.539	6.540	6.538	6.490	6.555
		3L	22677	6.492	6.509	6.510	6.508	6.459	6.524
		2L	22784	6.461	6.478	6.479	6.477	6.429	6.494
		1L	22892	6.431	6.446	6.448	6.446	6.399	6.463
		N	23000	6.401	6.417	6.418	6.419	6.369	6.433
		1R	23108	6.371	6.386	6.390	6.387	6.339	6.402
		2R	23216	6.341	6.356	6.359	6.356	6.309	6.373
		3R	23323	6.312	6.328	6.330	6.328	6.280	6.343
		4R	23431	6.283	6.300	6.300	6.299	6.251	6.314
		5R	23539	6.254	6.270	6.272	6.270	6.223	6.285
		6R	23647	6.225	6.242	6.243	6.241	6.194	6.257
		7R	23755	6.197	6.214	6.215	6.213	6.166	6.228
		8R	23863	6.169	6.185	6.186	6.184	6.138	6.200
		9R	23970	6.142	6.157	6.158	6.156	6.111	6.172
3	85000	10R	24078	6.114	6.129	6.131	6.128	6.083	6.145

TRANSFORMADORES DE POTENCIA

REPORTE
7.0200-4

4 DE 4

PRUEBAS DE FACTOR DE POTENCIA CON ACEITE Y BOQUILLAS

DATOS EQUIPO DE PRUEBA. Marca DOBIE

Nº Serie 198

Tension de prueba 10 KV

Temp. Ambiente 20 °C

Fecha 25 MAYO 92

Temp. Aceite 24 °C

POTENCIA	CONEXIONES PARA LA PRUEBA				LECTURAS EQUIVALENTES <u>10 KV.</u>						% FACTOR DE POTENCIA		RESULTADO DE LA PRUEBA		
	DEVANADO				MILLI AMPERES			WATTS			MEDIO	CORRECCION POR TEMPERATURA			
	ALTA	BAJA	BAJA	EN USE	LECTURA	MULTIPL	MILLI AMP	LECTURA	MULTIPL	WATT					
1	ALTA	BAJA			40.5	1	40.5	4.5	0.2	0.9	0.22	0.22	BIEN		
2	ALTA		BAJA		55	0.2	11	2.5	0.1	0.25	0.22	0.22	BIEN		
3	ALTA			BAJA	29	1	29	4	0.2	0.80	0.27	0.27	BIEN		
4	BAJA	ALTA			93	1	93	13	0.2	2.6	0.27	0.27	BIEN		
5	BAJA		ALTA		64	1	64	10	0.2	2	0.31	0.31	BIEN		
6	BAJA			ALTA	29	1	29	5	0.2	1	0.34	0.34	BIEN		
CALCULOS					PRUEBA (MENOS PRUEBA 2)		29.5			0.65	0.22	0.22	BIEN		
					PRUEBA (MENOS PRUEBA 3)		29			0.60	0.20	0.20	BIEN		
7	MUESTRA DE ACEITE				AV. I. D.	AV. P. P. S.	87	10	670	1.5	0.002	0.003	0.034	0.028	BIEN

PRUEBA DE RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE AISLANTE

DATOS EQUIPO DE PRUEBA. Marca ASSOCIATED RESEARCH.

Nº Serie 1586

Temp. Aceite 24

Temp. Ambiente 20 °C

Fecha 25 MAYO 92

MUESTRA Nº	VALORES DE RUPTURA EN KV.					KV PROMEDIO	NORMA DE LA PRUEBA	ACEITE NUEVO USADO	RESULTADO DE LAS PRUEBAS
	1	2	3	4	5				
	46	50	52	50	52	50	ASTM	✓	BIEN

Estas pruebas se efectuaron con electrodos planos con una separación

OBSERVACIONES: de 2.54 mm con una velocidad de 3 kv/sec.

EFFECTO LA PRUEBA

DEPTO. RECEPTOR

EJ / JROS

NOMBRE Y FIRMA

NOMBRE Y FIRMA

MAY-88

Rev

7

TRANSFORMADORES DE POTENCIA

REPORTE
7.0200-6

ANEXO 10E 2

S.E. CUAUTITLAN

BANCO I: 82 E

FECHA 26 MAYO 92

DATOS DE PLACA:

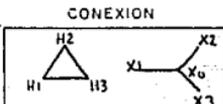
Marca TAKAKO

Tension 110/85 KV 23/13.8 KV

Nº Serie 9147471

Marca del Cambiador TAKAKO

Nº Serie del Cambiador 1910037



Nuevo

Usado

Pruebas Preliminares

Pruebas Finales

En Fabrica

CONEXIONES PARA LAS PRUEBAS

MONOFASICO

ENERGIZADO

UST

H1 H2 (or H3)

H2 (or H3) H1

TRIFASICO DELTA

ENERGIZADO

UST

TIERRA

H1 H2 H3

H2 H3 H1

H3 H1 H2

PRUEBA REALIZADA

ENERGIZADO

UST

TRIFASICO ESTRELLA

ENERGIZADO

UST

H1 H2

H2 H3

H3 H1

TRIFASICO AUTO

ENERGIZADO

UST

H1 H2 Ho Xo

H2 H3 Ho Xo

H3 H1 Ho Xo

PRUEBAS DE CORRIENTE DE EXCITACION

DATOS EQUIPO DE PRUEBA: Tipo M211

Nº Serie 198

Tension de Prueba 10 KV

Temp. Ambiente 20 °C

Temp. Aceite - °C

ALTA TENSION EN TRR 3 85000 KV

POSICION CAMBIADOR	FASE A			FASE B			FASE C			RESULTADO DE LA PRUEBA
	LECTURA	MULTIPLI	MILL AMP	LECTURA	MULTIPLI	MILL AMP	LECTURA	MULTIPLI	MILL AMP	
16R	64	0.2	12.8	34	1	34	33.5	1	33.5	
15R	62.5	0.2	12.5	33.5	1	33.5	33	1	33	
14R	61.5	0.2	12.3	33	1	33	32.5	1	32.5	
13R	60	0.2	12	32.5	1	32.5	32	1	32	
12R	59.5	0.2	11.9	32	1	32	31.5	1	31.5	
11R	58.5	0.2	11.7	31.5	1	31.5	31	1	31	
10R	58	0.2	11.6	31	1	31	30.5	1	30.5	
9R	56.5	0.2	11.3	30.5	1	30.5	30	1	30	
8R	56	0.2	11.2	30	1	30	29.5	1	29.5	

TRANSFORMADORES DE POTENCIA

REPORTE
7.0200-6

ANEXO 2 DE 2

POSICION CAMBIADA	FASE A			FASE B			FASE C			RESULTADO DE LA PRUEBA
	LECTURA	MULTIPLI	MILL AMP	LECTURA	MULTIPLI	MILL AMP	LECTURA	MULTIPLI	MILL AMP	
7R	55	0.2	11	30	1	30	29.5	1	29.5	
6R	54	0.2	10.8	29.5	1	29.5	29	1	29	
5R	53.5	0.2	10.7	29	1	29	28.5	1	28.5	
4R	53	0.2	10.6	29	1	29	28	1	28	
3R	52	0.2	10.4	29	1	29	28	1	28	
2R	51.5	0.2	10.3	28.5	1	28.5	28	1	28	
1R	51.5	0.2	10.3	28	1	28	28	1	28	
N	52.5	0.2	10.5	28	1	28	27	1	27	
1L	52.5	0.2	10.5	28.5	1	28.5	28	1	28	
2L	52.5	0.2	10.5	28	1	28	28	1	28	
3L	53	0.2	10.6	28	1	28	28.5	1	28.5	
4L	53	0.2	10.6	28.5	1	28.5	28.5	1	28.5	
5L	53	0.2	10.6	28.5	1	28.5	28.5	1	28.5	
6L	53.5	0.2	10.7	29	1	29	28.5	1	28.5	
7L	54.5	0.2	10.9	29.5	1	29.5	29	1	29	
8L	55	0.2	11	30	1	30	29.5	1	29.5	
9L	55.5	0.2	11.1	30.5	1	30.5	30	1	30	
10L	56.5	0.2	11.3	30.5	1	30.5	30	1	30	
11L	57	0.2	11.4	31	1	31	31	1	31	
12L	58.5	0.2	11.7	31.5	1	31.5	31.5	1	31.5	
13L	59	0.2	11.8	32	1	32	32	1	32	
14L	61	0.2	12.2	33	1	33	32.5	1	32.5	
15L	62	0.2	12.4	33.5	1	33.5	33	1	33	
16L	63	0.2	12.6	34	1	34	33.5	1	33.5	

OBSERVACIONES: _____

EFFECTUO LA PRUEBA

DEPTO. RECEPTOR

E. J. JROS

NOMBRE Y FIRMA

NOMBRE Y FIRMA

MAY - 96

Rev

10

TRANSFORMADORES DE POTENCIA

REPORTE 7.200-7

S. E. CUBAITIAN BANCO BZE FECHA 25 MAYO 92

DATOS DE PLACA :

MARCA TALROSA TRANSFORMADOR 30
 TENSION NOMINAL 110/135 Kv 23/13.8 Kv PBAS. FINALES V
 POTENCIA 20, 25 30 MVA
 TIPO STRADL/BTRDNL CHL EJ1/JRDS
 No. SERIE 9147471 EFECTUO PBA.

PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

DATOS EQUIPO DE PRUEBA: MARCA ISQARIN MESSER No. SERIE 2599040
 TENSION DE PRUEBA 1000 V.C.D TEMP. AMB. 22°C
 TIEMPO DE PRUEBA 15 seg a 10 minutos

TIEMPO	LECTURAS EN MΩ			OBSERVACIONES
	H-X	H-X+T	X-H+T	
15 Seg.	> 20000	> 20000	20000	IAB = RESIST. a 60 Seg. RESIST. a 30 Seg. IP = RESIST. a 10 Min. RESIST. a 1 Min. IAB = INDICE DE ABSORCION IP = INDICE DE POLARIZACION.
30 Seg.	> 20000	> 20000	20000	
45 Seg.	> 20000	> 20000	20000	
1 Min.	> 20000	> 20000	20000	
2 Min.	> 20000	> 20000	> 20000	
3 Min.	> 20000	> 20000	> 20000	
4 Min.	> 20000	> 20000	> 20000	
5 Min.	> 20000	> 20000	> 20000	
6 Min.	> 20000	> 20000	> 20000	
7 Min.	> 20000	> 20000	> 20000	
8 Min.	> 20000	> 20000	> 20000	
9 Min.	> 20000	> 20000	> 20000	
10 Min.	> 20000	> 20000	> 20000	
IAB	> 1	> 1	1	
IP	> 1	> 1	> 1	
IAB	> 1	> 1	1	VALORES CORREGIDOS A 20°C.
IP	> 1	> 1	> 1	VALORES CORREGIDOS A 20°C. <u>8</u>

BOQUILLAS

230 KV

REPORTE
7.0201

S. E. CEYLAN

CIRCUITO EN F-200
(Bco. T-221-B)

FECHA 01-02-91

DATOS DE PLACA:

Marca HAEFFELY

Tension Nominal 245 KV

Corriente Nominal 1250 A

Interrupor Nuevas

Transformador Usados

Pruebas Preliminares

Pruebas Finales

Tipo SOT/245/1250

PRUEBAS DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

DATOS EQUIPO DE PRUEBA: Marca Norma

Nº Serie 2851573

Tension de Prueba 1000 v.c.d

Temp. Ambiente 23 °C

Tiempo de Prueba 1 minuto

U O Q	Nº SERIE	PRUEBA	LECTURAS EN M.A.		RESULTADO DE LA PRUEBA
			MEDIDAS	CONSIDERADA 10°C	
H1	<u>B0600</u>	<u>H-T</u>	<u>20.000</u>	<u>---</u>	<u>Bien</u>

PRUEBAS DE FACTOR DE POTENCIA Y COLLAR CALIENTE

DATOS EQUIPO DE PRUEBA: Marca DOBLE

Nº Serie M2H-198

Tension de Prueba 10 KV

Temp. Ambiente 23 °C

Temp. Aceite --- °C

B O Q U I L L A	LECTURAS EQUIVALENTES 10 KV						% FACTOR DE POTENCIA	PRUEBAS CON COLLAR		RESULTADO DE LA PRUEBA		
	MILL- AMPERES			WATTS				MEDIO	CONSEJO PRUEBA		Cp TOTAL Sup	Cp Inf
	LECTURA	MULTIPLI	M- AMP	LECTURA	MULTIPLI	WATT						
^{1/2} FBP	H1	<u>5025</u>	<u>0.02</u>	<u>1.005</u>	<u>3</u>	<u>0.01</u>	<u>0.03</u>	<u>0.30</u>	<u>---</u>	<u>---</u>	<u>Bien</u>	
^{1/2} FBP	H1	<u>42</u>	<u>0.02</u>	<u>0.84</u>	<u>2.5</u>	<u>0.01</u>	<u>0.025</u>	<u>0.29</u>	<u>---</u>	<u>---</u>	<u>"</u>	
	H1	<u>15</u>	<u>10</u>	<u>150</u>	<u>16</u>	<u>0.002</u>	<u>0.032</u>	<u>---</u>	<u>---</u>	<u>0.632</u>	<u>"</u>	
	H1	<u>19</u>	<u>10</u>	<u>190</u>	<u>14</u>	<u>0.002</u>	<u>0.028</u>	<u>---</u>	<u>---</u>	<u>0.028</u>	<u>Bien</u>	

EFFECTUO LA PRUEBA

DEPTO. REPORTOR

MAY - 86

NORMAS-SUBGERENCIA ELECTRICA DE CONSTRUCCION

INTERRUPTOR DE POTENCIA

REPORTE
7.0203-1

10E 4

S.E. SM CRUZ

CIRCUITO 53 CORRA

FECHA 30 SET 91

DATOS DE PLACA:

Marca BBC

Tension 245 Kv

Corriente Nominal 2000

Tipo ELF 514-2

Mecanismo _____

Nº Serie 15035 A 100-05

Nuevo

Usado

Pruebas Preliminares

Pruebas Finales

PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

DATOS EQUIPO DE PRUEBA: Marca ISOLATIONSMESSER

Nº Serie 2205320

Tension de Prueba 1000 V. C. D.

Temp. Ambiente 21 °C

Tiempo de Prueba 1 minuto

N FASE	PRUEBA	LECTURAS EN MΩ		RESULTADO DE LA PRUEBA
		MEDIDAS	CORREGIDAS A 20°C	
A	H-T	220000	—	BIEN
B	H-T	210000	—	BIEN
C	H-T	220000	—	BIEN

W INTERRUPTOR CERRADO

OBSERVACIONES:

EFFECTUO LA PRUEBA

DEPTO. RECEPTOR

NOMBRE Y FIRMA

E I I / O M C

NOMBRE Y FIRMA

DIVISION DE REVISIONES DE TEGAS

JUN - 86

Rev.

NORMAS-SUBGERENCIA ELECTRICA DE CONSTRUCCION

18

INTERRUPTOR DE POTENCIA

REPORTE
7.0203-2

2 DE 4

PRUEBA DE RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE AISLANTE

DATOS EQUIPO DE PRUEBA: Marca _____ N° Serie _____
Fecha _____ Temp. Ambiente _____ °C

VALORES DE RUPTURA EN KV.					KV PROMEDIO	NORMA DE LA PRUEBA	RESULTADO DE LA PRUEBA
1	2	3	4	5			

PRUEBAS DE CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL GAS

DATOS EQUIPO DE PRUEBA: Marca PANAMETRIC'S N° Serie 2-899 N° Bulbo 97798 PR
SYSTEM II
Presion del Sistema 6 kg/cm² Temp. Ambiente 15 °C
Tipo de Gas SFC Temp. Gas. - °C
Fecha 28 SET 91

FASE	LECTURA DEL PUNTO DE ROCIO	PRESION DE VAPOR EN MICRONES	CONTENIDO DE HUMEDAD EN P.P.M.V	RESULTADO DE LA PRUEBA
A				
B	<u>-39.2</u>	<u>108</u>	<u>22</u>	<u>BIEN</u>
C				

PRUEBAS DE VOLTAJE MINIMO DE OPERACION

Fecha 30 SET 91

BOBINA	LECTURAS VOLTS	RESULTADO DE LA PRUEBA
CIERRE	<u>60 V.C.D.</u>	<u>BIEN</u>
DISPARO I	<u>55 V.C.D.</u>	<u>BIEN</u>
DISPARO II	<u>55 V.C.D.</u>	<u>BIEN</u>

EFECTUO LA PRUEBA

DEPTO. RECEPTOR

EJ1/JMC.

DOND LECHUGA

NOMBRE Y FIRMA

NOMBRE Y FIRMA

JUL - 88

RAV

19

INTERRUPTOR DE POTENCIA

REPORTE
7.0203-3

3 DE 4

PRUEBA DE PERDIDAS DIELECTRICAS

DATOS EQUIPO DE PRUEBA: Marca DOBLE

Nº Serie 482

Tension de Prueba 2.5 KV.

Temp. Ambiente 21 °C

Fecha 30 SET 91

POSICION INTERRUPTOR	FASE	CAMARA Nº	LECTURAS EQUIVALENTES <u>2.5</u> KV.						% fp
			MILLI VOL. AMPERES			MILLI WATTS			
			LECTURA	MULTIPLI.	MV. AMP.	LECTURA	MULTIPLI.	MV. WATTS	
ABIERTO	A	1	36.5	2	73	1.5	1	1.5	2.05
		2	29.5	10	295	1.5	1	1.5	0.50
	B	3	37	2	74	1.5	1	1.5	2.02
		4	36.5	2	73	2	1	2	2.73
	C	5	36	2	72	1	2	2	2.77
		6	35.5	2	71	1	2	2	2.81
CERRADO	A	1-2	16.5	10	165	1.5	2	3	1.81
	B	3-4	19	10	190	1.5	2	3	1.57
	C	5-6	18.5	10	185	1	10	10	5.40

CALCULO DE LAS PERDIDAS POR FASE			RESULTADO DE LA PRUEBA
FASE	ABIERTO - CERRADO		
A	3	- 3 = 0	BIEN
B	3.5	- 3 = 0.5	BIEN
C	4	- 10 = -6	BIEN

OBSERVACIONES: _____

EFFECTUO LA PRUEBA

DEPTO. RECEPTOR

EJL/OHC

DAVID ECHEGARRA

NOMBRE Y FIRMA

NOMBRE Y FIRMA

JUN - 86

Rev

NORMAS-SUBGERENCIA ELECTRICA DE CONSTRUCCION

20

INTERRUPTOR DE POTENCIA

REPORTE
7.0203-4

4 DE 4

PRUEBA DE RESISTENCIA OHMICA DE CONTACTOS

DATOS EQUIPO DE PRUEBA: Marca DUCTER

Nº Serie 1908414

Fecha 30 SET 91

Temp. Ambiente 21 °C

LECTURAS EN MICROHMS			RESULTADO DE LA PRUEBA
FASE A	FASE B	FASE C	
<u>40 μO</u>	<u>95 μO</u>	<u>100 μO</u>	<u>BIEN</u>

PRUEBA DE TIEMPOS DE OPERACION

DATOS EQUIPO DE PRUEBA: Marca MILICRAPH

Nº Serie 810706

Fecha 30 SET 91

PRUEBA	LECTURAS		ASINCRONISMO W	RESULTADO DE LA PRUEBA
	m. seg	Ciclos	Δt (m. seg)	
CIERRE	<u>106.162</u>	<u>6.37</u>	<u>-</u>	<u>BIEN</u>
DISPARO I	<u>19.332</u>	<u>1.16</u>	<u>1.04</u>	<u>BIEN</u>
DISPARO II	<u>18.665</u>	<u>1.12</u>	<u>0.735</u>	<u>BIEN</u>
	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	

* SE ANEXAN GRAFICAS DE TIEMPOS DE OPERACION.

OBSERVACIONES: _____

EFFECTUO LA PRUEBA

DEPTO. RECEPTOR

NOMBRE Y FIRMA

NOMBRE Y FIRMA

JUN - 88 Rev _____

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE O POTENCIAL

23KV

REPORTE
7.0205-1

1 DE 2

S.E. VICTORIA

CIRCUITO Boa T-221-B
φΔ

FECHA 10-oct-91

DATOS DE PLACA DEL TRANSFORMADOR DE:

Marca Balteau

Tipo VRE-25

Relación 120/1

Clase 0.3/0.6/1.2

Nº Serie V-1006/2

Corriente

Potencial

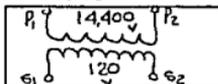
Nuevo

Usado

Pruebas Preliminares

Pruebas Finales

CONEXION



PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

DATOS EQUIPO DE PRUEBA: Marca Isolationsmesser

Nº Serie 2205320

Tension de Prueba 1000VDC

Temp. Ambiente 20 °C

Tiempo de Prueba 1 minuto

PRUEBA	LECTURAS EN MΩ		RESULTADO DE LA PRUEBA
	MECIDAS	CORREGIDAS A 20°C	
H-X	20,000	—	Bien
H-X+T	20,000	—	Bien
X-H+T	20,000	—	Bien

OBSERVACIONES: _____

EFFECTUO LA PRUEBA

G.V.H.

NOMBRE Y FIRMA

Ing. Carlos Hernández G.
30 OCT 91

DEPTO. RECEPTOR

NOMBRE Y FIRMA

JUL - 86 Rev. _____

NORMAS-SUBGERENCIA ELECTRICA DE CONSTRUCCION

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE O POTENCIAL

23KV

REPORTE
7.0205-2

2 DE 2

PRUEBAS DE RELACION DE TRANSFORMACION AL DEVANADO SECUNDARIO

DATOS EQUIPO DE PRUEBA: Marca BIDDLE

Nº Serie 12775

Fecha 10-OCT-91

DEVANADO	PRUEBA	RELACION TEORICA	RELACION MEDIDA	RESULTADO DE LA PRUEBA
X	$\frac{P_1}{S_1}$	120	119.633	Bien
	$\frac{S_2}{P_2}$	0.0083	0.009	Bien.
•				
•				

PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA

DATOS EQUIPO DE PRUEBA: Marca DOBLE

Nº Serie M2H-198

Tension de Prueba 10 KV

Temp. Ambiente 20 °C

Fecha 10-OCT-91

CONEXIONES PARA LA PRUEBA		LECTURAS EQUIVALENTES <u>10</u> KV						% FACTOR DE POTENCIA		RESULTADO DE LA PRUEBA
DEVANADO		MILL-AMPERES			WATTS					
MANGUERO	A TIERRA	LECTURA	MULTIPL.	M. AMP	LECTURA	MULTIPL.	WATT	MEDIO	CONVRSO A DOBLE	
ALTA	BAJA	70.5	0.02	1.41	6.75	0.01	0.0675	0.48	—	Bien

OBSERVACIONES: _____

EFFECTUO LA PRUEBA

DEPTO. RECEPTOR

G.V.H.

NOMBRE Y FIRMA

NOMBRE Y FIRMA

JUL-96 Rev

NORMAS-SUBGERENCIA ELECTRICA DE CONSTRUCCION

11 27

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE O POTENCIAL

230 KV

REPORTE
7.0205-1

1 DE 2

S.E. VICTORIA

CIRCUITO 53-CETB-2
LADO Bco. T-221-B

FECHA 02/08/91

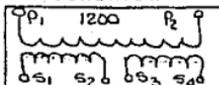
DATOS DE PLACA DEL TRANSFORMADOR DE:

Marca Boiteau
Tipo SEX-220
Relación 1200 ± 5/5 Δ
Clase 10 H 200
Nº Serie 63737 C

Corriente
Potencial
Nuevo
Usado
Pruebas Preliminares
Pruebas Finales

ØB

CONEXION



PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

DATOS EQUIPO DE PRUEBA: Marca Isolationmester Nº Serie 25990 40
Tension de Prueba 1000 v.c.d. Temp. Ambiente 21 °C
Tiempo de Prueba 1 minuto

PRUEBA	LECTURAS EN M.Ω		RESULTADO DE LA PRUEBA
	MEDIDAS	CORREGIDAS A 20 °C	
H-X	20,000	—————	Bien
H-X+T	20,000	—————	
X-H+T	20,000	—————	
X-Y	20,000	—————	Bien

OBSERVACIONES: _____

EFFECTUO LA PRUEBA

 NOMBRE Y FIRMA

DEPTO. RECEPTOR

 NOMBRE Y FIRMA

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE O POTENCIAL

REPORTE
7.0205-2

230 KV.

2 DE 2

PRUEBAS DE RELACION DE TRANSFORMACION AL DEVANADO SECUNDARIO

DATOS EQUIPO DE PRUEBA: Marca BIDDLE

Nº Serie 12915

Fecha 02-OCT-91

DEVANADO	PRUEBA	RELACION TEORICA	RELACION MEDIDA	RESULTADO DE LA PRUEBA
X	$\frac{P_1 P_2}{S_1 S_2}$	0.0041	0.004	Bien
	1			
Y	$\frac{P_1 P_2}{S_1 S_2}$	0.0041	0.004	Bien
	2354			
B				

PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA

DATOS EQUIPO DE PRUEBA: Marca DOBLE

Nº Serie M24-198

Tension de Prueba 10 KV

Temp. Ambiente 21 °C

Fecha 02-OCT-91

CONEXIONES PARA LA PRUEBA		LECTURAS EQUIVALENTES <u>10</u> KV						% FACTOR DE POTENCIA		RESULTADO DE LA PRUEBA
DEVANADO		MILI- AMPERES			WATTS					
REGULANDO	TIERRA	LECTURA	MULTIPL.	M- AMP	LECTURA	MULTIPL.	= WATT	RESIDUO	CONSENSO A 100%	
ALTA	BAJA	72	0.02	1.44	0.25	0.1	0.025	0.17		Bien

OBSERVACIONES: _____

EFFECTUO LA PRUEBA

DEPTO. RECEPTOR

G. V. H.
NOMBRE Y FIRMA

NOMBRE Y FIRMA

JUL - BG Rsv

1032

REPORTE DE PRUEBAS 7.0209

REACTORES

A. -- LOCALIZACION ZONA BCOS
 S. E. VICTORIA BCO 221A

B. -- CARACTERISTICAS DEL REACTOR
 MARCA — TIPO — HZ —
 N° SERIE — KV. 23 OHMS —

I. -- RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

CONEXIONES	M ^A	TEMP. °C	VOLT. PRUEBA	MARCA APARATO	EFECTUO	
					NOMBRE y FIRMA	FECHA
H-T	20000	18	1000 VOLTS	ISCACTION MESSER	EJL CNC	17 OCT 91

II. -- FACTOR DE POTENCIA AL AISLAMIENTO

CONEXION	PRUEBAS A <u>23</u> KV.						% FACTOR DE POTENCIA		NOMBRE, FIRMA, FECHA. EJL/CNC 17 OCT 91
	MILIVOLTAMPERS			MILLIWATTS			MEDIDO A TEMP. °C	CORRECCION ESP °C	
	LECTURA MEDIDA	MULTIPLICADO	MILIVOLTS AMPERES	LECTURA MEDIDA	MULTIPLICADO	MILLIWATTS			
H-T	24	10	240	33.5	0.2	6.7	2.79	—	

OBSERVACIONES Reactores en buen estado de acuerdo a valores obtenidos
de a) Resistencia de aislamiento
b) Factor de potencia al aislamiento


 M. Carlos Hernández G.

30 OCT 91

HUMEDAD EN EQUIPO SF₆

REPORTE
7.0213

S.E. VICTORIA

CIRCUITO SBT28C

FECHA 19/3/92

DATOS DE PLACA:

Marca SPECHER ENECOK

Pruebas Preliminares

Pruebas Finales

Interruptor

barra

PRUEBAS HUMEDAD AL GAS

DATOS EQUIPO DE PRUEBA: Marca PARAMEK

Nº Serie 2-899

Nº Bulbo 97798

Temp. Ambiente 24 °C

FASE	TEMPERATURA GAS °C	PRESION DEL SISTEMA	LECTURA DEL PUNTO DE ROCO	PRESION DE VAPOR EN MICRONES	CONTENIDO DE HUMEDAD EN P.P.M.V.	RESULTADO DE LA PRUEBA
A						
B	<u>27</u>	<u>1.1 BAR</u>	<u>-32.8 °C</u>	<u>214</u>	<u>56</u>	<u>BIEN</u>
C						

P.P.M.V. = $\frac{\text{PRESION DE SATURACION DE VAPOR EN mm Hg}}{\text{PRES. ABSOLUTA DE LA CD. DE MEX EN mm Hg} + \text{PRES. MEDIDA EN mm Hg}} \times 10^6$

PRESION ABSOLUTA = P AL NIVEL DE MAR + P. MEDIDA

PRESION ABSOLUTA DE LA CD. DE MEXICO = 593 mm de Hg

1 BAR = 14.5 lb/pulg²

1 Kg/cm² = 14.22 lb/pulg²

1 Kg/cm² = 735.5 mm de Hg

1 lb/pulg² = 0.7 mm de Hg

14.7 lb/pulg² = 760 mm de Hg

OBSERVACIONES:

EFFECTUO LA PRUEBA

JINIER RIOS / JROS.

NOMBRE Y FIRMA

DEPTO. RECEPTOR

Recib Original 21-11-92
Roberto Sandoval

NOMBRE Y FIRMA

JUL-06

Rev

33

PARARRAYOS

85KV

REPORTE 7.0208 12

S. E. General Motors

CIRCUITO Lado Penas 85kv.

FECHA 10/05/92

DATOS DE PLACA:

Marca General Electric

Estación Estación
Tipo CLIXTA090FB

Nuevo

Usado

Tension Nominal 90kv

Pruebas Preliminares

Nº. de Cuerpos 1 (Uno)

Pruebas Finales

PRUEBAS DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

DATOS EQUIPO DE PRUEBA: Marca Waldemar

Nº Serie 2599040

Tension de Prueba 1000 V.C.D.

Temp. Ambiente 17 °C

Tiempo de Prueba 1 minuto

Nº SERIE	FASE	LECTURAS EN M.J.L.		RESULTADO DE LA PRUEBA
		MEDIDAS	CORREGIDAS A 20 °C	
30310	A	20.000	—	BIEN

PRUEBA DE PERDIDAS DIELECTRICAS

DATOS EQUIPO DE PRUEBA: Marca Doble

Nº Serie M-4-198

Tension de Prueba 10 KV.

Temp. Ambiente 17 °C

FASE	LECTURAS EQUIVALENTES <u>10</u> KV						% FACTOR DE POTENCIA		PRUEBAS CON COLLAR			RESULTADO DE LA PRUEBA
	MILIS AMPERES			WATTS			MENDO	CORREGIDO 20°C	WATT	TOTAL		
	LECTURA	MULTIPL.	mA AMP.	LECTURA	MULTIPL.	WATT						
A	23.5	10	235	13	0.002	0.006	1.11	—	—	—	BIEN	
PARTE SUPERIOR	21	10	210	12	0.01	0.12	—	—	0.12	—	"	
PARTE INFERIOR	13	10	130	12.5	0.01	0.125	—	—	0.125	—	BIEN	

EFFECTUO LA PRUEBA

DEPTO. RECEPTOR

NOMBRE Y FIRMA

NOMBRE Y FIRMA

MAY-86

Rev

18

NORMAS-SUE: RENCIA ELECTRICA DE CONSTRUCCION

CABLES DE POTENCIA

REPORTE
7.0207

S.E. EL CARMEN

CIRCUITO CAM-21

FECHA 04/11/82

DATOS DEL CABLE

Marca COND. MONTERREY Tipo T.C. 23

Tension Nominal 23 KV.

Nº de Conductores -1-

Longitud Aprox. 120mts

Nuevo

Usado

Pruebas Preliminares

Pruebas Finales

PRUEBAS DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

DATOS EQUIPO DE PRUEBA: Marca Isolationsmesser

Nº Serie 2299D40

Tension de Prueba 1000 VC.O.

Temp Ambiente 20 °C

Tiempo de Prueba 1 minuto

FASE	PRUEBA	LECTURAS EN M.S.		RESULTADO DE LA PRUEBA
		MEDIDAS	CORREGIDAS A 20°C	
A	H-T	20,000	—	BIEN
B	H-T	20,000	—	"
C	H-T	20,000	—	BIEN

PRUEBAS DE FACTOR DE POTENCIA

DATOS EQUIPO DE PRUEBA: Marca DOBLE

Nº Serie M2H-198

Tension de Prueba 10 KV

Temp Ambiente 20 °C

PRUEBA FASE	LECTURAS EQUIVALENTES <u>10</u> KV						% FACTOR DE POTENCIA		RESULTADO DE LA PRUEBA
	MILI-AMPIRES			WATTS					
	LECTURA	MULTIPL.	M-AMP	LECTURA	MULTIPL.	WATT	WENDD	WATTS/100%	
A	98	2	196	3.25	2	6.5	0.33	BIEN	
B	20	10	200	3.5	2	7	0.35	"	
C	89.75	2	179.5	2.5	2	5	0.28	BIEN	

EFFECTUO LA PRUEBA

DEPTO. RECEPTOR

NOMBRE Y FIRMA

G.V.H./A.P.

NOMBRE Y FIRMA

MAY - 86

Rev

NORMAS-SUBC OENCIA ELECTRICA DE CONSTRUCCION

ACEITE

REPORTE
7.0212 30

s.e. El Salto

FECHA 21/07/92

DATOS DE ACEITE:

Marca Mercon

Transformador:

Nº. 26-1053

CAP. ΔPROX. 3500kts.

Nuevo

Usado

Transformador

Interruptor

otro

PRUEBA DE RIGIDEZ DIELECTRICA

DATOS EQUIPO DE PRUEBA: Marca Devided Paruch.

Nº Serie 1688

Temp. Ambiente 27 °C

Temp. Aceite 31 °C

MUESTRA Nº	VALORES DE RUPTURA EN KV					KV PROMEDIO	NORMA DE LA PRUEBA	RESULTADO DE LA PRUEBA
	1	2	3	4	5			
1	<u>41.7</u>	<u>41</u>	<u>41</u>	<u>46</u>	<u>46</u>	<u>46.4</u>	<u>ASPM</u>	<u>BIEN</u>
2								

PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA

DATOS EQUIPO DE PRUEBA: Marca Deide

Nº Serie M24-14P

Tension de Prueba 10 KV

Temp. Ambiente 27 °C

Temp. Aceite 31 °C

MUESTRA Nº	LECTURAS EQUIVALENTES <u>10</u> KV						% FACTOR DE POTENCIA		RESULTADO DE LA PRUEBA
	= I AMPERES			= WATTS			MIGRO	CORREGIDO	
	LECTURA	MULTIPLI	AMP	LECTURA	MULTIPLI	WATT			
1	<u>41.5</u>	<u>0.02</u>	<u>0.84</u>	<u>0.5</u>	<u>0.01</u>	<u>0.065</u>	<u>0.06</u>	<u>0.034</u>	<u>BIEN</u>
2									

EFFECTUO LA PRUEBA
ING. GIL VARGAS HERNANDEZ
SUBGERENCIA ELECTRICA
GERENCIA DE CONSTRUCCION
No. Trab. 037266

DEPTO. RECEPTOR

NOMBRE Y FIRMA

NOMBRE Y FIRMA

JUL - 86 Rev.

NORMAS-SUBG: NCIA ELECTRICA DE CONSTRUCCION

CUCHILLAS DESCONECTADORAS

REPORTE
7.0216

S.E. Victoria

CIRCUITO 52 VIC 21

FECHA 04/10/91

DATOS DE PLACA:

Marca Takaka Electric

Tension Nominal 25.8 kv

Corriente Nominal 1200 amp

Tipo de Montaje Vertical

Tipo de Operacion Manual

Nº Serie 8600612 007-50

NOMENCLATURA 42 B VIC 21

Nuevas

Usadas

Pruebas Preliminares

Pruebas Finales

PRUEBA DE RESISTENCIA OHMICA DE CONTACTOS

DATOS EQUIPO DE PRUEBA: Marca APJ

Nº Serie 97-1031-3

Temp. Ambiente 18 °C

FASE	LECTURAS EN MICROHMS	RESULTADO DE LA PRUEBA
A	62	BIEN
B	69	BIEN
C	56	BIEN

OBSERVACIONES. _____

EFFECTUO LA PRUEBA

DEPTO. RECEPTOR

JE-077701 / JMH.

NOMBRE Y FIRMA

NOMBRE Y FIRMA

JUL - 86

Rev

25

NORMAS-SUBGERENCIA ELECTRICA DE CONSTRUCCION

R-7.0219

GERENCIA DE CONSTRUCCION

SUBGERENCIA ELECTRICA

PRUEBAS Y CONTROL DE CALIDAD

REPORTE DE PRUEBAS DE NUCLEO A TIERRA
DE TRANSFORMADOR TIPO NUCLEO

S.E. JEL SALTO BANCO T-82-A MARCA I.E.M.
10 FASES 10,000 KVA, AT 84.6 KV, BT 13.2 KV.
TERC. — KV. 60 HZ, ELEVACION 2300 m.s.n.m. a 55 °C
% Z = 10.82 SERIE 26-1054
CONEXIONES:

ALTA TENSION
DELTA

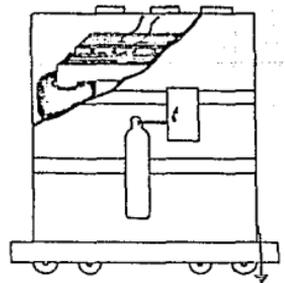
BAJA TENSION
ESTRELLA

TERCIARIO
—

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO AL NUCLEO

MEGGER DEMCO CTE - 1 TEMP 22 °C

GUÍA - TIERRA = 15,000 MΩ



NOTA - EL TANQUE DEBERA ESTAR ATERRIZADO FIRMEMENTE

OBSERVACIONES _____

- PRUEBA DE RECEPCION
- PRUEBA DURANTE LA REV INTERIOR
- PRUEBA DURANTE LA REPARACION
- PRUEBA FINAL

FECHA

12/20/2006
LyF

ING. GALVARGAS HERRANDEZ
SUBGERENCIA ELECTRICA
GERENCIA DE CONSTRUCCION
No. Trab. 037266

REPORTE DE PRUEBA DE TC's TIPO BUSHING - 7:0222

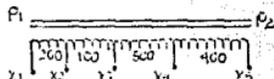
7

CARACTERISTICAS.

42

EQUIPO A PROBAR: Transformador de potencia MARCA Equipos electrosindustriales
 CIRCUITO S2-Bro-T-S2-A N°SERIE _____ CORRIENTE 1200/5A VOLTAJE 23 Kv

A) PRUEBA DE RELACION (NUMERO DE VUELTAS)



PRUEBA	TC ₁	TC ₂	TC ₃	TC ₄	TC ₅	TC ₆	REL. TEOR.	LIN. INF.	LIN. SUP.
$\frac{P_1 P_2}{X_1 X_2}$	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.00398	0.00402
$\frac{P_1 P_2}{Y_1 X_2}$	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.0249	0.0251
$\frac{P_1 P_2}{X_1 X_1}$	0.0166	0.0166	0.0166	0.0166	0.0166	0.0166	0.0166	0.0165	0.01668
$\frac{P_1 P_2}{X_3 X_4}$	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.00995	0.01005
$\frac{P_1 P_2}{X_1 X_3}$	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0124	0.01256

b) POLARIDAD S U B T R A C T I V A.

EFECTUO PRUEBA		
NOMBRE. <u>G V. II</u>	FIRMA. <u>)</u>	FECHA. <u>)</u>

REGULADORES DE VOLTAJE

REPORTE
7.0215-1

1 DE 4

S.E. LOS REYES

FECHA 8 DE AGOSTO 91

DATOS DE PLACA:

Marca ACEC

Tension Nominal 23 Kv

Potencia 3 MVA - 6

Enfriamiento OA

Tipo _____

Tipo de Aceite NACIONAL

Temperatura Aceite 7800 Hs

% Perdida _____

% Impedancia _____

C. Serie 51/IEG 10614-1

Nuevo

Usado

Pruebas Preliminares

Pruebas Finales

CONEXION

PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

DATOS EQUIPO DE PRUEBA: Marca ASSORTION MESSER N° Serie 2599042

Tension de Prueba 1000 V.C.D

Temp. Ambiente 20 °C

Tiempo de Prueba 1 minuto

Temp. Aceite 22 °C

PRUEBA:	LECTURAS EN MΩ		RESULTADO DE LAS PRUEBAS
	MEDIDAS	CORREGIDAS A 20 °C	
(TODOS-TIERRA)	20000	20000	BIEN

OBSERVACIONES : _____

EFFECTUO LA PRUEBA

DEPTO. RECEPTOR

E.II / JHM

NOMBRE Y FIRMA

NOMBRE Y FIRMA

SEP-86 Rev

11

REGULADORES DE VOLTAJE

REPORTE
7.0215-2

2 DE 4

PRUEBA DE RELACION DE TRANSFORMACION

DATOS EQUIPO DE PRUEBA: Marca BIDDLE
Fecha 8 AGOSTO 91

Nº Serie 12915

POS. CAM. DEB.	ALTA TENSION CAM. DEB. VOLTS	BAJA TENSION POS. CAM. DEB. VOLTS	TEORICA VOLTS	RELACION TEORICA	RELACION MEDIDA			LIMITES	
					FASE A	FASE B	FASE C	RELACION TEORICA POR 0.995	RELACION TEORICA POR 1.005
33	25300	N	23000	1.100	1.101	1.101	1.101	1.094	1.105
32	25157	↑	↑	1.093	1.094	1.094	1.094	1.087	1.098
31	25013			1.087	1.088	1.088	1.088	1.081	1.092
30	24869			1.081	1.082	1.082	1.082	1.075	1.084
29	24725			1.075	1.075	1.075	1.075	1.069	1.080
28	24582			1.068	1.069	1.069	1.069	1.062	1.073
27	24438			1.062	1.063	1.063	1.063	1.056	1.067
26	24294			1.056	1.057	1.057	1.057	1.050	1.061
25	24150			1.050	1.050	1.050	1.050	1.044	1.055
C	24150			1.050	1.050	1.050	1.050	1.044	1.055
24	24007			1.043	1.045	1.045	1.045	1.037	1.048
23	23863			1.037	1.038	1.038	1.038	1.031	1.042
22	23719			1.031	1.032	1.032	1.032	1.025	1.036
21	23575			1.025	1.025	1.025	1.025	1.019	1.030
20	23432			1.018	1.019	1.019	1.018	1.012	1.023
19	23288			1.012	1.013	1.013	1.013	1.006	1.017
18	23144			1.006	1.007	1.007	1.007	1.000	1.011
C	23000			1	1	1	1	0.995	1.005
17	23000			1	1	1	1	0.995	1.005
C	23000			1	1	1	1	0.995	1.005
16	22856			0.993	0.994	0.994	0.994	0.988	0.997
15	22712			0.987	0.988	0.988	0.988	0.982	0.991
14	22568			0.981	0.982	0.982	0.982	0.976	0.985
13	22425			0.975	0.976	0.976	0.976	0.970	0.979
12	22281			0.968	0.969	0.969	0.969	0.963	0.972
11	22137	↓	↓	0.962	0.963	0.963	0.963	0.957	0.966
10	21993	N	23000	0.956	0.957	0.957	0.957	0.951	0.960

REGULADORES DE VOLTAJE

REPORTE
7.0215-4

4 DE 4

PRUEBAS DE FACTOR DE POTENCIA CON ACEITE Y BOQUILLAS

DATOS EQUIPO DE PRUEBA Marca DOBLE Nº Serie 198
 Tension de prueba 10 KV. Temp. Ambiente 20 °C
 Fecha 8 AGOSTO 91 Temp. Aceite — °C

PRUEBA	CONEXIONES PARA LA PRUEBA				LECTURAS EQUIVALENTES <u>10</u> KV.						% FACTOR DE POTENCIA		RESULTADO DE LA PRUEBA		
	DEVANADO				MILLIAMPERES						WATTS			MEDIO	COMUNDO NO %
	CONEXIONADO	1.º CABLE	2.º CABLE	EN UNO	LE YURA MULTIPLI	MILL AMP	LECTURA	MULTIPLI	WATT						
1	2	3	4	5	33	1	33	4.75	0.2	0.95	0.28	0.28	BIEN		
2	MUESTRA DE ACEITE				49.5	10	495	1	0.2	0.2	0.04	0.04	BIEN		

PRUEBA DE RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE AISLANTE

DATOS EQUIPO DE PRUEBA: Marca ASSOCIATED Nº Serie 1586
 Temp. Aceite 18 RESEARCH. Temp. Ambiente 23 °C
 Fecha 12 AGOSTO 91

MUESTRA Nº	VALORES DE RUPTURA EN KV					KV PROMEDIO	NORMA DE LA PRUEBA	ACEITE		RESULTADO DE LAS PRUEBAS
	1	2	3	4	5			NUEVO	USADO	
39	44	49	39	49	44	ASTM	✓		BIEN	

OBSERVACIONES: _____

EFFECTUO LA PRUEBA

DEPTO. RECEPTOR

EJJA/AAAT
 NOMBRE Y FIRMA

 NOMBRE Y FIRMA

SEP-86

Rev

NORMAS-SUBGERENCIA ELECTRICA DE CONSTRUCCION

14