



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN

PRUEBAS ELÉCTRICAS A EQUIPO PRIMARIO
EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

PRESENTA:
CARLOS DANIEL GUZMÁN NIEVES

ASESOR: ING. ANGEL ISAIAS LIMA GOMEZ

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MEX. 2013



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
 UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
 DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

DRA. SUEMI RODRÍGUEZ ROMO
 DIRECTORA DE LA FES CUAUTITLÁN
 PRESENTE

ATN: L.A. ARACELI HERRERA HERNÁNDEZ
 Jefa del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el Art. 28 del Reglamento de Exámenes Profesionales nos permitimos comunicar a usted que revisamos **LA TESIS:**

“Pruebas Eléctricas a Equipos Primarios en Subestaciones Eléctricas”

Que presenta el pasante: Carlos Daniel Guzmán Nieves
 Con número de cuenta: 40406901-2 para obtener el Título de: Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE
“POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU”
 Cuautitlán Izcalli, Méx. a 14 de Diciembre de 2012.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	M.I. José Juan Contreras Espinosa	
VOCAL	Ing. Casildo Rodríguez Arciniega	
SECRETARIO	Ing. Ángel Isaías Lima Gómez	
1er SUPLENTE	M. en A. Diana Fabiola Arce Zaragoza	
2do SUPLENTE	Ing. Fernando Fierro Téllez	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 120).
 HHA/pm

Doy gracias a DIOS por que me deajo cumplir uno de mis sueños como estudiante.

Gracias a mis padres por haberme enseñado a lograr lo que deseo en la vida, y a ser un hombre feliz, nada comparado a la felicidad que siento al verlos juntos y saber que puedo contar con ellos en cualquier lugar y ante cualquier circunstancia, los AMO Mamá y Papá.

Agradezco al Ing. Alejandro Bonilla Rodríguez, por la oportunidad de aprender junto a él, por los consejos otorgados y por el conocimiento transmitido durante mis prácticas profesionales. Le agradezco el haber contribuído a mi formación como Ingeniero Mecánico Electricista.

Ing. Nazario Hernández por apoyarme e impulsarme en este proyecto, que hoy es un logro G R A C I A S

Ing. Isaac Lima, gracias por su asesoría en esta tesis

A todos mis amigos y compañeros, gracias por la ayuda recibida y por su amistad sincera.

TEMA: PRUEBAS ELÉCTRICAS A EQUIPO PRIMARIO EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

CONTENIDO	
INDICE	1
OBJETIVO	3
INTRODUCCIÓN	4
CAPÍTULO I GENERALIDADES	
DEFINICIONES	6
CLASIFICACIÓN DE LAS PRUEBAS A EQUIPO PRIMARIO	8
DESCRIPCIÓN Y TIPOS DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN	11
CAPÍTULO II DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS PRIMARIOS EN SUBESTACIONES	
TRANSFORMADORES DE POTENCIA	16
INTERRUPTORES DE POTENCIA	27
CUCHILLAS DE POTENCIA	33
TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTO	42
APARTARRAYOS	51
REACTORES	56
CAPÍTULO III DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DE LAS PRUEBAS PREOPERATIVAS	
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO	60
FACTOR DE POTENCIA	61
RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN	62
RESISTENCIA DE CONTACTOS	63
SINCRONISMO DE TIEMPO DE OPERACIÓN	64
TRANSFORMADOR DE POTENCIA	65
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DIAGRAMAS DE CONEXIÓN, REALIZAR PRUEBAS	
FACTOR DE POTENCIA DIAGRAMAS DE CONEXIÓN, REALIZAR PRUEBAS	68
RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN DIAGRAMAS DE CONEXIÓN, REALIZAR PRUEBAS	70
INTERRUPTORES	73
RESISTENCIA DE CONTACTOS DIAGRAMAS DE CONEXIÓN, REALIZAR PRUEBAS.	
FACTOR DE POTENCIA DIAGRAMAS DE CONEXIÓN, REALIZAR PRUEBAS	76
RESISTENCIAS DE CONTACTOS DIAGRAMAS DE CONEXIÓN, REALIZAR PRUEBAS.	78
SINCRONISMO DE TIEMPO DE OPERACIÓN DIAGRAMAS DE CONEXIÓN, REALIZAR PRUEBAS	80

CUCHILLAS	83
RESISTENCIA DE CONTACTOS DIAGRAMAS DE CONEXIÓN, REALIZAR PRUEBAS.	
FACTOR DE POTENCIA DIAGRAMAS DE CONEXIÓN, REALIZAR PRUEBAS	84
RESISTENCIAS DE CONTACTOS DIAGRAMAS DE CONEXIÓN, REALIZAR PRUEBAS.	85
TRANSFORMADOR DE INSTRUMENTO	86
RESISTENCIA DE CONTACTOS DIAGRAMAS DE CONEXIÓN, REALIZAR PRUEBAS.	
FACTOR DE POTENCIA DIAGRAMAS DE CONEXIÓN, REALIZAR PRUEBAS	91
RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN DIAGRAMAS DE CONEXIÓN, REALIZAR PRUEBAS	94
APARTARRAYOS	96
RESISTENCIA DE CONTACTOS DIAGRAMAS DE CONEXIÓN, REALIZAR PRUEBAS.	
FACTOR DE POTENCIA DIAGRAMAS DE CONEXIÓN, REALIZAR PRUEBAS	98
REACTOR	100
RESISTENCIA DE CONTACTOS DIAGRAMAS DE CONEXIÓN, REALIZAR PRUEBAS.	
FACTOR DE POTENCIA DIAGRAMAS DE CONEXIÓN, REALIZAR PRUEBAS	101
BIOBLOGRAFIA	102
CONCLUSION	103

OBJETIVO:

Estudiar y Conocer los diferentes tipos de pruebas eléctricas que se realizan a equipos primarios en subestaciones eléctricas de distribución y de potencia de acuerdo a las condiciones que están operando y que se requieren para atender las necesarias en el suministro de energía eléctrica bajo los puntos de continuidad y confiabilidad cumpliendo con la normatividad vigente.

INTRODUCCION

En los sistemas eléctricos de potencia, las subestaciones de distribución son las que distribuyen a través de sus circuitos la energía eléctrica a los centros de consumo.

El equipo primario de las Subestaciones debe mantenerse en las mejores condiciones operativas, para reducir las probabilidades de falla mejorando así, la continuidad del servicio.

Analizando lo anterior, es necesario que los trabajos de preparación del equipo primario (Transformador de Potencia, Interruptor, Transformador de Instrumentación, Cuchillas, Apartarrayos, Reactor de Potencia, etc.) para su puesta en servicio y las actividades de mantenimiento sean de calidad, para evitar la salida prematura del equipo en operación.

El presente trabajo es de utilidad para el ingeniero de campo en especial para ingeniero de subestaciones y su personal técnico; tiene la finalidad de proporcionar los elementos fundamentales de información, como apoyo en la manera de efectuar las pruebas a los equipos primarios eléctricos de las subestaciones eléctricas.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

DEFINICIONES

SUBESTACIÓN ELECTRICA

Es un conjunto de máquinas, aparatos y circuitos, que tienen la función de modificar los parámetros de la potencia eléctrica, permitido el control del flujo de energía, brindado seguridad para el sistema eléctrico para los mismo equipos y para el personal de operación y mantenimiento.

Una subestación eléctrica esta constituida por una serie de equipos, elementos estructurales edificaciones y otros elementos e instalaciones auxiliares complementarias necesarias para cumplir con la funcionalidad requerida.

TIPO DE SUBESTACIONES

Atendiendo al objetivo con el cual se diseña las subestaciones y al servicio que prestan, esta se puede clasificar en subestaciones de enlace, radiales, de anillo, elevadores, reductoras y de “switchero”.

a) SUBESTACIONES RADIALES

Una Subestación es de enlace cuando interconectan a una o varias subestaciones que sirven como respaldo aumentando en conjunto sus confiabilidad y sobre todo su flexibilidad.

b) SUBESTACIONES RADIAL

Una subestación es radial cuando no se interconecta con otras subestaciones es decir cuando la fuente de alimentación proviene de un solo lugar, aunque sea con líneas de transmisión paralelas.

c) SUBESTACIONES EN ANILLO

Una subestación es en anillo cuando se interconecta con otras subestaciones que a su vez están interconectadas entre si.

d) SUBESTACIONES ELEVADORA

Una subestación es la elevadora cuando tiene transformador de potencia que aumenta el nivel de tensión de las (s) fuente(s) de alimentación.

e) SUBESTACIONES REDUCTORA

Una subestación es reductora cuando tiene transformadores de potencia que reducen el nivel de tensión de la(s) fuente(s) de alimentación.

f) SUBESTACIONES DE SWITCHERO

Una subestación es del tipo de “switchero” cuando no tiene transformadores de potencia que modifique el nivel de tensión de las fuentes de alimentación.

EQUIPOS PRINCIPALES QUE COMPONEN UNA SUBESTACION

a) TRANSFORMADOR DE POTENCIA

Un transformador es considerado una maquina eléctrica que tiene la capacidad de aumentar, reducir o mantener la energía eléctrica, transfiriéndola de un circuito a otro y con una frecuencia constante (60Hz), este ultimo dato es para México, pero tal vez en otros países puede variar.

b) INTERRUPTORES DE POTENCIA

Estos aparatos sirven para desconectar en forma inmediata y automática circuitos bajo condiciones de falla o bien accionado por un operador cuando así se desea; es decir, interrumpen la continuidad de los circuitos. Esto es importante porque los circuitos fallados, para que no contamine la parte sana de la instalación.

c) CUCHILLAS DESCONECTADORAS

Al igual que los interruptores sirven para conectar y desconectar circuitos, pero sin carga y no operan en caso de falla. Sirven también para aislar circuitos del resto de la instalación ya sea para revisión o mantenimiento.

d) TRANSFORMADOR DE INSTRUMENTOS

Los transformadores de instrumentos sirven para reducir la tensión primaria de la instalación a tensiones o corriente manejables en su lado secundario. Se utilizan para conectar a ellos aparatos de medición y protección. La medición sirve para cuantificar la energía recibida y la que se consume; los aparatos de protección reciben señales de corriente o de tensión que a su vez utilizan para vigilar que los parámetros de corriente y tensión de la instalación se mantengan en rango previamente establecidos y que de no ser así, mandar la conexión de los circuitos que fallen.

e) APARTARRAYOS

Las instalaciones eléctricas, como cualquier tipo de instalación a la intemperie ,esta sujetas a descargas atmosféricas o rayos, sin embargo en la subestaciones por estar interconectadas por largas líneas de transmisión, existen mayor probabilidad de que lleguen a ellas descargas originadas en puntos diferentes a su ubicación es por eso que estas instalaciones se protegen a la entrada de las líneas contra descargas atmosféricas por medio de apartarrayos; estos aparatos, sirven para drenar a tierra las sobretensiones y altas corrientes que acompañan a estos fenómenos .

f) REACTOR

Dispositivo empleado para introducir impedancia en un circuito eléctrico, cuyo principal componente es la reactancia inductiva.

CLASIFICACIÓN DE LAS PRUEBAS A EQUIPO PRIMARIO

GENERALIDADES.

Se consideran pruebas eléctricas, aquellas que determinan las condiciones en que se encuentran el equipo eléctrico, para determinar su operatividad.

Durante el proceso de instalación del equipo de una subestación y sobre todo al final, cuando se procede a la puesta en servicio de la instalación, es necesario efectuar una serie de pruebas necesarias para determinar el estado final de los aislamientos, los circuitos de control, la protección, medición, señalización, alarma y finalmente el funcionamiento del conjunto de la subestación.

A su vez el conjunto de datos obtenidos de las pruebas sirven de antecedente para que a lo largo de la vida de la instalación el personal de mantenimiento tenga una base para determinar el grado de deterioro que van sufriendo los diferentes equipos, así como una referencia para comparar las nuevas lecturas después de una reparación.

TIPOS DE PRUEBAS:

PRUEBAS DE RUTINA

Son pruebas que deben efectuarse a cada uno de los equipos conforme a los métodos establecidos en las normas correspondientes, para verificar la calidad del producto y que están dentro de los valores permitidos.

PRUEBAS OPCIONALES

Estas pruebas son las que se realizan a los equipos conjuntamente entre el fabricante y el cliente a fin de determinar algunas características particulares del equipo.

PRUEBAS DE CAMPO

Se efectúan a los equipos que se encuentran en operación y se clasifican:

- Recepción y/o verificación
- Mantenimiento
- Puesta en servicio

1.-PRUEBA DE RECEPCION O VERIFICACION

Se realizan a todo el equipo nuevo o reparado, considerando las condiciones de traslado, efectuando primeramente una inspección detallada de cada una de sus partes.

2.-MANTENIMIENTO

Se efectúan periódicamente conforme a programas y a criterios de mantenimientos elegidos y condiciones operativas del equipo Tipos de mantenimientos:

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivos

~ MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Es el más antiguo, permite operar el equipo hasta que este falle ocurre antes de su reparación o sustitución. Requiere poca planeación y control, el trabajo es realizarlo generalmente en emergencias resulta ineficiente y ocasiona corte en el servicio que se presenta al cliente.

~ MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Tiene la finalidad de impedir o evitar que el equipo falle durante su periodo de vida útil y la técnica de su aplicación se apoya en experiencia de operación que determina que el equipo después de pasar su puesta en servicio reduce las posibilidades de falla.

~ MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Tiene como finalidad el combinar las ventajas de los dos mantenimientos anteriores, para lograr el máximo tiempo de operación del equipo. Se aplican las técnicas de revisión y pruebas más avanzadas, requeridas de control rigurosos de planeación y ejecución.

3-PRUEBA PUESTA EN SERVICIO

Se realizan a cada uno de los equipos en campo después de haber sido: instalados, ajustado, secos. Etc., con la finalidad de verificar sus condiciones para decidir su entrada en operación.

- ✓ Pruebas a los equipos de alta tensión.

PRUEBAS A LOS EQUIPOS DE ALTA TENSION

El tipo de pruebas por realizar dependerá del equipo de que se trate y de sus funciones. Gran parte de la prueba la especifican los fabricantes como prueba de fábrica, algunas de las cuales se vuelven a efectuar, una vez instalados el equipo, pero ahora con el nombre de pruebas de campo.

A continuación se indican, por separado cada uno de los equipos de alta tensión que se consideran en las pruebas de campo:

- Transformadores de potencia
- Interruptores
- Cuchillas
- Transformadores de corriente
- Reactores de potencia

Una vez instalados cada uno de los equipos, la secuencia de las pruebas de campo se puede desarrollar en el siguiente orden, aunque no todas las pruebas que se indican a continuación se efectúan a cada uno de los equipos arriba mencionados:

- Resistencia de aislamiento
- Factor de potencia de los aislamientos
- Relación de transformación
- Resistencia de contacto
- Sincronismo de tiempo

DESCRIPCIÓN Y TIPOS DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO (MEGGER 2.5 o 5 Kv)

Los probadores de aislamiento están diseñados específicamente para ayudar al usuario con la prueba y mantenimiento de equipo de alto voltaje, los instrumentos tienen una corriente de corto circuito de 5mA lo que permite una carga y pruebas más rápidas de alta carga inductivas.

- Operador con suministro de la red o con baterías
- Rechazo de interferencia de 2 miliamperios de valor efectivo a 200V y mas para uso en subestaciones y patios de maniobras de alto voltaje
- Rango de medida a 15T Ω y 35T Ω
- Pruebas de resistencia de aislamiento automático, pruebas de razón dieléctrica de Absorción (DielectricabsorptionRation-DAR), Indicen de Polarización (IP), Voltaje Escalonado(SV) y prueba de descarga Dieléctrica (DD)
- Memoria a bordo para almacenamiento de resultado.



Figura: 1.1. Equipo resistencia de aislamiento

EQUIPO DE MEDICIÓN DE FACTOR DE POTENCIA (2.5 O 10 KV)

Este diseñado para determinar las condiciones las condiciones del aislamiento eléctrico en aparato de alto voltaje tales como transformador, bujes o pasa tapas (bushings), interruptores, cable pararrayos y maquinaria eléctrica rotativa. Este equipo ha sido diseñado para proporcionar una prueba completa de diagnósticos de aislamiento de corriente alterna.

- Es extremadamente fácil de utilizar, sin necesidad de un ajuste externos equipo o software
- Trabaja en condiciones de alta interferencia en patios de maniobra de hasta 765kv
- Capacidad integrada para almacenar, imprimir y descargar los resultados de prueba
- Diseño fuerte y portátil para uso en el campo y en taller.



Figura: 1.2. Equipos de factor de potencia

EQUIPO DE MEDICIÓN DE TTR (RELACION DE VUELTAS)

Se utiliza para medir la relación de vueltas, la corriente de excitación y la polaridad de los devanados en transformador monofásico y de distribución y de potencia trifásico (probador de fase a fase) en distribución unifásica, trifásica y transformador de potencia (probador de fase por fase) transformador de potencia y de corriente con derivaciones.

También se utiliza para medir el desplazamiento de fase y la resistencia de devanados con corriente directa.

- Totalmente automático, robusto y liviano
- Mide la relación de vueltas
- Operado por batería
- Almacena 200 juegos de resultados.



Figura: 1. 3. Equipo de prueba de la relación de espiras de transformadores (TTR)

EQUIPO DE MEDICIÓN DE DUCTER(RESISTENCIA DE CONTACTOS)

Realiza la medición de la resistencia de contacto en interruptores de alta tensión, seccionadores, uniones de barra o para cualquier medición de baja resistencia a otros especímenes.

El instrumento puede proporcionar corriente de prueba de 10 amperios hasta 200/600 amperios, sujeto a la resistencia de carga y tensión de alimentación. Para aquellas aplicaciones que exigen una corriente continua (Filtrada) reducir la ondulación de frecuencia de la red, el equipo tiene una corriente de prueba 200 amperios con una resistencia de 11 mili-ohms.

La salida filtrada de la unidad también eliminar los transitorios magnéticos que podrían inductivamente activar el interruptor de control (relé diferente de barras), si se deja en el circuito en prueba.

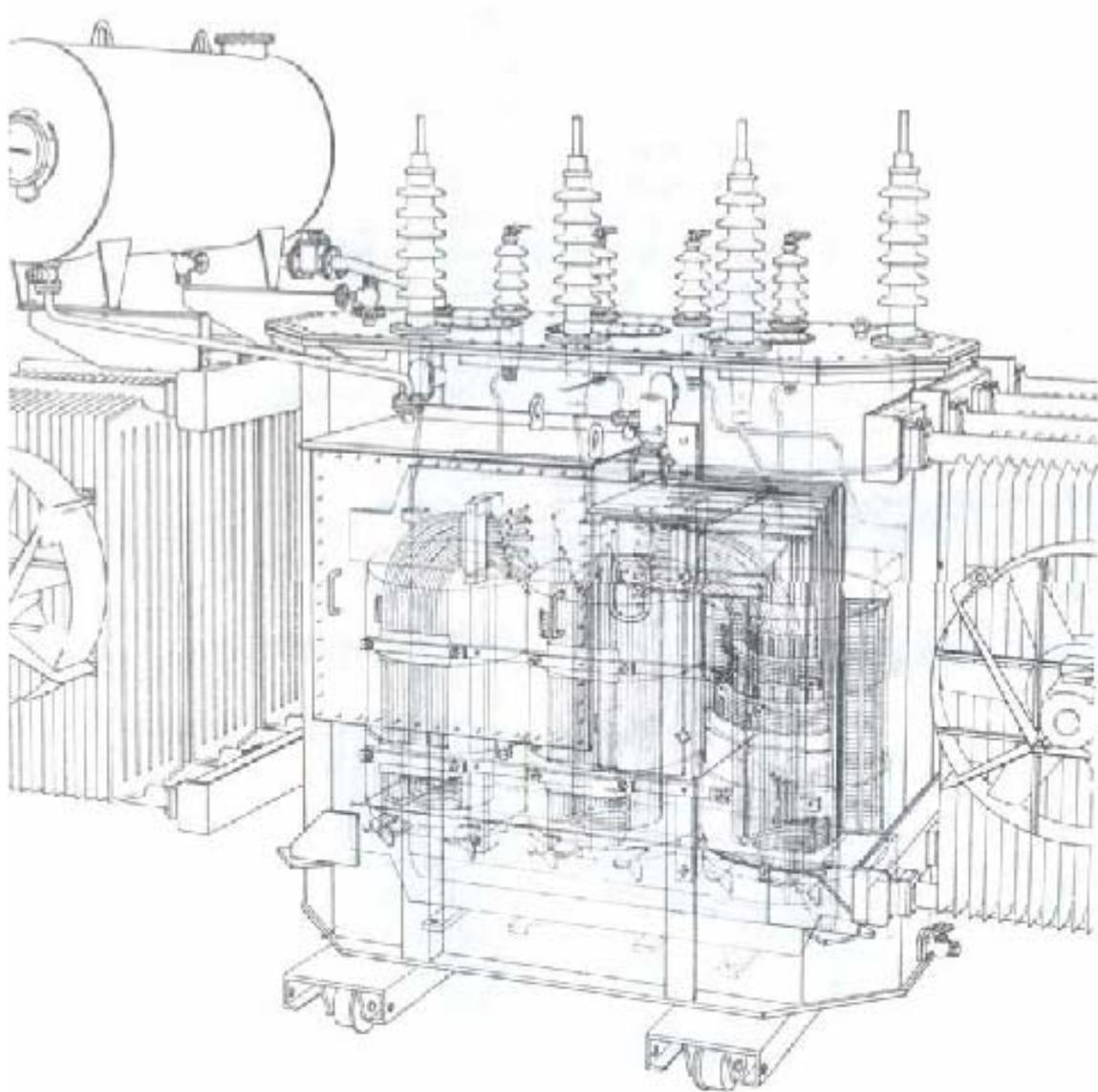
- Compacto y ligero, peso menor a 15kg.
- Corriente de prueba 10 A a 200 A C.D/10 a 600 A C.D
- Corriente de salida filtrada (eliminar los transitorios magnéticos)
- Memorias interna hasta 300 pruebas con las respectivas nota
- Resolución de $0.1 \mu\Omega$
- Se suministra con terminales de prueba de 5mts.



FIGURA: 1. 4.Equipo de prueba de Resistencia de contactos

CAPÍTULO II DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS PRIMARIOS EN SUBESTACIONES

2.1 TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y AUTOTRANFORMADORES DE POTENCIA



2.1 TRANSFORMADOR DE POTENCIA

Un transformador es considerado una maquina eléctrica que tiene la capacidad de aumentar, reducir o mantener la energía eléctrica, transfiriéndola de un circuito a otro y con una frecuencia constante (60Hz), este ultimo dato es para México, pero tal vez en otros países puede variar

CARACTERISTICAS GENERALES

Un transformador es considerado una maquina eléctrica que tiene la capacidad de aumentar, reducir o mantener la energía eléctrica , transfiriéndola de un circuito a otro y con una frecuencia constante (60Hz), este ultimo dato es para México , pero tal vez en otros países puede variar.

TENSIONES Y RELACIONES DE TRANSFORMACION NORMALIZADAS.

TENSION NOMINAL

Las tensiones nominales de un transformador son aquellas a las que se refieren sus características de operación y funcionamiento.

TENSION NOMINAL DE UN DEVANADO

Es la tensión que debe ser aplicada o inducida en vacio, entre las terminales de un transformador.

Las tensiones más comunes son

TENSION (KV)
13.8
*23.0
34.0
69.0
115.0
230.0
400.0

*Poco usual

RELACION DE TRANSFORMADOR Y SU TOLERANCIA:

La relación de transformación esta basada en la relación de las tensiones esta sujeta al efecto de la regulación a diferentes cargas y factores de potencia.

La tolerancia para la relación de transformación, medida cuando el transformador esta sin carga, debe ser de más –menos 0.5% en todas las derivaciones.

Si la tensión por vuelta excede de 0.5% de la tensión deseada, las tensiones de las derivaciones deben corresponder ala tensiones de la vuelta próxima.

Las relaciones de transformación usadas en México son las.

RELACIONES DE TRANSFORMACION	
++400/230	KV
++230/115	KV
400/115	KV
115/13.8	KV
* 115/23	KV
230/69	KV

++ Se usa únicamente en los autotransformadores* Es poco usual

CAPACIDADES NOMINALES

La capacidad nominal de un transformador, se mide en (KVA), el devanado secundario del mismo debe suministrar a su tensión y frecuencia nominal.

CORRIENTE NOMINAL

Es la corriente que fluye a través de una terminal de un devanado, calculada, dividiendo la capacidad nominal del devanado entre la tensión nominal del mismo y el factor de fase apropiado.

FRECUENCIA NOMINAL

La frecuencia a la cual debe operar los transformadores debe ser de 60Hz

TIPO DE SERVICIO

El tipo de servicio de los transformadores debe de ser: servicio intemperie sumergido en aceite

IMPEDANCIA NOMINAL

La impedancia se expresa generalmente en porcentaje de la tensión de impedancia con respecto ala tensión nominal.

La tolerancia de la impedancia deberá ser la siguiente:

- a) la impedancia de un transformador de 2 devanados con un valor en porcentaje de impedancia superior al 2.5% debe tener una tolerancia de mas-menos 7.5% del valor especifico.

- b) La impedancia de un transformador de 3 o más devanados o bien con devanados en zig-zag, debe tener una tolerancia de más-menos 10% del valor especificado.
- c) La tolerancia en la impedancia de un autotransformador debe ser mas-menos 10% del valor especificado.

TEMPERATURA AMBIENTE Y ELEVACION.

TEMPERATURA AMBIENTE

Si el enfriamiento es por aire, la temperatura del aire a temperatura ambiente no deberá exceder de 40°C y el promedio de temperatura del aire enfriado durante un periodo de 24 horas no deberá exceder a 30°C.

El tope de la temperatura del liquido de el transformador (cuando esta en operación), no deberá ser menor a -20°C al arranque, las temperatura debajo de -20°C no son consideradas como condiciones normales de servicio.

ELEVACION DE TEMPERATURA

La elevación de temperaturas de un transformador o parte de este, sobre la temperatura ambiente, cuando se prueba de acuerdo con su capacidad, no debe excede los valores dados en la siguiente tabla.

TABLA: Limites de elevación de Temperatura para Transformadores a capacidad continua sobre la Temperatura Ambiente.

PARTE	DESIGNACION DE LA PARTE		
	CLASE DE APARATO	ELEVACION DE TEMPERATURA DEL DEVANADO POR RESIST. °C	ELEVACION DE TEMPERATURA DEL PUNTO MAS CALIENTE, EN °C
1	Sumergidos en liquido aislante elevación de 55°C	55	65
	sumergidos en liquido aislante elevación de 65°C	65	80
2	Las partes metálicas en contactos con o adyacentes al aislamiento, no debe alcanzar una temperatura que exceda aquella para el punto mas caliente de los devanados adyacentes a ese aislamiento.		
3	Las partes metálicas no cubiertas por la parte 2, no deben alcanzar elevaciones excesivas de temperatura.		
4	Cuando los aparatos estén construidos con algunos de los sistemas de preservación de liquido aislante (tanque de expansión sello de gas -liquido aislante o sistema de gas inerte a presión), la elevación de la temperatura del liquido aislante no debe exceder de 55°C o 65°C según se garantice, cuando se mida cerca de la parte superior del tanque principal.		

ALTURA DE OPERACIÓN

Los transformadores se deben diseñar para operar a una altitud de 1000 msnm¹, en caso de que la altura de operación sea mayor se deberá aplicar los factores de corrección indicados del tal manera que los transformadores mantenga a la altitud indicada sus capacidades nominales y niveles de aislamiento.

CONEXIONES TÍPICAS

Las conexiones más utilizadas en transformadores de potencia son:

ESTRELLA/ESTRELLA DELTA/DELTA DELTA/ESTRELLA

ESTRELLA/ESTRELLA

Esta conexión da un servicio satisfactoria si la carga trifásica es balanceada, si la carga es desbalanceada el neutro eléctrico tiende a ser desplazado del punto central, haciendo diferencia los voltajes de línea a neutro; esta desventaja puede ser eliminada conectando a tierra el neutro.

DELTA /DELTA

Este arreglo es usado generalmente en sistemas donde los voltajes no son altos y cuando la continuidad del servicio debe ser mantenida aun si uno de los transformadores falla; si esto sucede los transformadores pueden continuar operando en la conexión delta-abierta, también llamada “conexión v”

DELTA /ESTRELLA

Esta conexión se emplea usualmente para elevar el voltaje, como por ejemplo al principio de un sistema de transmisión de alta tensión. En lado de alta tensión el aislamiento trabaja a solamente el 58% del voltaje de línea a línea; otra de sus ventajas es que el punto neutro estable y no flota cuando la carga es des balanceada.

Esta conexión también es muy usada cuando los transformadores deben suministrar cargas trifásicas y cargas monofásicas; en estos casos la conexión proporciona un cuarto hilo conectado al neutro.

CARACTERISTICAS BAJO CONDICIONES DE FALLA

Los transformadores sumergido en líquido aislante, debe ser diseñados y construidos para soportar los esfuerzos mecánicos y térmicos producidos por corto circuitos externos. Los cortos circuitos externos deben incluir fallas trifásicas, de una fase a tierra y de fase a fase en cualquier grupo de terminales.

Se reconoce que la capacidad de soporta corto circuitos puede ser afectada adversamente por los efectos acumulados, de esfuerzo mecánicos y térmicos repetidos tales como los producidos por corto circuitos y sobrecargas severas.

El tiempo de duración de un corto circuito el cual debe soportar los transformadores mayores a 500KVA se limita a 2 segundos, a menos de que especifique de otra manera por el usuario.

SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO.

OA/FA/FA:

Autoenfriado y con dos pasos de enfriamiento por aire forzado.

OA/FOA:

Autoenfriado y enfriado por aceite y aire forzado

Los sistemas de enfriamiento preferenciales son los siguientes:

OA:

Autoenfriado.

OA/FA:

Autoenfriado y enfriado por aire forzado

OA/FOA/FOA:

Autoenfriado y con dos paso de enfriamiento por aire y aceite forzado.

FOW:

Enfriado por agua y aceite

¹⁾ metros sobre el nivel del mar

SISTEMAS DE CIRCULACION FORZAD DE ACEITE

Los sistemas de enfriamiento deben cumplir con los siguientes requisitos:

SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO OA

El transformador debe contar con el número suficiente de radiadores o enfriadores con objetos de que no exceda las temperaturas máximas permisibles señaladas.

A la entrada y salida de cada enfriador se debe proporcionar válvulas de mariposa con objetos de poder desmontar el radiador del tanque, sin necesidad de vaciar el aceite del transformador estas válvulas deben tener indicador de posición.

Cada radiador deben contar con medios para el izaje y con drenes en ambos cabezales. Todos los enfriadores deben ser intercambiables.

Se debe desensamblar uno o varios enfriadores sin tener que poner fuerza de servicio el transformador.

Los radiadores o enfriadores deben ser capaces de resistir, sin sufrir daños o deformaciones permanentes los esfuerzos producidos al aplicar vacío absoluto al nivel del mar.

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO OA/FA Y OA/FA/FA

Estos sistemas deben cumplir con lo siguientes.

El transformador debe contar con números suficientes de radiadores o enfriadores detectores de temperatura, sistema de control y protección, con el objeto de que el transformador no exceda las temperaturas máximas.

- Los motores de los ventiladores deben ser trifásicos cumplir con lo siguientes:
- Totalmente cerrados
- Servicio intemperie.
- Frecuencia de 60Hz.

Con dispositivos de protección, individuales para cada motor contra cortos circuitos

El control de los pasos de enfriamiento debe hacerse en base a la temperatura, esto es, por un termómetro de imagen térmica de devanados.

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO OA/FOA

Este sistema debe cumplir con lo siguiente:

En el sistema de enfriamiento OA el transformador debe tener una capacidad no menor del 35% de la capacidad FOA.

La impedancia de los transformadores debe estar referida a la base de las capacidades FOA. El transformador debe contar con un número suficiente de radiadores de aceite y aire forzado, tuberías de interconexiones, bombas de aceite y ventiladores, detectores de temperatura sistema de control y protección etc., para que no exceda la temperatura máxima permisible de 65°C en los devanados a 112% del transformador.

A la entrada y a la salida de cada radiador se debe proporcionar válvulas adecuadas con objeto de poder desmontar el radiador del tanque del transformador sin necesidad de vaciar el aceite.

Esta válvula debe estar montadas en el tanque del transformador y acoplarse ala tubería de los radiadores por medio de bridas atornilladas y con empaque a prueba de aceite.

CAMBIADORES DE DERIVACIONES.

CAMBIO DE DERIVACIONES CON TRANSFORMADOR DESENERGIZADO

El devanado de alta tensión debe contar con 4 derivaciones de 2.5% de la tensión nominal. Las cuatro derivaciones deben ser para plena capacidad.

Según las necesidades de operación, se indicara si las 4 derivaciones serán 2 arriba y 2 abajo o 1 arriba y 3 debajo de la tensión nominal.

CAMBIO DE DERIVACIONES CON CARGA

En los casos en que se indique, los transformadores deben estar equipados con un cambiador de derivaciones con la carga y deben cumplir con lo siguiente.

Todas las derivaciones deben ser a capacidad plena.

El número de derivaciones debe ser de 10 arriba y 10 debajo de la tensión nominal, de un valor cada una de 1% de la misma.

La banda de regulación total debe ser de más – menos 10% sobre la tensión nominal.

CAMBIADOR DE DERIVACIONES CON TRANSFORMADOR DESENERGIZADO

Se debe suministrar un cambiador de derivaciones para operación con transformador desenergizado.

Este cambiador de derivaciones sin carga debe ser para operación externa, con un volante fuera del tanque, localizado en los segmentos uno o cuatro.

Este volante debe contar con un aditamento para poder asegurarse con un candado la altura del volante debe ser propia para operar por una persona parada a nivel del piso el volante puede montarse sobre la cubierta del tanque cuando así se indique.

CAMBIADOR DE DERIVACIONES PARA OPERACIÓN CON CARGA

Cuando se indique que el transformador este equipado con cambiador de derivaciones con carga, este debe cumplir con las siguientes características

El número de escalones de tensión debe ser de 10 arriba y 10 abajo de la tensión nominal siendo la posición media la correspondiente a esta última.

La operación del cambiador debe ser automática y manual.

El conmutador o interruptor diverso del cambiador debe estar contenido en un recipiente de aceite propio e independiente, para evitar la contaminación del aceite del transformador; este recipiente debe soportar las mismas condiciones de presión y vacío que el tanque principal del transformador.

Los cambiadores de derivación deben contar con los siguientes equipos y accesorios.

1-Gabinete de control propio conteniendo el mecanismo a motor y conmutadores para los circuitos de control:

- Remoto-local (contactos sostenidos)
- Subir –bajar (contactos momentáneos)

Así como un indicador de posición (no se acepta del tipo lámpara) El indicador de posición debe tener incorporado un potenciómetro de 2000 watts para acoplamiento a equipo de control superviso para retransmisión de la posición del cambiador.

2-Un equipo para control remoto desde la sala de tablero de la subestación que incluya:

- Conmutador para subir y bajar (con contactos momentáneos)
- Indicador de posición tipo caratula.
- Selector manual-automático para que cualquiera de los cambiadores sea maestro, debe instalarse en el gabinete común centraliza la operación que se indique.

3- Tanque conservador de aceite independiente con indicador de nivel y contacto de alarma por abajo del nivel.

4- contacto de disparo por mecanismo trabado.

5- contacto de disparo por discrepancia de paso de la fase.

DIFERENCIAS BASICAS ENTRE TRANSFORMADORES Y AUTOTRANSFORMADORES

Los autotransformadores tienen ventajas de menor costo, mayor eficiencia y mejor regulación, comparado con el transformador convencional; las desventajas incluyen bajas impedancia que puede producir excesos de corriente en condiciones de falla, la utilización de taps es mas complicada, los circuitos de alto y bajo voltaje no pueden ser aislados y ambos circuitos no operan con un desfaseamiento si una conexión en zig-zag no es introducida.

Las ventajas de menor costo y mejor eficiencia disminuyen cuando la capacidad del autotransformador aumenta, por ello los autotransformadores son utilizados en pequeños rangos, raramente mayores de 2 a 1.

CRITERIOS GENERALES PARA LA SELECCIÓN Y APLICACIÓN

Se recomienda que el sistema de tanque sellado sea usado en transformadores con capacidad de 500 a 7500 KVA (OA)

El sistema con tanque de expansión se recomienda en transformador de capacidades superior o igual a 10,00 KVA.

La cubierta de los transformadores con capacidad superior a 2,500 KVA debe estar provista de un dispositivo aliviador de presión.

Debe haber un espacio mínimo para colocar un transformador de corriente por boquilla, sin incluir el espacio de los transformadores de corriente para los indicadores de temperatura de los devanados.

En transformador de 10,000KVA o mayores, debe haber provisto para sacar los transformadores de corriente tipo boquillas del transformador sin quitar la cubierta.El cambiador de derivaciones debe estar provisto de topes en las posiciones extremas y cada posición debe corresponder a una tensión de operación.

Se recomienda el empleo de des conectadores con bloqueo electrónico y cámaras terminales para conexión de cable en devanados con clase de aislamiento de 15KV.

PRINCIPALES COMPONENTES DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA.

Devanados y aislamientos

Tipos de Bobinas

Núcleo

Aceite

Tanque

Radiadores

Tanque conservador (Sistema de preservación de aceite)

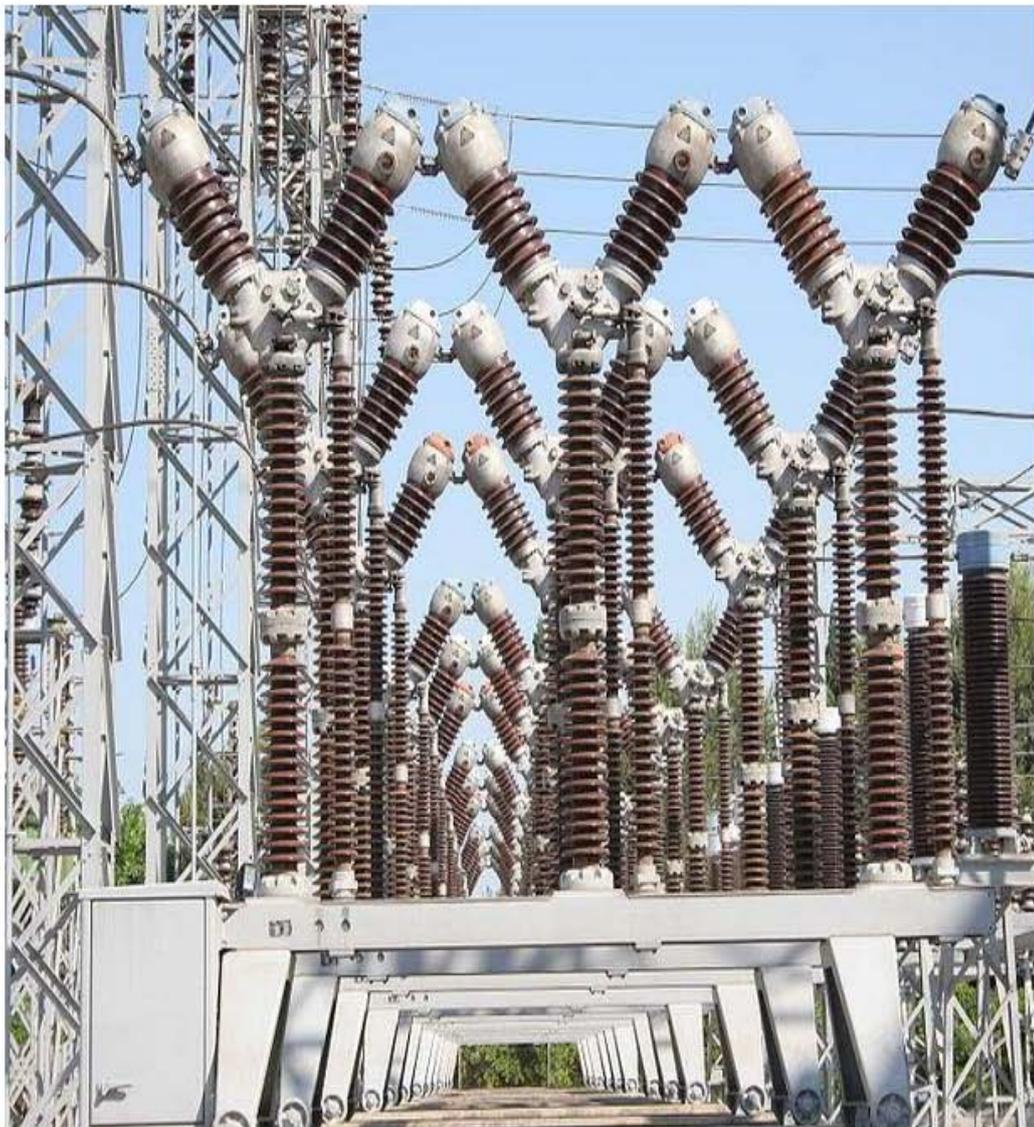
Boquillas

Cambiador de derivaciones

Gabinete de control.



2.2 INTERRUPTORES DE POTENCIA



2.2 INTERRUPTORES DE POTENCIA

Estos aparatos sirven para desconectar en forma inmediata y automática circuitos bajo condiciones de falla o bien accionado por un operador cuando así se desea; es decir, interrumpen la continuidad de los circuitos. Esto es importante porque los circuitos fallados, para que no contamine la parte sana de la instalación

CARACTERISTICAS GENERALES

TIPOS DE EXTINCION DE ARCOS

El medio de extinción de arco eléctrico debe ser gas SF6 (hexafloruro de azufre) a una sola precisión. En casos especiales como ampliaciones, sustituciones, etc. en que se requiere otro medio de extinción (aceite, aire), se le indicara al fabricante

TIPO DE SERVICIO

Todos los interruptores deben ser para servicio tipo intemperie.

VALORES NOMINALES DE VOLTAJE, FRECUENCIA Y CORRIENTE

- a) La corriente nominal de los interruptores deben estar de acuerdo a lo indicado en la tabla 2. Que se muestra más adelante
Esta corriente esta dada por el valor eficaz (r.m.s) de la corriente, que es capaz de conducir continuamente el interruptor sin sufrir ningún daño ala frecuencia nominal y sin exceder los valores de elevación de temperatura de diferentes partes del interruptor, indicados en la tabla 4. Que se muestra mas adelante.
- b) Las tensiones nominales de los interruptores deben estar basada de acuerdo a la tabla 1.
- c) los interruptores se deben diseñar para operar a 60Hz

Tabla 1	
tensión nominal valor eficaz (KV)	
Sistema	Interruptor
115	123
*138	145
*161	170
230	245
400	420

* Tensión restringida.

Tabla 2	
Tensión nominal del interruptor (Vn) valor eficaz kV	Corriente nominal a 60Hz
123	1250
	1600
	2000
145	1250
	1600
	2000
170	1250
245	1250
	1600
	200
	2500
	3150
420	1600
	2000
	2500
	3150

CONDICIONES NORMALES DE SERVICIO

Los interruptores deben estar diseñados para sistemas conectados sólidamente a tierra.

Los interruptores deben operar a una temperatura ambiente que no exceda de 40 °C y un valor promedio medio en un periodo de 24hrs. De 35°C. También deben estar diseñados para operar a una temperatura mínima de -25°C

Se deben diseñar para operar a una altura de 1000 m.s.n.m¹. En caso en que las necesidades de operación requieran una altura mayor, debe hacerse las correcciones de manera que el interruptor mantenga a la altitud en que se encuentre instalado, los niveles de aislamiento.

¹) metros sobre el nivel de mar

CONDICIONES DE OPERACIÓN**CAPACIDAD INTERRUPTIVA**

- a) Los interruptores deben cumplir con la corriente interruptiva de corto circuito dada por el valor eficaz (r.m.s) de su componente de CA asociada con una componente de DC.
- b) La corriente sostenida de corta duración (3 segundos) debe ser la indicada en la tabla 3. Esta corriente es la que el interruptor es capaz de conducir en posición cerrada y un valor igual al de la corriente interruptiva de corto circuito.

TABLA 3		
Tensión nominal del interruptor (Vn) valor eficaz kV	corriente nominal a 60Hz A	Corriente interruptiva de corto circuito valor eficaz a VnkA
123	1250 1600 2000	25 - 31.5
145	1250 1600 2000	20 - 31.5
170	1250	20 - 31.5
245	1250 1600 2000 2500 3150	31.5 - 40
420	1600 2000 2500 3150	31.5 - 40

TIEMPOS DE CIERRE Y DE INTERRUPCION

Tabla 4		
Tensión nominal del interruptor (Vn) valor eficaz kV	corriente nominal a 60Hz A	Tiempos de interrupción (Base: 60Hz) Ciclos (m s)
123	1250 1600 2000	3 (50)
145	1250 1600 2000	3 (50)
170	1250	3 (50)
245	1250 1600 2000 2500 3150	3 (50)
420	1600 2000 2500 3150	3 (50)

MECANISMO DE OPERACIÓN

El interruptor debe contar con un mecanismo de operación, de energía almacenada, con control eléctrico local y remoto y también local manual, que permita el disparo de emergencia sin alimentación externa.

- a) En interruptores con tensiones de 245kV y mayores se debe suministrar un mecanismo de operación por polo, de tal manera que cada polo debe ser independiente, tanto en su cimentación como en su operación.
- b) En los interruptores con tensiones de 123kV se debe suministrar un mecanismo común para los tres polos excepto cuando las necesidades de operación indique que se debe suministrar un mecanismo de operación por polo.
- c) La energía almacenada para la operación del mecanismo debe ser de cualquiera de los tres tipos siguientes:
 - ❖ Neumática
 - ❖ Hidráulica
 - ❖ Resorte
- d) La carga de la energía almacenada debe proporcionarse por medio de un motor eléctrico que accione una bomba o un compresor o cargue un resorte.
- e) La liberación de la energía, para cerrar o abrir el interruptor, deberá darse por medio de un dispositivo de operación eléctrico, mecánicamente conectado al mecanismo de operación.
- f) Para el control eléctrico del interruptor se debe suministrar la siguiente:

- Dos bobinas de disparo con circuitos independientes con una disposición tal que en caso de falla de una de ellas, no afecte el funcionamiento de la otra.
- Una bobina para el cierre.

CRITERIOS GENERALES PARA SELECCIÓN Y APLICACIÓN

El tiempo de cierre del interruptor a frecuencia de 60Hz, debe ser como máximo 0.16 segundos (10 ciclos)

La capacidad de ejecución a tensión nominal para la apertura del interruptor debe ser de 0.3 segundos

La operación de cierre seguida inmediatamente de una operación de apertura, sin ningún retraso adicional debe ser de 3 minutos.

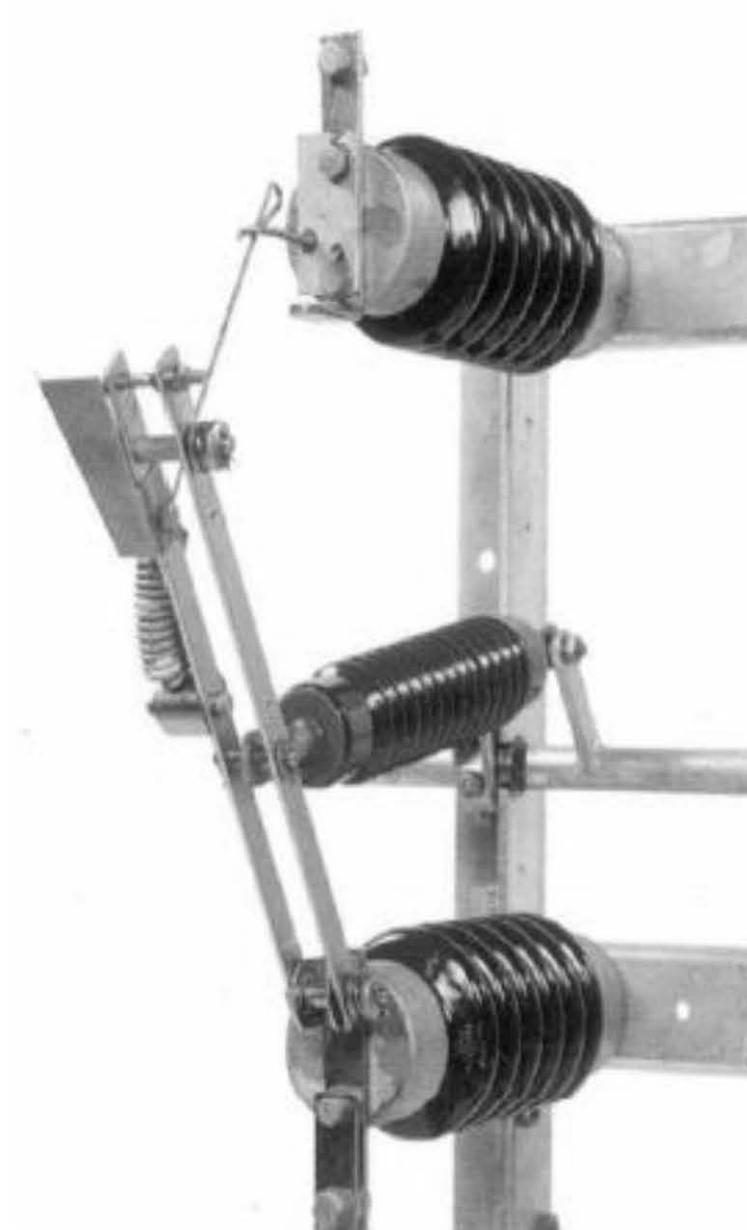
Los interruptores deben cumplir con no exceder las diferencias en simultaneidad de tiempos de operación entre el primero y el último polo de acuerdo a las siguientes condiciones:

- a) En operación de cierre 3 milisegundos, máximo
- b) En operación de apertura 2 milisegundos, máximo.

Cuando exista más de una cámara de interrupción por polo, se debe verificar de no exceder las diferencias de simultaneidad de tiempos de operación entre el primero y el último contacto del mismo polo de acuerdo a las siguientes condiciones:

En operación de cierre 2 milisegundos, máximo en operación de apertura 2 milisegundos, máximo.

2.3 CUCHILLAS DE POTENCIA



2.3 CUCHILLAS DE POTENCIA

Al igual que los interruptores sirven para conectar y desconectar circuitos, pero sin carga y no operan en caso de falla. Sirven también para aislar circuitos del resto de la instalación ya sea para revisión o mantenimiento.

CARACTERISTICAS GENERALES

Existen dos tipos de cuchillas desconcertadoras para sistemas de 115 a 400kV:

- Cuchillas desconcertadoras tripolares de 123 a 420 kV.
- Cuchillas desconcertadoras tripolares de 15 a 69 kV.

Las cuchillas desconcertadoras en aire tripolares de 123 a 420kV tienen las siguientes características:

FRECUENCIA

Las cuchillas desconcertadoras en aire tripolares debe deben estar diseñadas para operar a 60Hz.

VALORES DE DE PRUEBAS DIELECTRICAS

EL valor de prueba de transitorio por switcheo, onda de 250/25000 microsegundos, es aplicable solamente a cuchillas de 400 kV.

CORRIENTE NOMINAL

La corriente nominal de las cuchillas debe estar diseñada para cumplir con lo indicado en la tabla 5. Esta corriente esta dada en amperes por el valor eficaz (rms) de la corriente, a frecuencia nominal, que son capaces de conducir continuamente las cuchillas desconectados, sin sufrir deterioro y sin exceder los valores de la elevación de temperatura de las diferentes partes de las cuchillas.

CORRIENTE SOSTENIDA DE CORTA DURACION

La cuchilla desconcertadoras debe ser capaz de conducir en posición cerrada sin sufrir daños, deformaciones permanentes o separación de contacto, la corriente sostenida durante un periodo de tres segundos Así mismo, debe estar de acuerdo con lo señalado con la Tabla 5. Esta corriente debe estar dada por su valor eficaz (r.m.s) y el comportamiento de las cuchillas

TABLA 5		
TENSION NOMINAL DE LA CUCHILLA DESCONECTADORA (VN) (VALOR EFICAZ) kV	CORRIENTE NORMAL A 60Hz A	CORRIENTE SOSTENIDA DE CORTA DURACION 3segundos (VALOR EFICAZ) kA
123	1250	25-31,5
145(*)	1600 2000 1250 1600 2000	20-31,5
170(*)	1250	20-31,5
245	1250	31,5-40
420	1600 2000 2500 3150 1600 2000 2500 3150	31,5-40
69	600	25
34,5	600	25
23,8	1200 600 1200	38,1 25 38,1
14,4	600 1200	25 38,1
(*) TENSIONES RESTRIGIDAS		

CONSTRUCCIÓN

El tipo de construcción de las cuchillas desconcertadoras tripolares de 123 a 420 kV debe estar de acuerdo con lo siguiente:

- a) De apertura vertical- apertura en un extremo y tres columnas de aisladores.
- b) De apertura horizontal central – apertura en el centro y dos columnas de aisladores.
- c) De apertura horizontales doble – apertura en el centro y tres columnas de aisladores.
- d) Según el tipo de instalación, se indicara las características de los buses donde va montado el trapecio.
- e) Para las cuchillas desconcertadoras de 15 a 69 kV , el tipo de construcción debe de estar de acuerdo con lo siguiente:
 - ~ Operación en grupo apertura vertical.- apertura en un extremo y dos o tres columnas de aisladores.
 - ~ Operación en grupo apertura lateral central.- apertura en el centro y dos columnas de aisladores.
 - ~ Apertura vertical mono polar con pértiga.- apertura en un extremo y dos o tres columnas de aisladores.

CONTACTOS PRINCIPALES Y PARTES CONDUCTORAS

Todas las partes conductoras de corriente de las cuchillas desconcertadoras debe ser capaces de conducir la corriente en forma continua, a tensión y frecuencia nominales sin sufrir deterioro ni deformaciones y sin exceder las elevaciones de temperatura.

Todas las partes conductoras de corriente de las cuchillas desconcertadoras deben ser de cobre aluminio o una aleación de estos, de alta conductividad y de alta resistencia mecánica. No se acepta parte conductoras de corriente de acero galvanizado.

Los dedos de la parte hembra, así como la parte fija de los contactos principales deben ser de un material a base de cobre con baño de plata o contar con una pastilla de aleación de plata.

Ambas combinaciones de materiales deben ser para alta resistencia al arco eléctrico el sistema de resorte de la parte hembra del contacto principal, deben ser de alta elasticidad, aun al estar sometido a altas temperaturas.

En caso de llevar resortes estos deben ser de acero inoxidable. todas las partes móviles no deben requerir lubricación

TIPOS DE SERVICIOS

Todas las cuchillas desconcertadoras monopolares y tripolares deben ser para servicio intemperie.

CANTIDAD DE NUMEROS DE POLOS

Números de polo y número de tiros. Todas las cuchillas desconcertadoras tripolares de 123 a 420 kV deben ser de tres polos y un tiro y las cuchillas desconcertadoras de 15 a 69 kV pueden ser de 1 o 3 polos según se indique y de un tiro.

CONDICIONES NORMALES DE SERVICIO

Para ambos tipos de cuchillas desconcertadoras deben tener lo siguiente:

CONEXIÓN A TIERRA DEL SISTEMA

Las cuchillas desconcertadoras en aire y en aire tripolares deben diseñarse para sistema sólidamente conectados a tierra.

TEMPERATURA AMBIENTE

Las cuchillas desconcertadoras en aire tripolares deben diseñarse para operar a una temperatura ambiente que no exceda de 40°C y el valor promedio, medido en un periodo de 24 horas, no deben exceder de 35°C también deben diseñarse para operar a una temperatura ambiente mínima de -10°C para las cuchillas desconcertadoras en aire de 15 a 69 kV y de 25°C para las cuchillas desconcertadoras en aire tripolares de 123 a 420 kV

ELEVACION DE TEMPERATURA

La elevación máxima de la temperatura de las diferentes partes de las cuchillas no debe exceder los valores operando a la tensión y corriente nominal y una frecuencia de 60 Hz.

ALTURA DE OPERACIÓN

Ambos tipos de cuchillas deben de ser diseñadas para operar a un altitud de 1000m.s.n.m¹ En caso se indique una altura de operación mayor deben hacer las correcciones necesarias, de tal manera que las cuchillas desconcertadoras mantenga a la altitud indicada, los niveles de aislamiento.

VELOCIDAD DEL VIENTO

Las cuchillas desconcertadoras deben soportas una velocidad del viento según sea por los fabricantes del equipo.

DISEÑO POR SISMO

Las cuchillas desconcertadoras deben diseñarse para soportar la aceleración horizontal máxima que se indique según las especificaciones del fabricante.

¹) metros sobre el nivel del mar

CONDICIONES DE FALLA (CARACTERISTICAS ELÉCTRICAS)

Las condiciones de falla de las cuchillas desconcertadoras tripolares de 123 a 420kV son las siguientes:

TENSIONES AUXILIARES DEL EQUIPO ELÉCTRICO DEL MECANISMO DE OPERACIÓN

Esta debe corresponder a las tensiones nominales indicadas en las tablas siguientes y operar dentro de los rangos señalados.

TENSION NOMINAL	VARIACION DE LA TENSION NOMINAL EN %
460V 3 FASE,60HZ	85-110
230V,3 FASE,60HZ	85-110
12V, 1 FASE, 60HZ	58-110
125V,CD	80-108
250,CD	80-100

Tensiones auxiliares de fuerza y control
Tensión de los motores eléctricos
Contactos, etc.

TENSION NOMINAL	VARIACION DE LA TENSION.NOMINAL
480,60HZ	10
240V,60HZ	10
12V,60HZ	10

Tensión de las resistencias calefactores
--

TENSIONES NOMINALES Y VALORES DE PRUEBA DIELECTRICAS

Esta se muestra en la tabla siguiente

TABLA 6					
TENSIÓN NOMINAL		TENSIONES DE PRUEBA			
SISTEMA COMISIO N kV.	CUCHILLAS DE DESCONECTAD ORAS kV.	AL IMPULSO (ONDA 1.2/50vs.) POLARIDAD POS. Y NEG. kV CRESTA		POTENCIA APLICADO VALOR EFICAZ A 60 Hz 1 MIN.kV.	
		A TIERRA Y ENTRE 1 POLOS	ENTRE TERMINALES CON CUCHILLAS ABIERTA	A TIERRA Y ENTRE POLOS	ENTRE TERMINALES CON CUCHILLAS ABIERTA
115	123	550	630	230	265
138(*)	145	650	750	275	315
161(*)	170	750	860	325	375
230	245	1050	1200	460	530
400	420	1555	1780	680	920

(*) TENSIONES RESTRINGIDAS

NOTA; Los valores de prueba de transitorio por switcheo 8(onda 250/2500 microseg., kv de cresta) únicamente se tiene para el último renglón de esta Tabla y son:

A TIERRA Y ENTRE POLOS ENTRE TERMINALES CON
 1050 CUCHILLAS ABIERTAS
 1245

Para las cuchillas desconcertadoras de 15 a 69Kv:

TENSIONES NOMINALES Y VALORES DE PRUEBAS DIELECTRICAS.

Esta se muestra en la siguiente

TABLA 7					
TENSIONES NOMINAL		TENSIONES DE PRUEBA			
SISTEMA COMISIO N kV.	CUCHILLAS DESCONECTADORA S kV.	AL IMPULSO (ONDA 1.2/50vs.) POLARIDAD POS. Y NEG. kV CRESTA		POTENCIA APLICADO VALOR EFICAZ A 60 Hz 1 MIN.kV.	
		A TIERRA Y ENTRE POLOS	ENTRE TERMINALES CON CUCHILLAS ABIERTA	A TIERRA Y ENTRE POLOS	ENTRE TERMINALES CON CUCHILLAS ABIERTA
13.8	14.4	110	125	50	55
23.8	25	150	165	70	77
34.5	38	200	220	95	105
69	69	350	385	175	195

MECANISMO DE OPERACIÓN

Las cuchillas desconcertadoras tripolares de 123 a 420 kV deben tener lo siguiente:

Las cuchillas desconcertadora deben contar con un mecanismo para apertura y cierre de operación eléctrica y un mecanismo de operación manual por cada polo, excepto cuando se requiere un mecanismo de operación común para los tres polos, en cuchillas de 123 kV.

MECANISMO DE OPERACIÓN ELECTRICA

Cada mecanismo de operación eléctrica debe contar con elementos de transmisión, varillas de mando, coplees engranes, levas, flechas, resorte, baleros, auto lubricación, etc. accionado por medio de un motor eléctrico para la operación de apertura y cierre de las cuchillas.

En ambas posiciones fijas de abierto y cerrado el mecanismo debe quedar trabado de tal manera que agentes extremos tales como viento, vibraciones etc. no modifiquen la posición de la cuchilla.

Los motores deben de cumplir con lo siguiente.

- ~ motor totalmente cerrado, servicio intemperie y sin ventilación exterior.
- ~ Clase de aislamiento "B" para una sobreelevación de temperatura de 80°C sobre una temperatura ambiente de 40°C.

CONTROL Y PROTECCION DEL MOTOR ELÉCTRICO

Se debe suministrar por cada motor eléctrico, una combinación de un interruptor termo magnético y un arrancador directo a la línea.

Con una protección de sobrecarga por cada hilo a fase. se deben suministrar los switches límite de carrera necesaria, para servicio intemperie a prueba de agua, con contactos de capacidad adecuada, pero nunca menor de 2 a 600V-C.A.

MECANISMO DE OPERACIÓN MANUAL

Cada mecanismo de operación manual debe contar con manivela, engranes etc. para la operación de apertura y cierre en forma manual de la cuchilla desconcertadora.

Este mecanismo debe cumplir con las siguientes condiciones:

La manivela de operación manual debe ser desmontable.

El diseño debe considerar una caja reductora de engranes, para una operación rápida de apertura y cierre.

Al insertar la manivela de operación manual, se debe desligar el mecanismo de operación del motor y también debe quedar bloqueado eléctricamente del mecanismo de operación eléctrica.

NÚMERO DE MECANISMO DE OPERACIÓN

En cuchillas desconcertadoras con tensiones de 245 kV y mayores se debe suministrar un mecanismo de operación eléctrica y uno de operación manual por polo, de tal manera que cada polo debe ser independiente tanto en su cimentación como en su operación.

En las cuchillas desconcertadoras con tensión de 123 kV se debe suministrar un mecanismo de operación eléctrica y uno de operación manual por polo, excepto cuando se requiera un mecanismo común para los tres polos.

MECANISMO DE OPERACIÓN MANUAL EN GRUPO

Cuando se requiera mecanismo para operación en grupo, estos deben contar con anivela engranes etc. Para la apertura y cierre en forma manual de las cuchillas desconcertadoras y deben cumplir con las siguientes condiciones.

El mecanismo de operación debe contar con un aislador giratorio y la conexión de los polos debe hacer por media varilla y tubos.

El funcionamiento del mecanismo debe realizarse de tal manera que la operación se efectúe mediante el giro de la barra de mando.

La manivela debe proveerse con un cable de cobre trenzado de suficiente longitud para quedar conectado a tierra durante la operación de apertura o cierre.

CRITERIOS GENERALES PARA SELECCIÓN

Los criterios generales para la selección de las cuchillas son:

- a) Garantizar un aislamiento dieléctrico a tierra y sobre todo en la apertura, por lo general se requiere entre puntos de apertura de la cuchilla un 15 o 20% de exceso en el nivel de aislamiento con relación al nivel de aislamiento a tierra.
- b) Conducir en forma continua la corriente nominal sin que exista una elevación de temperatura en las diferentes partes de la cuchilla y en particular en los contactos.
- c) Debe soportar por un tiempo específico generalmente 1 segundo los efectos térmicos y dinámicos de las corrientes de corto circuito.

2.4 TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTO



2.4 TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTO

En esta sección se describen las características generales que deben cumplir los transformadores de instrumentos utilizados en las subestaciones tipo convencional con voltajes desde 13.8 kV hasta 400 kV.

Definir las características mas adecuadas que deben tener los Transformadores de Corriente (TC`S), Transformadores de Potencia (TP`S) y los Transformadores de Capacitivos, también llamados Dispositivos de Potencial (DP`S) en aplicaciones específicas.

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE (TC`S)

TIPOS DE CONSTRUCCIÓN

Los transformadores de corriente se clasifican de acuerdo a las características de sus devanados primarios, tal como se indican a continuación:

TIPO DEVANADO

Es aquel en el, cual el las espiras del devanado primario rodean a uno o mas núcleos los devanados primarios se encuentran aislados de los devanados secundarios, así como del o los núcleos y se ensamblan como una estructura integral. Este tipo de transformadores se fabrican con devanados secundarios de relación doble o triple.

TIPO BARRA

El primario esta formado por un solo conductor en forma de varilla, tubo o barra el cual pasa a través de la ventana del núcleo; los devanados secundarios se encuentran aislados entre si y están sujetos permanentemente al circuito magnético. Se encuentran disponibles con devanados secundarios de relación simple.

TIPO VENTANA

Su construcción permite hacer pasar uno o más conductores a través de la ventana aislada que forman el núcleo, es decir carece de devanado primario como parte integral del transformador. El devanado secundario esta aislado y permanentemente ensamblado al núcleo.

TIPO BOQUILLA

Carecen de devanado primarios y de aislamientos para este usualmente el devanado primario lo construye un conductor aislado que forma parte de algún equipo. El devanado secundario esta aislado y permanente ensamblado a núcleo toroidal.

NUMERO DE DEVANADOS

Los devanados primarios podrán ser relación simple o doble relación para la capacidad de corriente nominal que se requiera en cada caso específico.

Los devanados de baja tensión serán siempre tres (dos para protección y uno para medición), con capacidad nominal de corriente para 5 amperes.

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Las características principales de un transformador de corriente, las cuales influyen en la selección del tipo más adecuado para cada aplicación específica son:

TIPO DE SERVICIO

Se fabrica para ser utilizados en interiores o a la intemperie.

TIPO DE AISLAMIENTO

El tipo de aislamiento depende directamente de la tensión nominal de operación del sistema en que se instale. Se construyen con aislamiento en aire, en resina epóxica o en aceite.

Para subestaciones con tensiones nominal de 115kV, 230kV y 400kV deberán ser siempre sumergidos en aceite.

CORRIENTE NOMINAL Y RELACIONES DE TRANSFORMACIÓN

Las corrientes nominales tanto para el primario como para el secundario de TC'S, así como las relaciones de transformación nominalizadas son las siguientes.

Relación simple		Relación doble		
5 : 5	500 : 5	5	x	10 : 5
10 : 5	500 : 5	10	x	20 : 5
15 : 5	800 : 5	15	x	30 : 5
20 : 5	1000 : 5	25	x	50 : 5
25 : 5	1200 : 5	50	x	100 : 5
30 : 5	1500 : 5	75	x	150 : 5
40 : 5	1600 : 5	100	x	200 : 5
50 : 5	2000 : 5	150	x	300 : 5
75 : 5	2500 : 5	200	x	400 : 5
100 : 5	3000 : 5	300	x	600 : 5
150 : 5	3500 : 5 (1)	400	x	800 : 5
200 : 5	4000 : 5 (1)	500	x	1000 : 5
250 : 5	6000 : 5 (1)	600	x	1200 : 5
300 : 5	8000 : 5 (1)	1000	x	2000 : 5
400 : 5	12000 : 5 (1)	2000	x	4000 : 5

Nota;

(1) Consultar disponibilidad con el fabricante

CONDICIONES NORMALES DE OPERACIÓN

TEMPERATURA AMBIENTE

Deberá estar diseñado para operar a temperaturas ambiente, tal como se indican a continuación.

- Máxima de 40°C
- Mínima de -25°C
- Promedio medida durante 24 horas de 30°C

ALTURA DE OPERACIÓN

Deberá estar diseñado para operar a una altitud de 1000m.s.n.m¹.en caso de que la altura de operación del lugar donde sean instalados, deberá reducirse la corriente nominal en un 0.3% por cada 100 metros de exceso con respecto a la altura de 100.m.s.n.m², además deberá corregirse la distancia de fuga de las boquillas.

CLASES DE PRECISIÓN Y CARGA SECUNDARIA (BURDEN)

La clase de precisión de un transformador de corriente se define como el máximo error que puede ser introducido en los circuitos que alimenta bajo condiciones nominales de operación.

La precisión requerida por TC que alimente dispositivos de medición es diferente que la de un TC que alimente relevadores de protección, así como de la carga secundaria (burden) de los mismos. Por ello es que se deben especificar si los devanados utilizarán para alimentar equipos de medición o relevadores de protección.

- Clase de precisión y burden normalizados para medición.
- Clase de precisión y burden normalizados para protección.

CONEXIONES TÍPICAS

CONEXIÓN ESTRELLA

Los transformadores de corriente dependiendo de su aplicación, se pueden conectar en delta o en estrella. Esta última se utiliza con mayor frecuencia en sistemas eléctricos.

Conviene hacer notar que la conexión estrella se reproduce tanto la componente de secuencia positiva, como la secuencia negativa.

CONEXIÓN DELTA

Mediante el uso de las componentes simétricas se puede demostrar que aun cuando los transformadores de corriente reproducen las componentes de secuencias positivas, negativa, y cero, la señal que sale de la conexión delta carece de la componente circular únicamente dentro de la conexión delta, por lo que este tipo de conexión se aplica cuando se requiere de un filtro para la componente de secuencia cero, como en el caso de la protección diferencial de un transformador de potencia de conexión

Delta – Estrella.^{1 2}) metros sobre el nivel de mar

CRITERIOS GENERALES PARA SELECCIÓN Y APLICACIÓN

Para selección transformadores de corriente se deben determinar por lo menos las siguientes características:

- a) Tipo de servicio.- desde el punto de vista de un instalación, los transformadores de instrumentación se pueden clasificar en dos tipos: para servicio interior y para intemperie.
En particular, para subestaciones de 115kV en adelante se deben especificar transformadores de corriente tipo intemperie
- b) Tipo de aislamiento.- dependiendo de la tensión nominal de operación, los transformadores de corriente pueden tener tres tipos de aislamiento; en aire, en resina epóxica o en aceite. los transformadores para alta tensión deben especificar sumergidos en aceite, a menos que por necesidades particulares de cada proyecto requiera otro tipo de aislamiento.
- c) Condiciones de operación los transformadores de corriente deberán especificarse en forma tal que las condiciones ambientales propias de cada caso no afecten la operación correcta del equipo.

TRANSFORMADORES Y DISPOSITIVOS DE POTENCIAL

Se define como transformador de voltaje al transformador diseñado para suministrar una tensión adecuada a instrumentos de medición y protección. Bajo condiciones normales de operación, la tensión suministrada (tensión secundaria) es proporcional a una tensión primaria, de la cual esta desfasada un ángulo cercano a cero.

Existe dos tipos de transformadores de voltaje; uno inductivo, al cual se hará referencia como transformador de potencia y otro capacitivo, que denominara dispositivo de potencial.

TIPO DE CONSTRUCCIÓN

Los transformadores de potencial se construyen en base a devanados primarios y secundarios en circuitos magnéticos cuyos devanados primarios se pueden conectar a un sistema eléctrico tanto entre fases como entre fase y tierra.

Los dispositivos de potencia están formados por un divisor de tensión a base de capacitores y una unidad electromagnética, únicamente se puede conectar entre fase y tierra.

CLASE DE PRECISIÓN

Se define como clase de precisión al máximo error admisible que puede introducir un transformador de instrumentos en la señal de salida del secundario con respecto a los valores originales de entrada al operar bajo condiciones nominales.

La precisión de los transformadores de potencia se ve afectada principalmente por la carga de los equipos conectados al secundario, es por esto que se han establecido cargas secundarias normalizadas (burden) lo que permite clasificar a los transformadores por su precisión.

Para transformadores de potencial con dos devanados secundarios y derivación es conveniente especificar una carga y clase de precisión para cada devanado secundario y para cada derivación.

Para lograr la máxima precisión se recomienda efectuar la calibración en el lugar de operación o por lo menos bajo las mismas condiciones en que deberán instalarse los transformadores de potencia las siguientes cargas secundarias (burden) normalizadas, W, X, Y, M, Z y ZZ.

En donde la carga secundaria M no es preferencial y su disposición debe ser consultada con el fabricante

Las clases de precisión establecida para los transformadores de potencia en servicio tanto de protección como de medición son: 0.3, 0.6, 1.2

Las cuales están asignadas para cada una de las cargas nominales secundarias (burden)

A continuación se muestra la clase de operación normalizada para servicio de protección y valores límites del factor de corrección y de ángulo de fase.

CLASE DE PRECISION	FACTOR DE CORRECCION DE RELACION		ANGULO DE FASE
	MINIMO	MAXIMO	
1.2 R	0.988	1.012	+63 MINUTOS

CRITERIOS BASICOS DE SELECCIÓN

Uno de los factores que influyen en el buen funcionamiento de unos transformadores de instrumentos ya que todos los equipos de protección, medición y señalización se alimenta a través de ellos. Paralograr estos objetivos tanto en los transformadores como en los dispositivos de potencial, es necesario determinar las siguientes características:

TRANSFORMADORES DE POTENCIA (TP`S)

TIPO DE SERVICIO

Estos pueden ser de servicio tipo intemperie o tipo interior, los transformadores de potencia para utilizarse en sistemas con tensión entre fase de 115kV y mayores, deberán especificarse para servicio intemperie

TIPO DE AISLAMIENTO

De acuerdo a la tensión nominal de operación, los transformadores de potencia se fabrican con tres tipos de aislamiento en aire, en resinaepóxica y en aceite.

CONDICIONES DE OPERACIÓN

La especificación de transformadores de potencia deberá hacerse de tal forma que las condiciones ambientales no afecten su operación correcta

TENSION NOMINAL PRIMARIO

Tensión nominal primario: Para sistemas cuya tensión sea 115 kV entre fase o mayores, deberán instalarse siempre transformadores monofásicos conectados entre fase y tierra por lo que generalmente la tensión nominal primaria deberá especificarse como el equivalente de fase a tierra de la tensión entre líneas del sistema.

Los transformadores de potencia para sistema de 115 kV o mas, deberán contar con dos devanados secundarios independientes para suministrar una tensión de 115 kV cada uno con una derivación para obtener 115/03 volts, excepto cuando por necesidades específicas de los equipos de protección o medición se requiera una tensión diferente.

FACTOR DE TENSIÓN

Se define como el valor por el cual deberá multiplicarse la tensión nominal primaria para obtener el voltaje máximo que puede ser aplicado en las terminales primarias de un transformador de potencia sin que sus características térmicas y de precisión se vean afectadas.

Los transformadores deben ser capaces de soportar como mínimo: 1 a 2 veces el valor de la tensión nominal con carga continua y el 1 a 5 veces durante 30 segundos.

CAPACIDAD TERMICA NOMINAL

Es la capacidad máxima en volt amperes que puede soportar un transformador en forma continua sin exceder los límites de elevación de temperatura.

CAPACIDAD DE CORTO CIRCUITO

Los transformadores de potencia deben ser capaces de soportar durante 1 segundo los esfuerzos mecánicos y térmicos originados por un corto en las terminales secundarias al aplicar el voltaje nominal en el devanado primario

FRECUENCIANOMINAL

Los transformadores de potencia deberán especificarse para operar a una frecuencia nominal de 60Hz

DISPOSITIVOS DE POTENCIAL

- a) Tipos de servicios: Los dispositivos de potencia deberán especificarse para servicio intemperie. También deben estar preparados desde su fabricación para la instalación de trampa de onda, sin necesidad de efectuar modificaciones o adaptaciones de campo.
- b) Los dispositivos de potencia están formados básicamente de dos partes , una capacitiva y otra inductiva (unidad electromagnética)

La parte capacitiva se aísla y protege del medio ambiente por medio de una porcelana con bridas fundidas para formar módulos capacitivos de un valor determinado. La unidad electromagnética puede especificarse en dos tipos de aislamiento: (tipo seco, sumergido en aceite)

Para el tipo seco, tanto el transformador y el reactor de compensación este encapsulado en resina epóxica mientras que los demás componentes se encuentran en aire. Los dispositivos de potencial sumergidos en aceite constan de un tanque hermético, dentro del cual todas las componentes de la unidad electromagnéticas aíslan y enfrían por medio de aceite.

- c) Condiciones de operación: de igual manera que los transformadores de potencia los dispositivos de potencia deberán especificarse de tal forma que su operación no se vea afectada por las condiciones ambientales del medio.
- d) Tensión nominal secundaria: El secundario de los dispositivos de potencia deberá contar siempre con dos devanados secundarios independientes para suministrar una tensión de 115 volts cada uno derivación de 115v/03 excepto cuando por necesidad específica del proyecto se requiera tensión diferente o un devanado adicional.
- e) Factor de tensión: Los dispositivos de potencia deben tener la capacidad para soportar como mínimo: 1.2 veces el valor de la tensión nominal con carga continua y el 1.5 veces durante 30 segundos si sobrecalentarse
- f) Capacidad térmica nominal: Los dispositivos de potencial fabricados en el país tiene asignados valores de capacidad térmica nominal de acuerdo a la carga secundaria nominal (burden) con que son diseñados
- g) Capacidad de corto circuito; La máxima temperatura permisible en conductores de la unidad electromagnética (transformador) es de 250°C
- h) Frecuencia nominal: Los dispositivos de potencial deben especificarse para operar a una frecuencia de 60 ciclos por segundos.

Limites de frecuencia (%)

	<u>Mínimo</u>	<u>Máximo</u>	<u>Aplicación</u>
99	101		para medición
97	103		para protección

- i) Nivel básico de impulso : Los capacitores de acoplamiento deben ser capaces de resistir , como los valores cresta de sobretensión que se muestra a continuación;

Tensión máxima del sistema (kV)	Tensión nominal primario del dispositivo (kV)	Nivel básico de aislamiento kV (cresta)
121	69	550
242	138	1050
420	241.5	1550

DIFERENCIAS BASICAS ENTRE TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y DISPOSITIVOS DE POTENCIAL

- ✓ El dispositivo de potencial utiliza un divisor de tensión capacitivo y el transformador de potencia no la tiene, además de que el dispositivo de potencial tiene una preparación opcional para la onda portadora.
- ✓ En cuestión de tamaño el dispositivo de potencia es más pequeño.

CONEXIONES TIPICAS.

Como se ha mencionado con anterioridad, la conexiones de los transformadores y los dispositivos de potencial para tensiones de 115KV o mayores deberán hacerse siempre entre fase y tierra del sistema; por lo tanto la conexiones del primario del grupo de transformadores o dispositivos de potencial será una estrella con neutro sólidamente aterrizado, por lo cual se hace necesario que uno de los extremos del devanado de alta tensión se lleve al exterior por medio de una boquilla.

Las terminales de alta tensión de los transformadores de potencial de fabricación nacional deberán estar identificadas como sigue:

- P- Terminal en boquillas.
- p- Conexión a tierra

Las terminales de los devanados secundarios deberán esta identificados. Para el caso de los dispositivos de potencial, las terminales del primario se identifican de la misma forma que los transformadores de potencial.

Las terminales de los secundarios deberán estar bien identificadas Por otra parte, los devanados secundarios de un transformador o dispositivos de potencia cuyo primario se encuentra conectado entre fase y tierra en sistemas no aterrizados.

2.5 APARTARRAYOS



2.5 APARTARRAYOS

Se denominan en general Apartarrayos a los dispositivos destinados a absorber las sobretensiones producidas por descargas atmosféricas, por maniobras o por otras que en otro caso, ser descargarían sobre aisladores o perforarían el aislamiento. Ocasionando interrupciones en el sistema eléctrico y en muchos casos, desperfectos en los generadores, transformadores etc.

Para su correcto funcionamiento, los Apartarrayos se hallan permanentemente conectados entre la línea y tierra, y se han de elegir con una características tales que sean capaces de actuar antes de que el valor de la sobretensiones alcance los valores de tensión de aislamiento de los elementos a proteger (lo que se conoce como coordinación de aislamiento), pero nunca para los valores de tensión normales.

A estos dispositivos se les dominan Apartarrayos por que en un principio su única misión era la de limitar las sobretensiones de origen atmosférico. Posteriormente se ampliaron sus funciones, utilizándose frente a otros de tipo sobretensiones, como las de origen interno, por lo que parece mas adecuada la nomenclatura a descargadores de sobretensión, aunque se mantienen, por costumbre y convención, la denominación de apartarrayos.

Los apartarrayos han sufrido una evolución importante, pasando de los apartarrayos de cuerno, en los que la descarga de sobre tensión se realizaba sobre dos cuernos metálicos separados por una capa de aire, a los actuales apartarrayos auto valvulares, cuyo principio de funcionamiento se basa en la descarga de la sobre tensiones sobre unas válvulas o resistencias variable con el valor de la tensión.

ORIGEN DE LAS SOBRE TENSIONES

SOBRETENSIONES ORIGINADAS EN EL SISTEMA

- ~ Estas pueden se originadas por desconexiones repentina de carga, influencia mutua entre líneas paralelas de transmisión, siendo esto significativo únicamente en caso de falla por corto circuito en una líneas.
- ~ Otra causa puede ser la interrupción de circuitos capacitivos o pequeñas corrientes inductivas.

SOBRETENSIONES DE ORIGEN ATMOSFERICO

- ~ Descargas en formas de rayos, que se presentan con mayor frecuencia en líneas de transmisión y subestaciones a la intemperie. En la atmosfera se forman ambientes con cargas eléctricas diferentes (+/-) a lo que se llaman polarización.
- ~ Un rayo Nube-Tierra: un rayo en el interior de una nube polarizada tiende a equilibrar las cargas en la misma, el que se presenta mas frecuentemente (88%) y el que alcanza mayores intensidades de energía. En este caso se tiene nubes en la atmosfera cargada negativamente y estas cargas negativas se aproximan a la tierra en donde influencia cargas positivas para provocarse la descarga. Estadísticamente se sabe que el 50% por ciento de los rayos de este tipo alcanza una intensidad de 30kA, pudiendo alcanzar hasta los 200kA con un 1% de probabilidad.

- ~ El rayo Tierra-Nube: es muy esporádico y se genera al cargarse negativamente partes metálicas muy altas sobre la tierra. Lo que provoca una descarga sobre nubes cargadas positivamente. Pero los niveles de energía en este caso son mucho menores.
- ~ Las descargas atmosféricas pueden provocar altos voltajes al descargarse directamente en una línea de transmisión o cualquier otro elemento. Pueden provocar sobre voltajes indirectamente al descargarse en un medio cercano a la línea de transmisión o a cualquier otro elemento.
- ~ Son para remarcárselos sobre voltajes provocan por una alta resistencia de tierra en el elemento que sufre la descarga. Frecuentemente sufre las descargas las torres de las líneas y estas están siempre aterrizadas, pero al tener una resistencia de tierra muy grande por ejemplo 10 Ohm y presentarse una descarga de 50kA lo anterior equivaldría a tener energizada esta torre a 500kV al instante de la descarga. Lo que rebasaría la capacidad de los aisladores y en consecuencia se tendría un voltaje en el sistema por esta razón

VALORES CARACTERISTICOS

Las características que definen a un apartarrayos son las siguientes:

- a) Tensión nominal del apartarrayos; es el valor máximo de la tensión, en condiciones normales expresados en kilo volts.
- b) Frecuencia nominal de apartarrayos; es la frecuencia o banda de frecuencia, nominal de la red para la cual el pararrayos está previsto
- c) Corriente de descarga; onda de corriente evaluada por el apartarrayos después de un cebado.
- d) Corriente de descarga nominal; es la corriente de descarga que tiene la amplitud y forma de onda especificadas, utilizada para definir un apartarrayos.
- e) Corriente subsiguiente; es la corriente suministrada por la red y evacuada por el apartarrayos después del paso de la corriente de descarga.
- f) Tensión residual de un apartarrayos; tensión que se aparece entre los bornes de un apartarrayos durante el paso de la corriente de descarga
- g) Tensión de cebado frecuencia nominal de un apartarrayos; valor eficaz de la mínima tensión a frecuencia nominal que, aplica entre bornes del apartarrayos, una vez provocado el cebado de todos los explosores en serie.
- h) Tensión de cebado al choque de un apartarrayos; valor de la cresta de la máxima tensión que es alcanzada antes del paso de la corriente de descarga cuando una onda de forma y polaridad determinada es aplicada entre los bornes de un apartarrayos.

- i) Coeficiente de puesta a tierra de una red trifásica; relación entre la tensión eficaz más elevada entre la fase sana y la tierra, en el lugar de emplazamiento del apartarrayos, en caso de defecto a tierra (cualquiera que sea el lugar de defecto), y la tensión eficaz entre las fases más elevadas de red, expresando en tanto por ciento de esta última.
- j) Nivel de protección a las ondas de choque de un apartarrayos; es el valor de cresta más elevado de la tensión de choque que puede aparecer entre los bornes de un pararrayos en las condiciones prescritas.
- k) Relación de protección; es la relación entre el nivel de aislamiento del material protegido y el nivel de protección del apartarrayos expresado según un múltiplo de esta última.

DESCRIPCION Y PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS APARTARRAYOS

Dos tipos de apartarrayos más utilizados hoy en día son, el de explosores y carburo de silicio y el de óxidos metálicos, los cuales mantienen una cierta similitud desde un punto de vista constructivo y funcional, aunque se hace necesaria una descripción de sus componentes por separado.

APARTARRAYOS DE EXPLOSORES Y CARBURO DE SILICIO

Es el apartarrayos más antiguo, también llamado autovalvulares. Costa de una envoltura cerámica en cuyo interior esta conectadas en serie las resistencias no lineales de carburo de silicio con los explosores metálicos, aislados entre si por separadores cerámicos.

- Envoltura cerámica: son generalmente de porcelana blanca de alta resistencia, fabricada por un proceso húmedo y con una línea de fuga larga para que ningún arco contenga bajos efectos de contaminación.
- Válvulas o resistencias no lineales de carburo de silicio: tiene como misión limitar el paso de corriente a tierra cuando el apartarrayos se ha cebado por una sobre tensión.
- Explosores :se hallan conectados en serie con el conjunto de resistencias no lineales, y son los que están conectados directamente a la línea cuando se produce sobretensiones que sobrepasan un cierto nivel de tensión, se ceban, permitiendo así el paso de corriente a través de las resistencias y dirigidas a tierra.
- Sistema de sellado: se realizan con anillos de goma sintética blanca de cloropreno. Este sistema garantiza su duración, ya que se hayan rodeados de gas inerte, como el nitrógeno, en estado puro y seco.
- Conexiones de tierra eyectable: tiene una doble misión, siendo por un lado la de conectar el apartarrayos con tierra y garantizar el paso de la corriente de descarga, y por otro lado su misión es la de evitar la inutilización de una línea por fallo de un apartarrayos como consecuencias de una serie continuada de descargas o una sobre tensión mantenida y prolongada. Cuando se avería el apartarrayos por una sobrecarga térmica, funciona un dispositivo de eyección, desconectando el cable de conexión a tierra y poniendo, de esta forma, el apartarrayos fuera de servicio.

APARTARRAYOS DE OXIDO METALICOS

Son más modernos, de construcción similares a los anteriores, pero carece de explosores. A continuación se describen sus partes principales.

- **Envolvente exterior:** puede ser un envolvente cerámico de porcelana blanca o roja de alta resistencia de las mismas características que el apartarrayos de carburo de silicio, o un envolvente polimérico mucho más ligero y resistente a golpes en el proceso de empaquetado y transporte.
- **Resistencia no lineales de oxido metálico:** tiene idéntica misión que las resistencias de carburo de silicio pero con un coeficiente de no linealidad mucho mas elevado con los que consigue que tensiones nominales de servicio.

FUNCIONAMIENTO DE LOS APARTARRAYOS

Un apartarrayos, sin tener en cuenta sus características constructivas, debe limitar sensiblemente las sobretensiones peligrosas para el equipo a unos valores perfectamente conocidos y que no exponga riesgos para el mismo. Esta misión la cumplen los apartarrayos de carburo de silicio y los de óxidos metálicos, aunque de forma diferente.

Los apartarrayos de carburo de silicio, llamados convencionales, utilizan válvulas de resistencias no lineales de carburo de silicio en serie con un estructura de explosores, a través de los cuales se descargan las sobretensiones y en los que se limitan y se cortan la corriente subsiguientes.

Cuando el apartarrayos es alcanzado por una onda de sobretensión. El apartarrayos no conduce corriente a tierra hasta que la tensión en los explosores es lo suficientemente elevada para ionizar el espacio de aire o dieléctrico existente entre los electrodos de los explosores.

Una vez que se han cebado los explosores (a la tensión de cebado de choque), las válvulas o resistencias no lineal comienza a conducir la corriente de la falla a tierra. Transcurrida la sobre tensión, la corriente de descarga disminuye hasta alcanzar de corriente subsiguientes, la cual es fácilmente extingible por los propios explosores, cortando así la falla a tierra.

La utilización de los explosores se hace necesaria debido a que el carburo de silicio tiene un pequeño coeficiente de no linealidad por lo que el elemento valvular conducirá por si solo corriente de elevado valor para la propia tensión de la red, con lo que pronto se destruiría.

La misión de los explosores es, pues la de disminución de la tensión aplicada a las resistencias de carburo de silicio, impedir el paso de corriente de fuga a valores de tensión de servicio y corta el paso de la corriente que se produce después de una descarga.

Los apartarrayos de oxido metálicos disponen de unos elementos valvulares extremadamente no lineales. En condiciones normales de las tensiones de línea con respecto a tierra conducen unos pocos de miliamperes de corriente de fuga, que pueden ser perfectamente tolerados de forma continua, por lo que existe una mínima pérdida de potencia asociada a su funcionamiento.

Cuando se presenta una sobre tensión y la corriente que circulan por el apartarrayos aumenta, la resistencia de las válvulas disminuye drásticamente, por lo que absorben perfectamente la corriente de descarga sin que aumente la tensión entre bornes de apartarrayos.

2.6 REACTORES



2.6 REACTORES

Dispositivo empleado para introducir impedancia en un circuito eléctrico, cuya principal componente es la reactancia inductiva

CARACTERISTICAS GENERALES

CAPACIDADES NOMINALES

Las tensiones nominales para los reactores son: 13.8kV, 23.0kV, 34.5kV, 115.kV, 400.0kV. La frecuencia nominal para el cual deberán estar diseñados los reactores será de 60Hz.

TIPO DE SERVICIO

El tipo de servicio de las trampas de onda debe ser de servicio intemperie.

IMPEDANCIA NOMINAL

La impedancia nominal del reactor es la suma vectorial de la reactancia y la resistencia, expresada en ohms, y se puede obtener de la potencia nominal (KVA) y el voltaje nominal (KV)

CONDICIONES NORMALES DE SERVICIO

TEMPERATURA AMBIENTE Y ELEVACION

- a) Si el enfriamiento es por aire, la temperatura del aire (medio ambiente) no deberá exceder los 40°C y el promedio de la temperatura del aire durante 24 hrs. No deberá exceder los 30°C.
- b) Si el enfriamiento es por agua, la temperatura del agua (medio ambiente) no deberá exceder los 30°C y el promedio de la temperatura del agua durante 24 hrs. No deberá exceder de 25°C.

La elevación máxima de la temperatura de las diferentes partes de los reactores, no debe exceder los valores indicados en la normas correspondientes y operando a la tensión y corriente nominal y una frecuencia de 60Hz.

ALTURA DE OPERACIÓN

La altura de operación de los reactores no debe exceder de los 1000m.s.n.m¹, en caso de que la altura de operación sea mayor, se le indicara al fabricante y deberán cumplir con las normas correspondientes.

¹) metros sobre el nivel del mar

CONEXIONES TÍPICAS

Las conexiones típicas de los reactores son:

- ✓ Estrella sólidamente aterrizada
- ✓ Estrella aterrizada atreves de un reactor.

CARACTERISTICAS BAJO CONDICIONES DE FALLA

NIVEL DE AISLAMIENTO

Los reactores deben estar diseñados de tal forma que cumplan con lo indicado en las respectivas normas.

CRITERIOS GENERALES PARA SELECCIÓN Y APLICACIÓN

Los criterios generales para la selección de un reactor son:

- ✓ Voltaje nominal (KV)
- ✓ Potencia nominal(KVA)
- ✓ Corriente nominal
- ✓ Frecuencia nominal
- ✓ Numero de fases
- ✓ Elevación de temperatura
- ✓ Tipos de enfriamiento

CAPÍTULO III DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DE LAS PRUEBAS PREOPERATIVAS

3.1 RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.

Esta prueba determina el estado que guardan los aislamientos eléctricos de un aparato, de tal manera que pueda soportar conforme a las normas, las tensiones nominales y de prueba.

Dicha resistencia viene dada el valor en Megohms ($M\Omega$) Gigaohms ($G\Omega$) teraohms ($T\Omega$) que presenta un aislamiento al aplicarle una fuente de tensión de corriente directa, durante un tiempo determinado, que produce una corriente de fuga en el aislamiento. Dicha corriente se forma de cuatro componentes:

CORRIENTE CAPACITIVA

Como un aislamiento no es otra cosa que el dieléctrico de un capacitor, al aplicar una tensión de corriente aparece la corriente de carga del capacitor, que a partir de un valor elevado disminuye exponencialmente, hasta llegar a un valor despreciable al cabo de unos 15 segundos lo cual se traduce en la aparición de una baja resistencia de aislamiento durante el inicio de la prueba.

CORRIENTE DE ABSORCIÓN DIÉLECTRICA

Es la corriente complementaria de la anterior, que fluye debido a la baja resistencia inicial del aislamiento. Esta corriente, cuya velocidad de decrecimiento es mucho menor tarda un tiempo que puede variar de algunos minutos a horas para llegar a un valor cercano a cero.

CORRIENTE DE CONDUCCIÓN

Es la corriente que atraviesa un aislamiento, alcanzado un valor que es prácticamente constante. La suma de las tres corrientes anteriores produce una corriente de forma exponencial en su inicio, tendiendo a un valor constante, tan pronto la corriente de absorción decrece a un valor insignificante.

CORRIENTE DE FUGA

Se denomina con este nombre, a la corriente muy pequeña que fluye sobre la superficie del aislamiento. Esta corriente también tiene un valor constante y unida a la del caso anterior muestra las condiciones de calidad de un aislamiento.

CURVA DE ABSORCIÓN DIÉLECTRICA

Es la curva que se obtiene al graficar los valores de la resistencia de aislamiento contra el tiempo. Presenta al principio un valor pequeño de resistencia, que aumenta progresivamente, hasta estabilizarse en un tiempo determinado.

La pendiente de la curva proporciona el grado relativo de humedad o contaminación del aislamiento de que se trate. Si la curva es baja pendiente y tarda unos dos minutos en estabilizarse, indica que el aislamiento está en malas condiciones.

3.2 FACTOR DE POTENCIA DE LOS AISLAMIENTOS

Esta prueba proporciona una indicación de la calidad de un aislamiento sobre todo en lo referente a la detección de humedad y otros contaminantes como lo que se mide es una relación de pérdidas, el factor de potencia es independiente de la cantidad de aislamiento bajo prueba. Experimentalmente esta prueba es más confiable que la resistencia de aislamiento.

A diferencia de la prueba de Resistencia, el aislamiento se somete a una tensión de corriente alterna. Como el aislamiento de un aparato dieléctrico de un capacitor, cuyo circuito equivalente se puede representar por una resistencia R en paralelo con un capacitor C , por tanto el factor de potencia de un aislamiento es la relación de la resistencia a la impedancia.

El factor de potencia se mide aplicando una tensión al aislamiento y midiendo la corriente A y la potencia W de pérdida, que a su vez provoca el calentamiento del aislamiento que lo va degradando.

FACTOR DE DISIPACION

Es otro factor que se utiliza para detectar el estado de un aislador. Viene dado por la tangente del ángulo complementario del ángulo ϕ .

3.3 RELACION DE TRANSFORMADOR.

Esta prueba sirve para comprobar que el número de espiras devanados en las bobinas de un transformador coinciden con las calculadas en el diseño, tal manera que las tensiones medidas coincidan con los datos de la placa del aparato.

Para esta prueba se utiliza un aparato que se suele conocerse con las iniciales de las palabras inglesas Transformer Turn Ratio o sea TTR, o bien probador de relación de espiras (PRE) que se utiliza para obtener la relación de transformación sin carga.

El PRE esta formado por un generador de corriente alterna, movido a manivela, que produce una tensión de 8 volts a unos 60HZ. Además esta provisto de un pequeño transformador de referencia o patrón, que es ajustable, de tal manera que en el punto en que relación del transformador a prueba coincide con la del transformador de referencia, la aguja del detector marca cero.

Para efectuar esta prueba, el transformador a prueba debe hallarse desenergizado y sus terminales de alta y baja tensión deben estar desconectadas. Las conexiones del tanque a la red de tierra pueden quedarse ya que no afectan la lectura del aparato. Si el equipo vecino se encuentra energizado, es necesario conectar a tierra un lado de cada devanado y tierra del propio PRE

Para determinar la polaridad de un transformador, se procede a justar las perillas del aparato para que marque cero, se da un cuarto de vuelta al generador, si la aguja del detector se desplaza hacia la izquierda, el transformador es de polaridad sustantiva, mientras que si se desplaza hacia la derecha esta es adictiva.

Una vez conectado el aparato al transformador, se ajustan las perillas de relación para que marque 1.0 se empieza a girar lentamente el generador, haciendo que la aguja se desplace hacia la izquierda. Si el amperímetro se desplaza a máxima escala es una indicación de que puede existir alguna conexión en cortocircuito. Lo que hace necesario revisar el circuito bajo prueba.

Los valores de relación medidos con el PRE deben quedar situados dentro de un límite de $\pm 0.5\%$ respecto al valor de placa del transformador, si este valor es mayor quiere decir que existe espiras en cortocircuito que pueden estar en el lado de alta o baja tensión.

Si la relación medida es menor a la placa, el cortocircuito se localiza en la bobina de alta tensión, y si por el contrario la relación es mayor, el cortocircuito se localiza en la bobina de baja tensión.

3.4 RESISTENCIA DE CONTACTO

Esta prueba sirve para determina entre contacto de cualquier tipo de interruptor o cuchillas. Su medición muestra el calentamiento esperado en el contacto considerando, así como la verificación del ajuste de los contactos de los interruptores y cuchillas.

Para la determinación de la resistencia, se pueden utilizar dos métodos de medición, uno por caída de tensión, en milivolts a través de los contactos, otro que proporciona directamente el calentamiento de los contactos, obteniendo los mili watts RI^2 que disipan estos al paso de la corriente nominal.

Cualquier de los dos métodos llevan a encontrar la resistencia de los contactos, para lo cual existen diferentes aparatos, que a partir de una fuente de corriente directa miden los miliamperes, que son leídos directamente en una escala, cuya unidades están dadas directamente en miliohms.

Las lecturas medidas con el aparato comparasen con los datos de prueba del fabricante de que se trate, para determinar que los resultados obtenidos en la medición efectuada en el campo sean correctos, aunque en casos generales, se aceptan lecturas con valores máximos de alrededor de 30 microohms.

3.5 TIEMPO DE OPERACIÓN DE UN INTERRUPTOR

Antes de la puesta en operación de cualquier interruptor se debe comprobar la duración de los tiempos de cierre y apertura del mismo y ver si cumple con las especificaciones.

El tiempo de cierre es el periodo comprendido entre el instante en que se energiza la bobina de cierre del interruptor y el instante en que se toca los dos contactos.

El tiempo de apertura es el periodo comprendido entre el instante en que se energiza la bobina de disparo y el instante en que los contactos quedan completamente abiertos. Para efectuar estas pruebas se utiliza un aparato que genera una gráfica con base en la frecuencia de operación del sistema, en donde se analiza la velocidad de apertura del interruptor.

En los interruptores de gran volumen de aceite se utilizan un aparato analizador de operaciones, que indican los desplazamientos reales de los bastos de operación de desplazamiento vertical.

Dicha prueba indica las condiciones de operación del mecanismo de los contactos de los interruptores detectados si hay excesiva fricción en las operaciones de cierre o apertura, si los resortes de aceleración están mal ajustados, si los amortiguadores de fin de la carrera producen rebote en las crucetas.

Las pruebas anteriores sirven para que en el curso de la vida de los interruptores, se pueda ir detectando el desgaste de sus partes con base a las pruebas nuevas, que se comparan con las iniciales de puesta en operación.

TRANSFORMADORES AUTOTRANSFORMADORES DE POTENCIA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

Esta prueba es de gran utilidad para dar una idea rápida y confiable de las condiciones del aislamiento total del transformador bajo prueba.

Las medición de esta prueba esta resistencia independientemente de ser cuantitativa también es relativa, ya que el hecho de estar influenciada por aislamientos, tales como porcelana, papel, aceite, barnice, la convierte en indicadora de la presencia de humedad y suciedad en estos materiales.

La prueba se efectúa con el medidor de resistencia de aislamiento a una tensión mínima de 1,000 volts, recomendándose realizarla a 2500 o 5000 volts y durante 10 minutos.

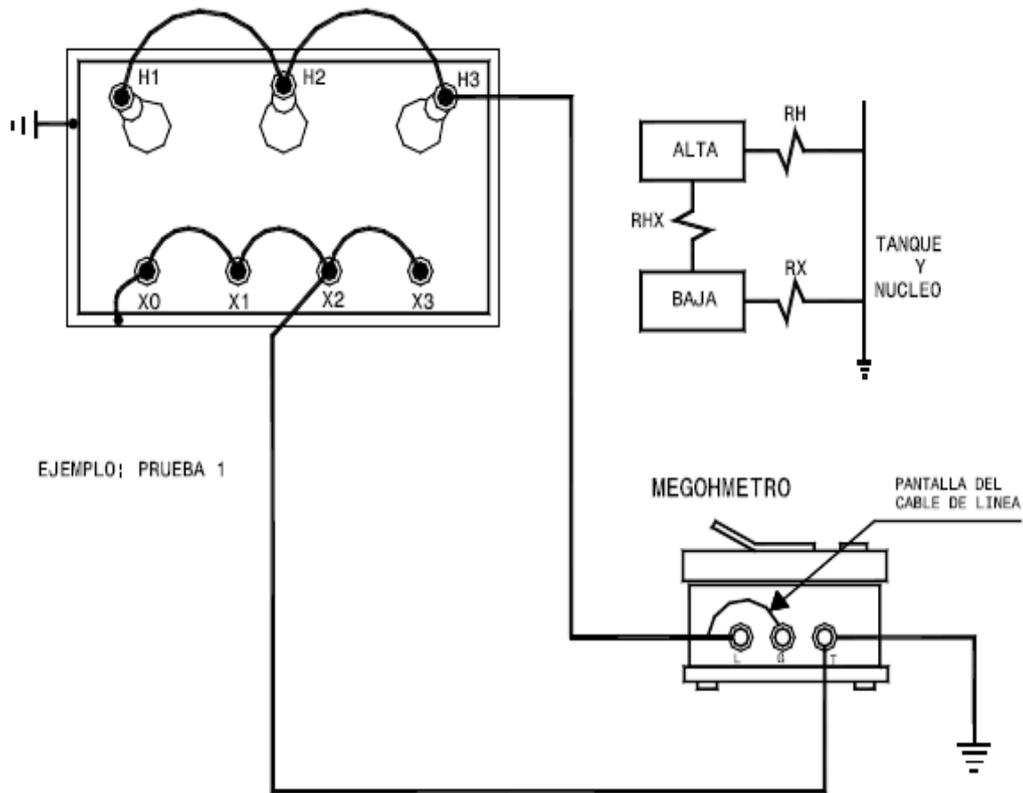
DIAGRAMAS DE CONEXIÓN.

Al efectuar las pruebas de resistencia de aislamiento a los transformadores, hay diferentes criterios en cuantos al uso de la terminal de guarda del medidor. el propósito de la terminal de guarda es para efectuar mediciones en mallas con tres elementos (devanados de A.T., devanado B.T. y tanque)

Las conexiones para transformadores de 2 o 3 devanados se muestran en las siguientes figuras

FIGURA .3.1 TRANSFORMADOR DE DOS DEVANADOS

PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

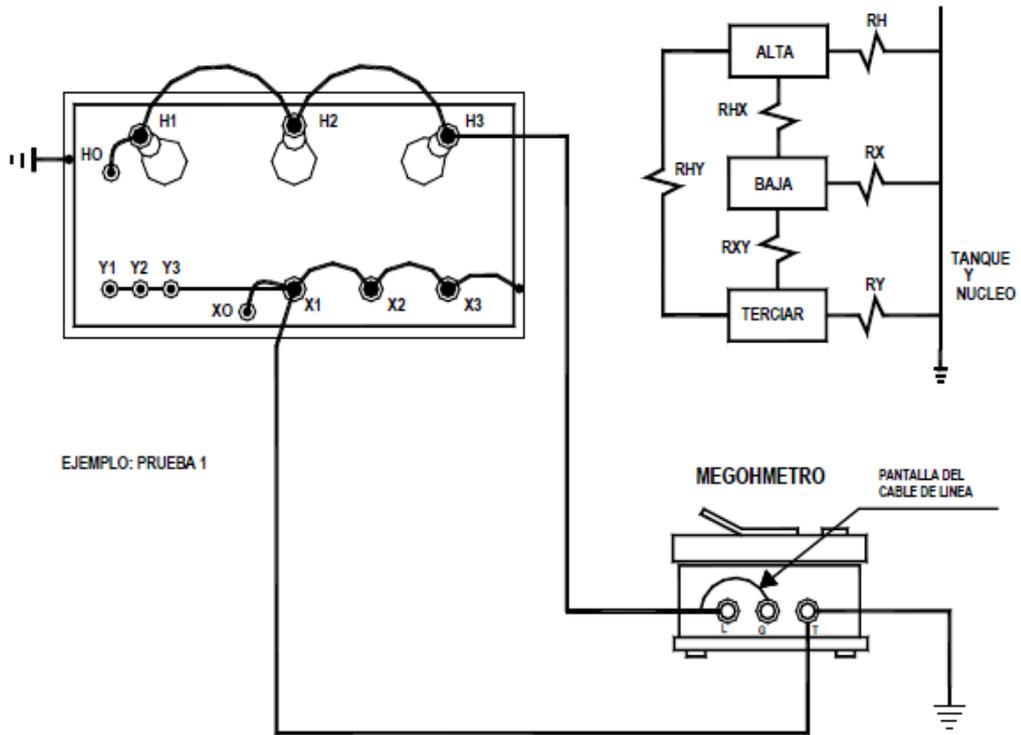


EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO Tq = TANQUE

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

FIGURA. 3.2 TRANSFORMADORES DE TRES DEVANADOS

PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	L	G	T	
1	H	—	X+Y+Tq	RH + RHX + RHY
2	H	Y, Tq	X	RHX
3	H	X, Tq	Y	RHY
4	X	—	H+Y+Tq	RX + RHX + RXY
5	X	H, Tx	Y	RXY
6	Y	—	H+X+Tq	RY + RHY + RXY

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO Tq = TANQUE

FACTOR DE POTENCIA DIAGRAMAS DE CONEXIÓN, REALIZAR PRUEBAS

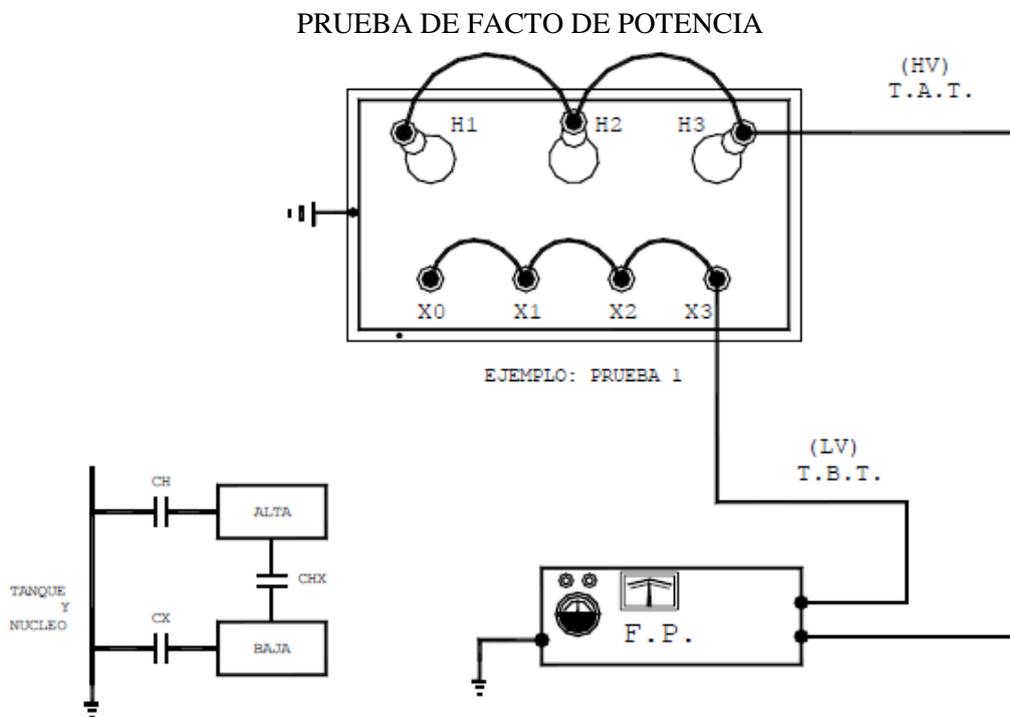
El factor de potencia es otra manera de evaluar y juzgar las condiciones del aislamiento de los devanados de transformadores, es recomendado para detectar humedad y suciedad en mismo.

CONEXIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA

Estando ya preparado el medido, conectar las terminales de prueba del equipo al transformador. La terminal de alta tensión del medidor, conectar al devanado por probar y la terminal de baja tensión a otro devanado.

En las siguientes figuras se indican las conexiones de los circuitos de prueba de Factor de Potencia para Transformadores de dos y tres devanados.

FIGURA.3.3 TRANSFORMADOR DE DOS DEVANADOS

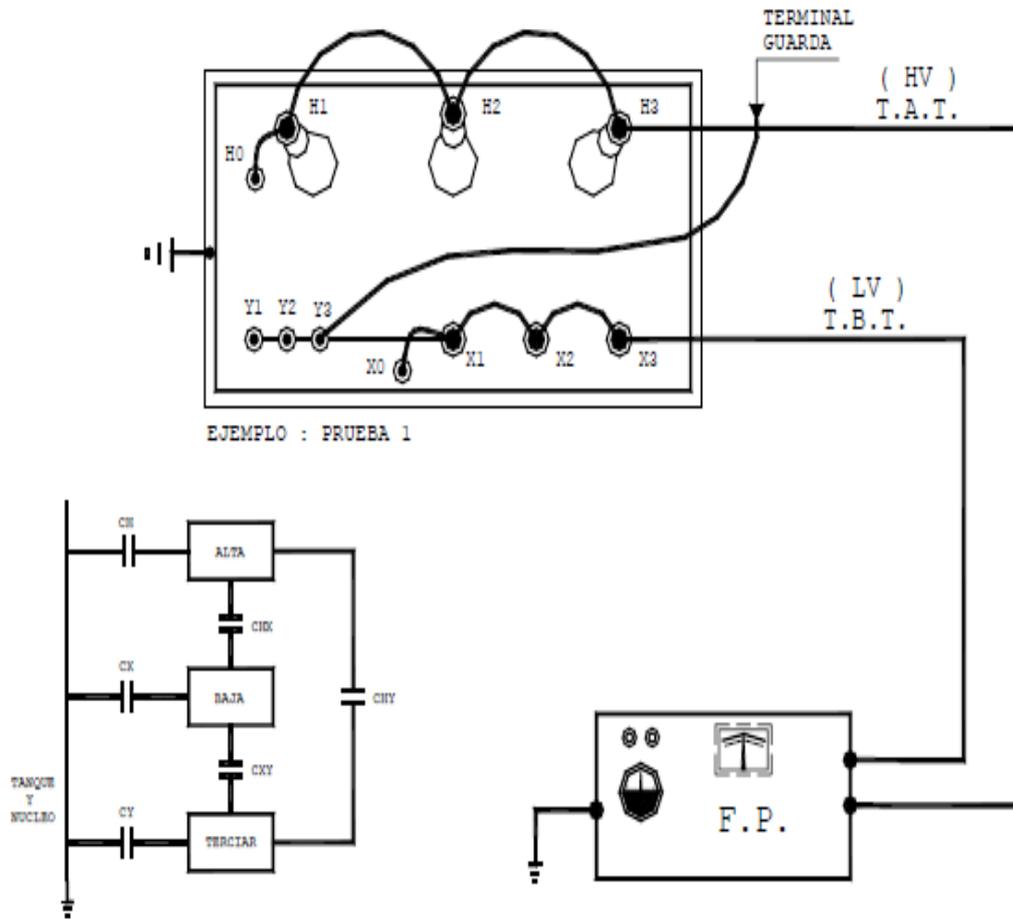


EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADA

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

FIGURA. 3.4 TRANSFORMADORES DE TRES DEVANADOS

PRUEBA DE FACTO DE POTENCIA



EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO
Tq= TANQUE

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	T.A.T.	T.B.T.	GUARDA	SELECTOR	
1	H	X	Y	GROUND	CH+CHX
2	H	X+Y	—	GUARDA	CH
3	X	Y	H	GROUND	CX+CKY
4	X	H+Y	—	GUARDA	CK
5	Y	H	X	GROUND	CY+CHY
6	Y	H+X	—	GUARDA	CY
7	H	X	Y (TIERRA)	UST	CHX
8	X	Y	H (TIERRA)	UST	CKY
9	Y	H	X (TIERRA)	UST	CHY

RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN DIAGRAMAS DE CONEXIÓN, REALIZAR PRUEBAS

Se debe realizar la prueba de relación de transformación en todas las posiciones del cambiador de derivación antes de la puesta en servicio del transformador. Para transformadores en servicio, efectuar la prueba en la posición de operación o cuando se lleva a cabo un cambio de derivación

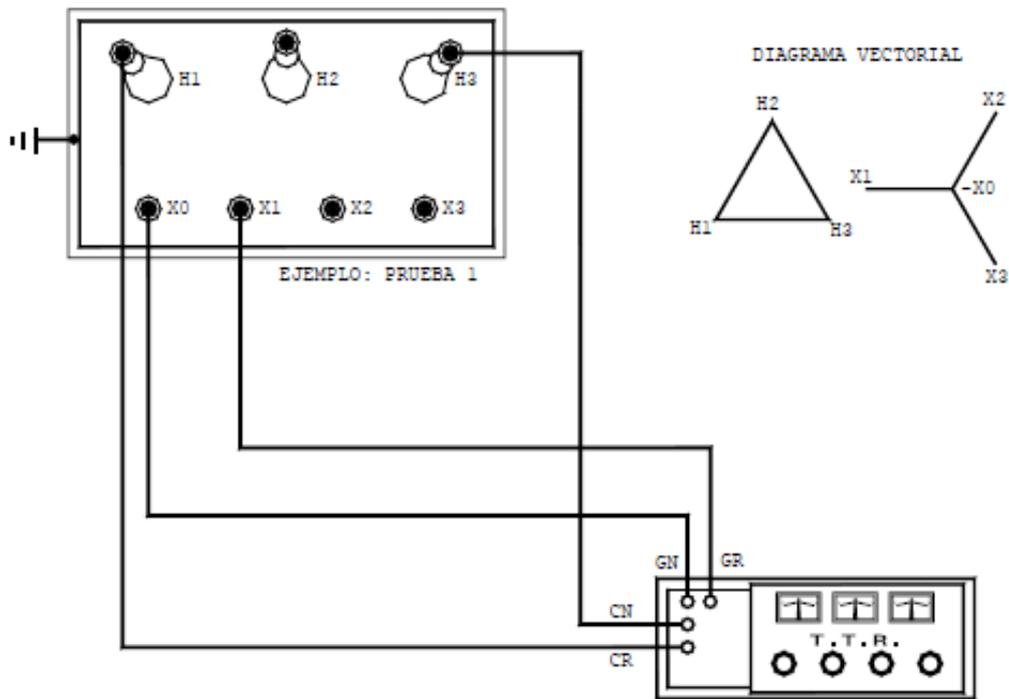
También se realiza cada vez que se las conexiones internas son removidas debido a la reparación de los devanados, remplazo de bushings, mantenimiento al cambiador de derivaciones.

CONEXIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA

En las figuras se presenta los diagramas de conexión de circuitos de prueba de transformador utilizados medidores manuales-analógicos o digitales.

FIGURA. 3.5 TRANSFORMADOR DE DOS DEVANADOS

PRUEBA DE RELACION DE TRANSFORMADOR TRANSFORMADOR EN DELTA - ESTRELLA



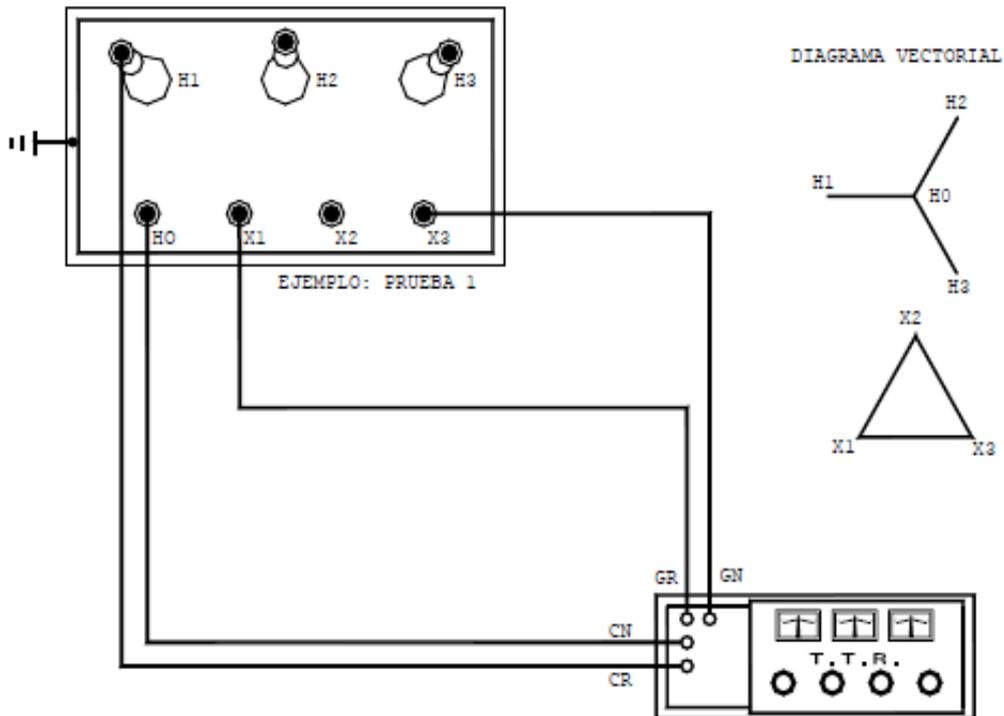
GN,CR= TERMINALES DE EXCITACIÓN NEGRA Y ROJA
CN, CR = TERMINALES SECUNDARIAS NEGRAS Y ROJAS

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	CR	CN	GR	GN	
1	H1	H3	X1	X0	∅ A
2	H2	H1	X2	X0	∅ B
3	H3	H2	X3	X0	∅ C

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO

FIGURA. 3.6 TRANSFORMADOR DE DOS DEVANADOS

**PRUEBA DE RELACION DE TRANSFORMADOR
TRANSFORMADOR EN ESTRELLA- DELTA**



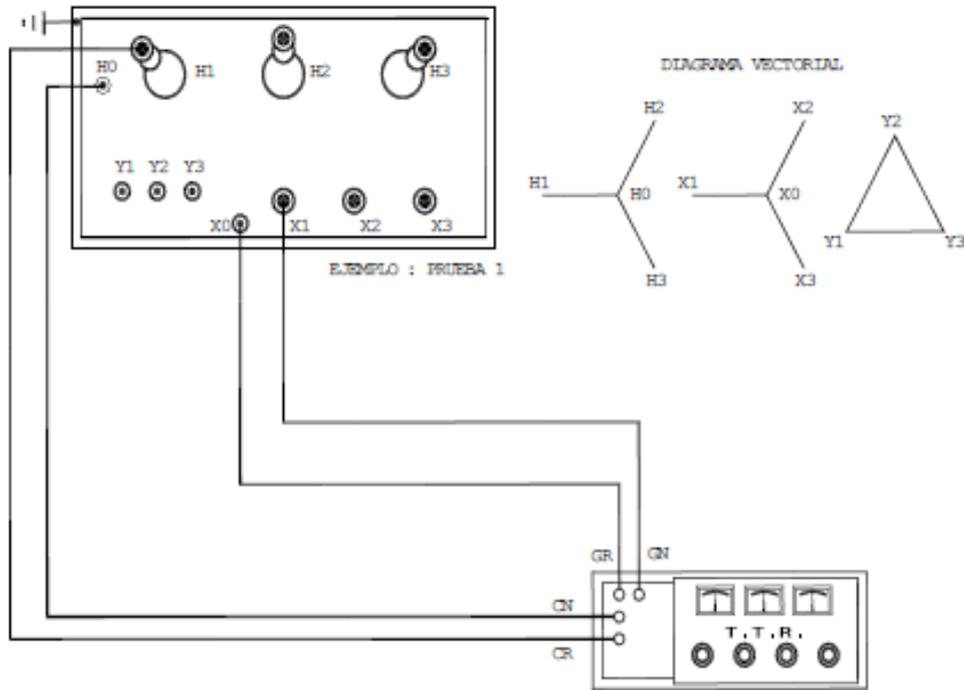
GN, CR= TERMINALES DE EXCITACIÓN NEGRA Y ROJA
CN, CR = TERMINALES SECUNDARIAS NEGRAS Y ROJAS

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	CR	CN	GR	GN	
1	H1	H0	X1	X3	∅A
2	H2	H0	X2	X1	∅B
3	H3	H0	X3	X2	∅C

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO

FIGURA.3.7 TRANSFORMADOR DE TRES DEVANADOS

PRUEBA DE RELACION DE TRANSFORMACION



GN, CR= TERMINALES DE EXCITACIÓN NEGRA Y ROJA
 CN, CR = TERMINALES SECUNDARIAS NEGRAS Y ROJAS

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	CR	CN	GR	GN	
1	H1	H0	X0	X1	H-X ØA
2	H2	H0	X2	X0	H-X ØB
3	H3	H0	X3	X0	H-X ØC
4	H4	H0	Y1	Y3	H-X ØA
5	H5	H0	Y2	Y1	H-X ØB
6	H6	H0	Y3	Y2	H-X ØC
7	H7	H0	Y1	Y3	H-X ØA
8	H8	H0	Y2	Y1	H-X ØB
9	H9	H0	Y3	Y2	H-X ØC

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO

INTERRUPTOR

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

Las pruebas de resistencia de aislamiento en interruptores de potencia son importantes, para conocer las condiciones de su aislamiento.

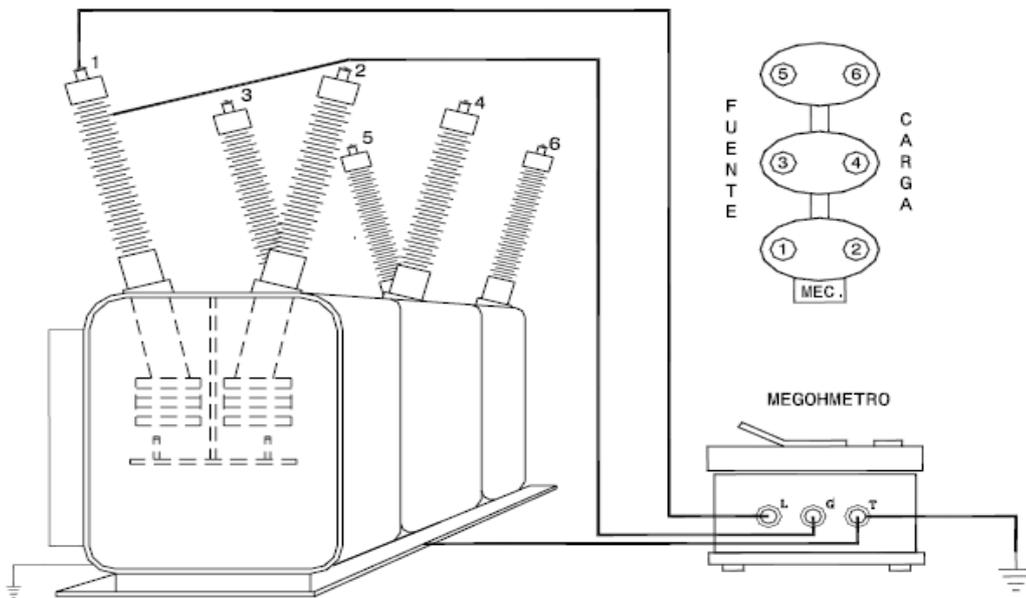
En los interruptores de gran volumen de aceite se tiene elementos aislantes de materiales higroscópicos, como son el aceite, la barra de operación y algunos otros que interviene en el soporte de las cámaras de arqueo; también la carbonización del aceite causada por las operaciones del interruptor y la extinción del arco eléctrico, ocasionan contaminación de estos elementos, por consiguiente una reducción en la resistencia del aislamiento.

DIAGRAMAS DE CONEXIONES

En las figuras se muestran las formas de conexiones para la prueba de resistencia de aislamiento.

FIGURA. 3.8 INTERRUPTOR DE GRAN VOLUMEN DE ACIETE

PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO



PARA PRUEBAS INDICADAS DEBEN EFECTUARCE PARA CADA UNO DE LOS POLOS

B=BOQUILLA
Tq=TANQUE

Be= BARRA ELEVADORA
P=PORCELANA

A=CEITE

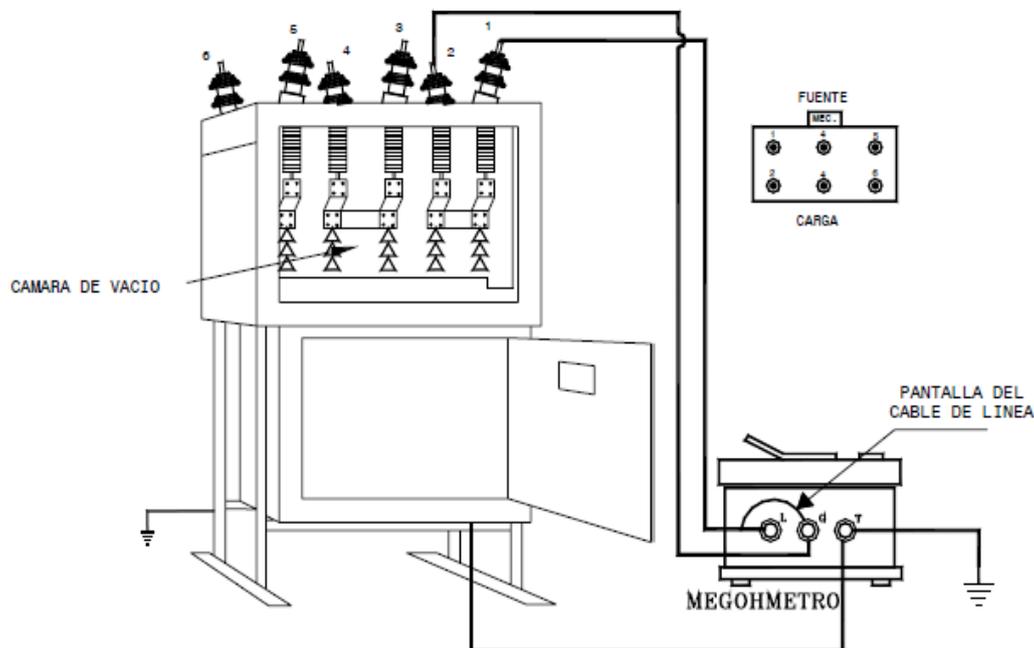
At= AISLAMIENTO TANQUE

G= GUIA DE BARRA DE LEVANTAMIENTO

PRUEBA	POSICION INTERRUPTOR	CONEXIONES			MIDE
		L	G	T	
1	ABIERTO	1	P1-2	Tq	B1
2	ABIERTO	1	P1	Tq-2	B1-G
3	CERRADO	1	P1-P2	Tq	B1-B2-Be-G-A-At
4	ABIERTO	2	P2-1	Tq	B2

FIGURA.3.9 INTERRUPTORES DE VACIO

PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO



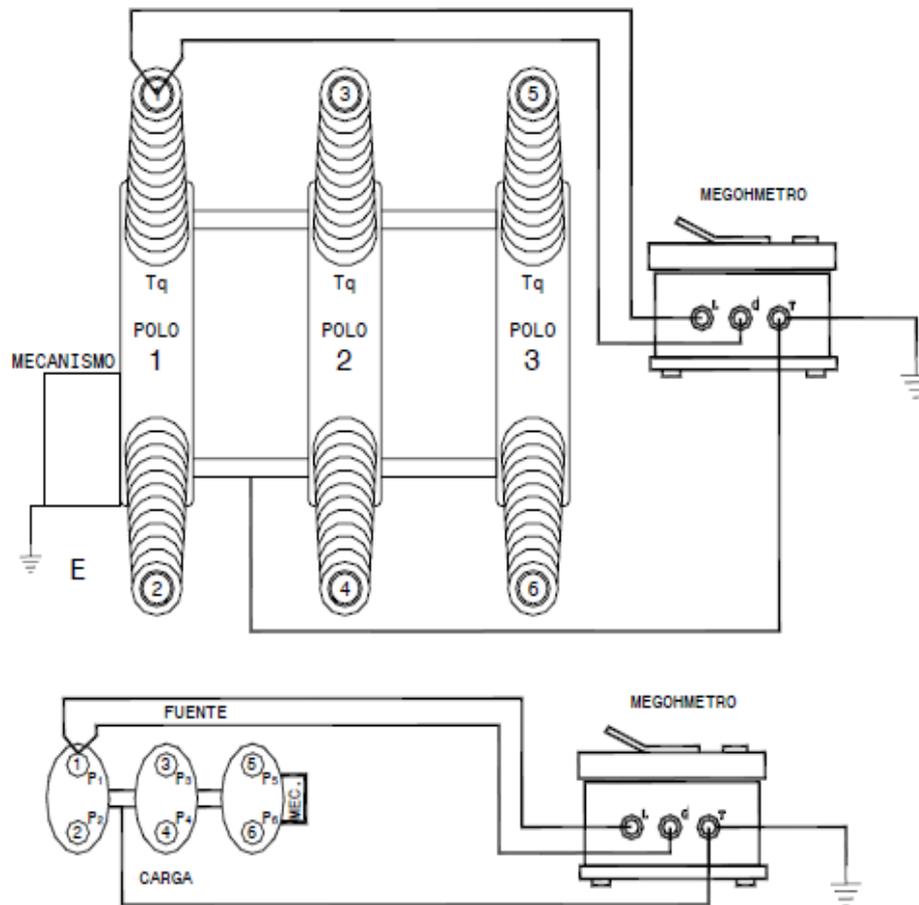
EJEMPLO: PRUEBA 1

PRUEBA	POSICION INTERRUPTOR	CONEXIONES			MIDE
		L	G	T	
1	ABIERTO	1	2	E	Boq. 1, As
2	ABIERTO	2	1	E	Boq. 2, As
3	ABIERTO	3	4	E	Boq. 3, As
4	ABIERTO	4	3	E	Boq. 4, As
5	ABIERTO	5	6	E	Boq. 5, As
6	ABIERTO	6	5	E	Boq. 6, As
7	CERRADO	1-2	-	E	Boq. 1-2, As, Ba
8	CERRADO	3-4	-	E	Boq. 3-4, As, Ba
9	CERRADO	5-6	-	E	Boq. 5-6, As, Ba

E=ESTRUCTURA Boq=BOQUILLA As= AISLADOR SOPORTE Ba= BARRA DE ACCIONAMIENTO

FIGURA. 3.10 INTERRUPTORES DE TANQUE MUERTO

PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO



POLO	PRUEBA	POSICION INTERRUPTOR	CONEXIONES			MIDE
			LINES	GUARDA	TIERRA	
1	1	ABIERTO	1	P (1-2)	E	Boq. 1
	2	-	2	P (2-1)	E	Boq. 2
2	3	-	3	P (3-4)	E	Boq. 3
	4	-	4	P (4-3)	E	Boq. 4
3	5	-	5	P (5-6)	E	Boq. 5
	6	-	6	P (6-5)	E	Boq. 6

Tq= TANQUE

P=PORCELANA

E=ESTRUCTURA

FACTOR DE POTENCIA

Al efectuar las pruebas de facto de potencia, intervienen las boquillas y los otros materiales que forman parte del aislamiento (aceite aislante, gas SF₆, vacío, etc.)

Al efectuar las pruebas de Factor de Potencia el método consiste en aplicar el potencial de prueba a cada una de las terminales del interruptor.

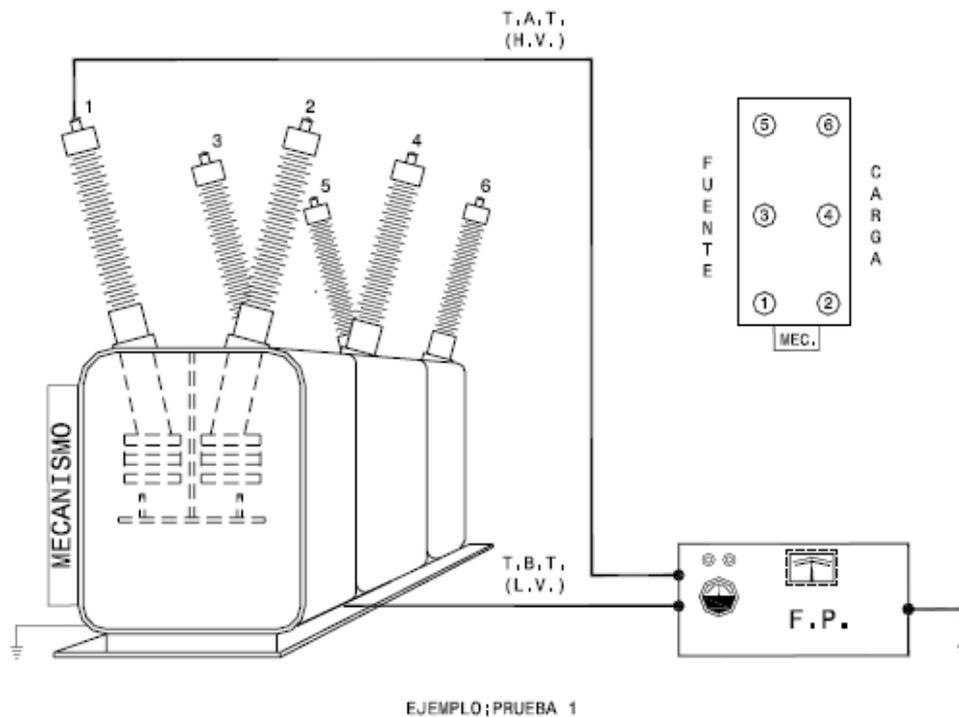
Las pérdidas dieléctricas de los aislamiento no son las misma estando el interruptor abierto que cerrado, por que intervienen diferentes aislamiento.

Con el interruptor cerrado interviene dependiendo del tipo de interruptor, las pérdidas en boquillas y de otros aislamiento auxiliares. Con el interruptor abierto intervienen también dependiendo del tipo de interruptor, las pérdidas en boquillas y del aceite aislante.

DIAGRAMAS DE CONEXIONES

En las figuras se ilustran los diagramas de conexión de los circuitos de prueba de factor de potencia para interruptores.

FIGURA. 3.11 INTERRUPTORES DE GRAN VOLUMEN DE ACEITE

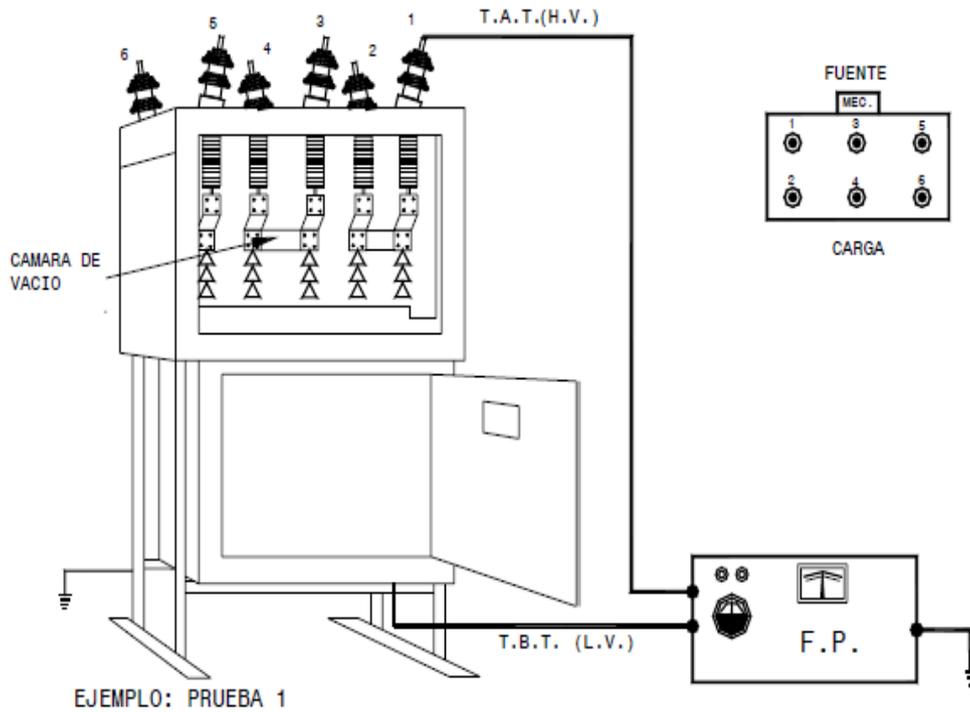


PRUEBA	POSICION INTERRUPTOR	CONEXIONES			MIDE
		T. A. T.	T. B. T.	SELECTOR	
1	ABIERTO	1	Tq	GROUND	B1, A, At
2	"	2	Tq	'	B2, A, At
3	"	3	Tq	'	B3, A, At
4	"	4	Tq	'	B4, A, At
5	"	5	Tq	'	B5, A, At
6	"	6	Tq	'	B6, A, At
7	CERRADO	1-2	Tq	'	B1-2, Be, A, At, G
8	"	3-4	Tq	'	B3-4, Be, A, At, G
9	"	5-6	Tq	'	B5-6, Be, A, At, G

B=BOQUILLAS Be= BARRA ELEVADOR A= ACEITE At= AISLAMIENTO TANQUE Tq= TANQUE

FIGURA. 3.12 INTERRUPTOR DE VACIO

PRUEBA FACTO DE POTENCIA DEL AISLAMIENTO



PRUEBA	POSICION INTERRUPTOR	CONEXIONES			MIDE
		T.A.T.	T.B.T.	SELECTOR	
1	ABIERTO	1	E	GROUND	B1, As
2	"	2	E	"	B2, As, Ba
3	"	3	E	"	B3, As
4	"	4	E	"	B4, As, Ba
5	"	5	E	"	B5, As
6	"	6	E	"	B6, As, Ba
7	"	1	2	UST	Cv
8	"	3	4	"	Cv
9	"	5	6	"	Cv

E=ESTRUCTURA Ba=BARRA DE ACCIONAMIENTO As= AISLADOR SOPORTE Boq=BOQUILLA Cv= CAMARA DE VACIO

RESISTENCIA DE CONTACTOS

Los puntos con alta resistencia en partes de conducción, origina de voltaje, generación de calor, pérdidas de potencia.

La prueba se realiza en circuitos donde existen puntos de contacto a presión o deslizables, como es el caso de interruptores.

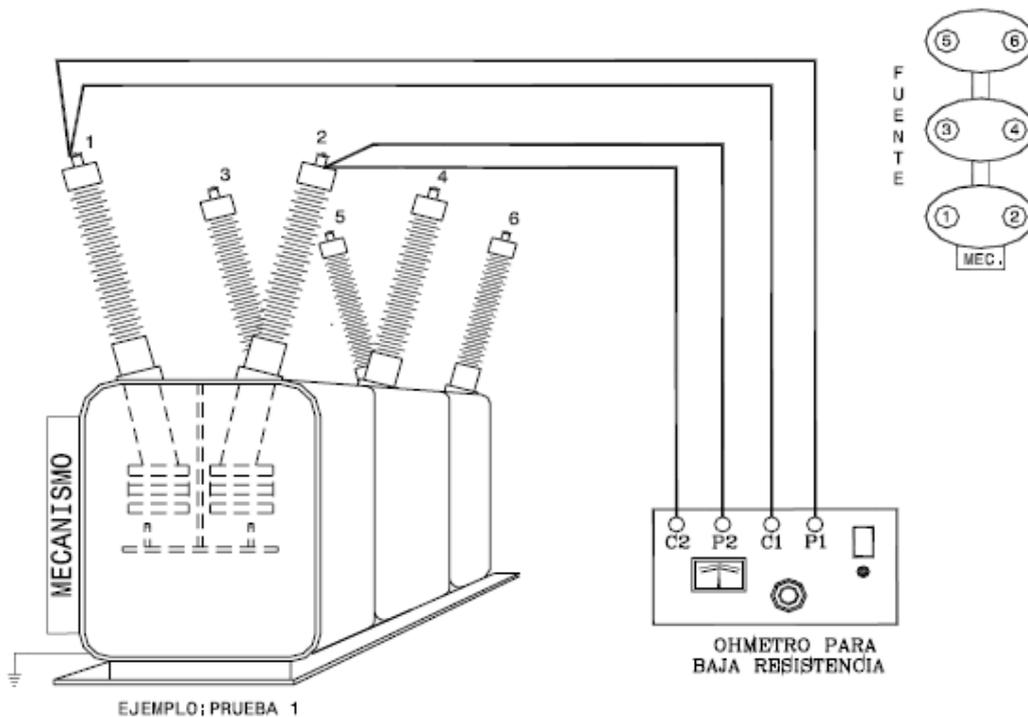
Para medir la resistencia de contacto existen diferente marcas de equipo, de diferentes rangos de medición que fluctúan entre 0 y 100 amperes para esta prueba.

Los equipos de prueba cuentan con una fuente de corriente directa que puede ser una batería o un rectificador.

DIAGRAMAS DE CONEXIONES

En la figuras se ilustran las conexiones de los circuitos de prueba para la medición de resistencia de contacto para diferentes tipos de interruptores.

FIGURA .3.13 INTERRUPTOR DE GRAN VOLUMEN DE ACEITEPRUEBA DE RESISTENCIA DE CONTACTOS

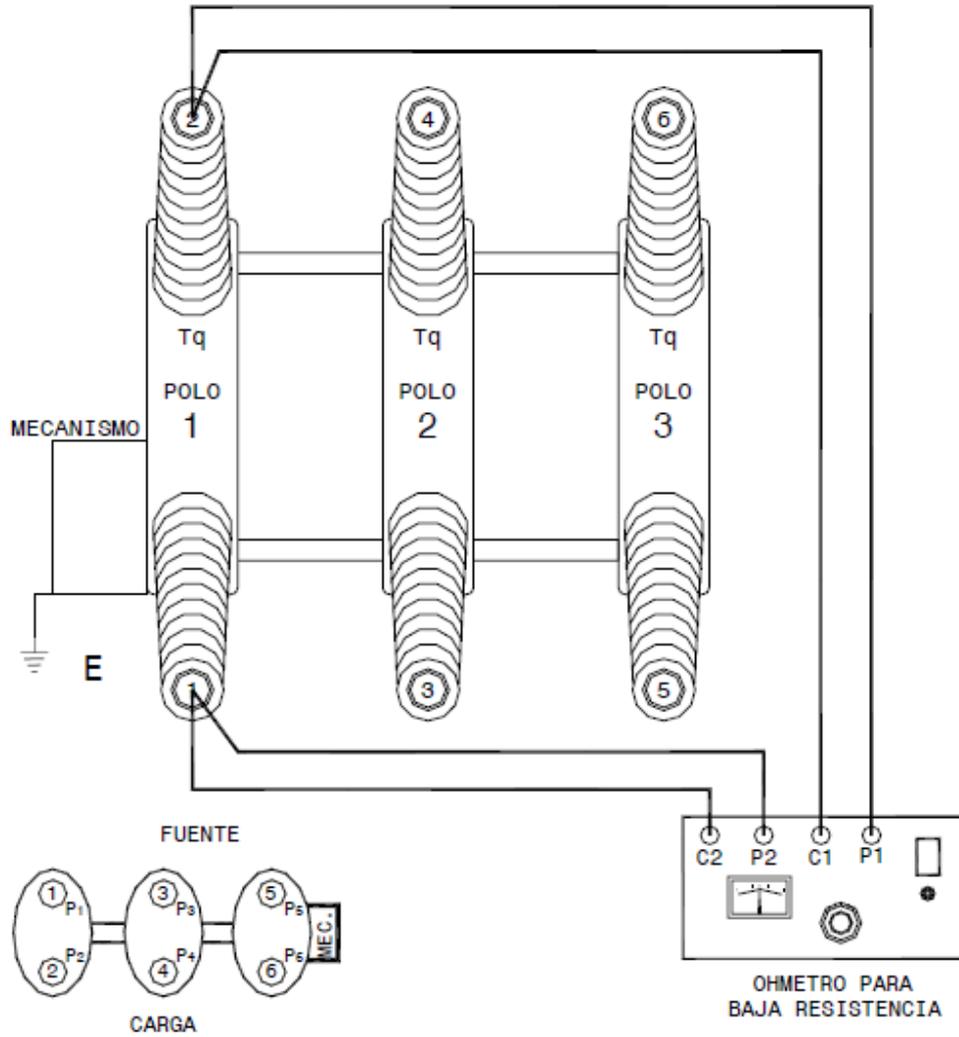


BOQUILLAS 1,3,5=FUENTEBOQUILLAS 2,4,6=CARGA
 NOTA: LAS PRUEBAS SE REALIZAN CON EL INTERRUPTOR CERRADO

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	C1	P1	C2	P2	
1	1	1	2	2	RESIST. CONTACTO FASE A
2	3	3	4	4	RESIST. CONTACTO FASE B
3	5	5	6	6	RESIST. CONTACTO FASE C

FIGURA .3.14 INTERRUPTOR DE TANQUE MUERTO

PRUEBA DE RESISTENCIA DE CONTACTOS



PRUEBA	POSICION INTERRUPTOR	$I_1 (+)$	$I_1 (+)$	GROUND MIDE	I PRUEBA (AMP)
		$V_1 (+)$	$V_1 (+)$		
1	CERRADO	1	2	POLO 1	100
2	CERRADO	3	4	POLO 2	100
3	CERRADO	5	6	POLO 3	100

SINCRONISMO DE TIEMPO DE OPERACIÓN

El objetivo de la prueba es determinar los tiempos de operación de los interruptores de potencia en sus diferentes formas de maniobras, así la de verificar la simultaneidad de los polos o fases

El principio de la prueba se basa en unas referencias conocidas de tiempo trazado sobre el papel del equipo de prueba, se obtiene los trazos de los instantes en que los contactos de un interruptor se tocan o se separan a partir de las señales eléctricas de apertura y cierre de los dispositivos de mando del interruptor, estas señales de mando también son registradas sobre la grafica, la señal de referencia permite medir el tiempo y la secuencia de los eventos anteriores.

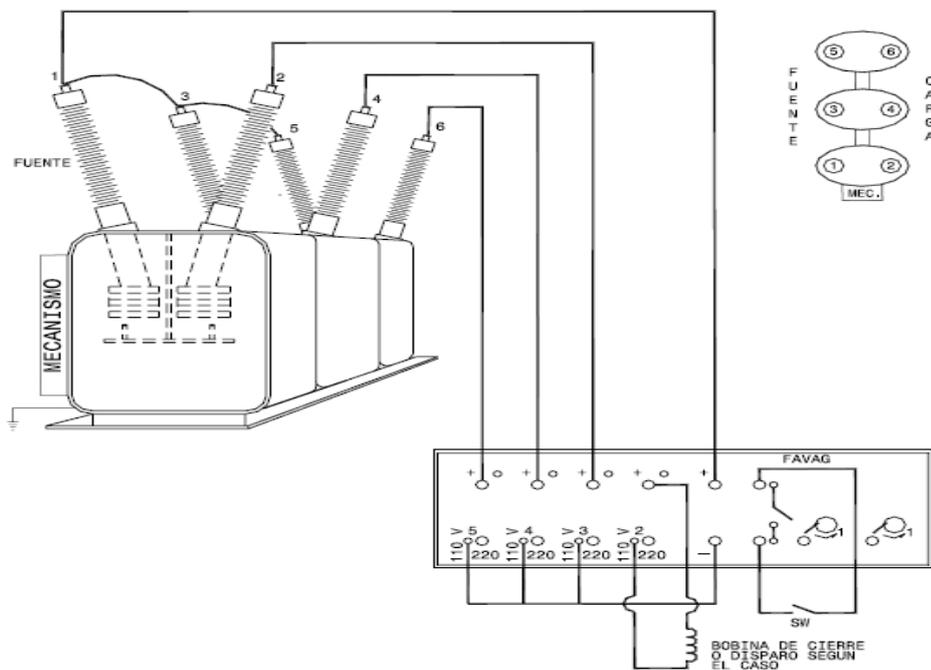
TIEMPO DE APERTURA.- Es el tiempo medido desde el instante que se energiza la bobina de disparo hasta el instante en que los contactos de arqueo se han separado.

TIEMPO DE CIERRE.- Es el intervalo de tiempo medido desde el instante en que se energiza la bobina de cierre, hasta el instante en que se tocan los contactos primarios de arqueo en todos los polos.

DIAGRAMAS DE CONEXIONES

Las conexiones entre el equipo de prueba y el interruptor por probar, están determinadas en el instructivo de cada equipo de prueba en particular y en el conocimiento del arreglo físico de las cámaras y contactos del interruptor, así como del arreglo del circuito de control para el cierre y apertura del interruptor.

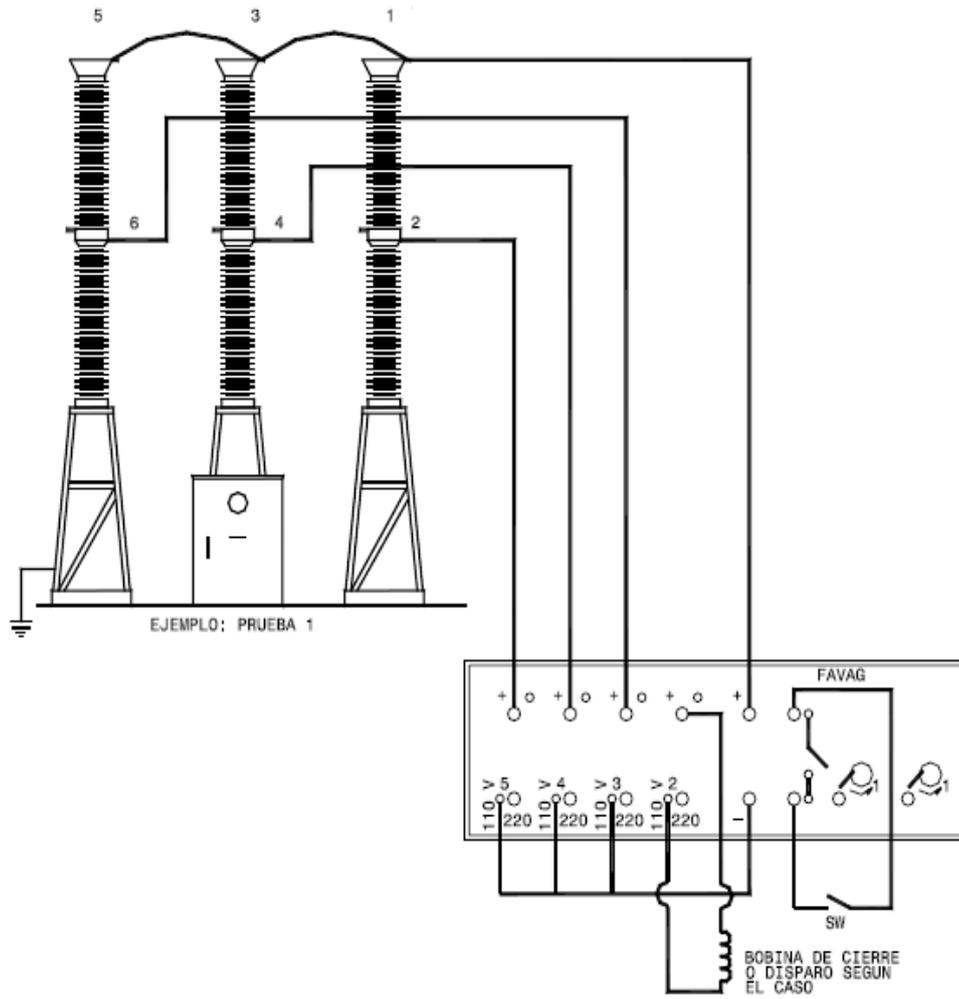
**FIGURA .3.15 INTERRUPTOR DE GRAN VOLUMEN DE ACEITE
PRUEBA DE SINCRONISMO DE TIEMPO**



EJEMPLO DE CONEXIONES DE PRUEBA PARA EL CRONOGRFO MARCA FAVAG
SW=SWITCH MANUAL DE ARRANQUE DEL MEDIDOR

FIGURA .3.16 INTERRUPTOR DE GRAN VOLUMEN DE ACEITE

PRUEBA DE SINCRONISMO DE TIEMPO

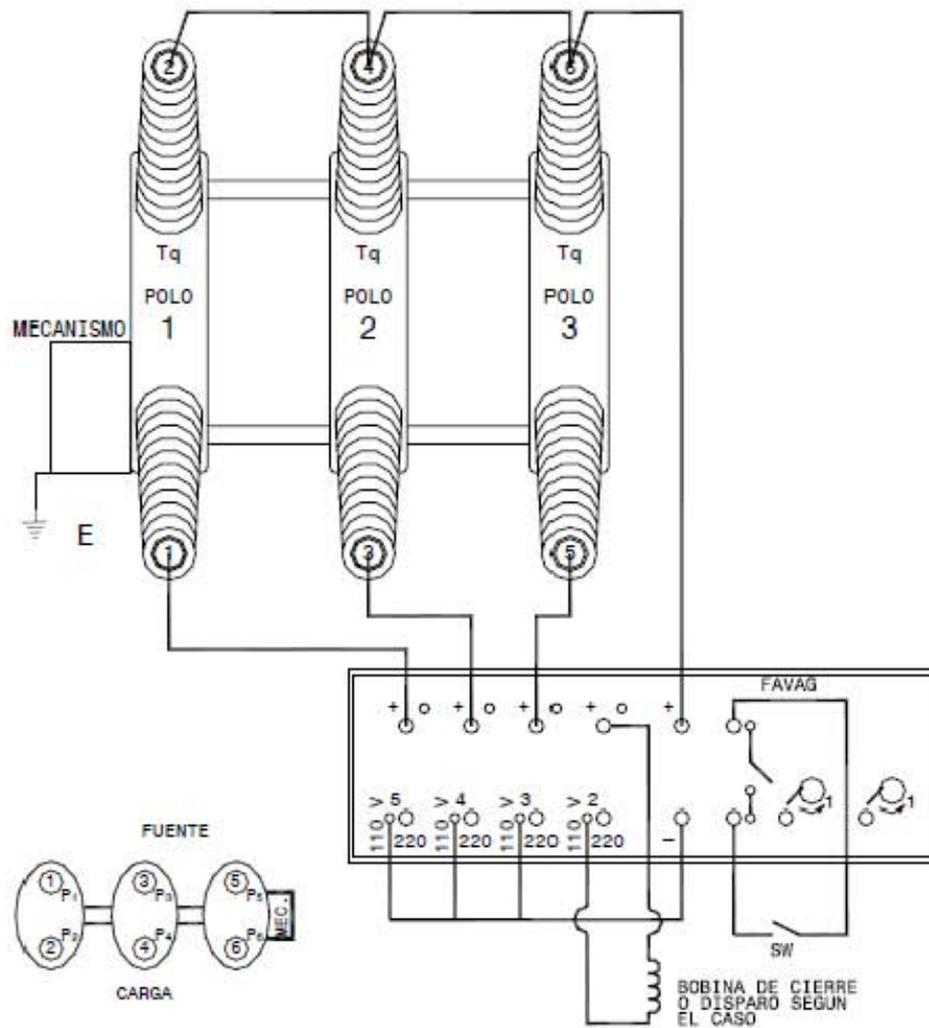


EJEMPLO DE CONEXIONES DE PRUEBA PARA EL CRONOGRAFO MARCA FAVAG

SW=SWITCH MANUAL DE ARRANQUE DEL MEDIDOR

FIGURA .3.17 INTERRUPTOR DE TANQUE MUERTO

PRUEBA DE SINCRONISMO DE TIEMPO



PRUEBA	PUNTOS (+) FIRME	CONEXIONES			
		CANAL 1	CANAL 2	CANAL 3	CANAL 4
1	DISPARO	1	3	5	PUENTE ENTRE 2,4,Y 6
2	CIERRE	1	3	5	PUENTE ENTRE 2,4,Y 6

Tq=TANQUE

P=PORCELANA

E=ESTRUCTURA

CUCHILLAS

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

Esta prueba tiene como finalidad determinar las condiciones del aislamiento, para detectar pequeñas imperfecciones o fisuras en el mismo; así como detectar su degradación por envejecimiento.

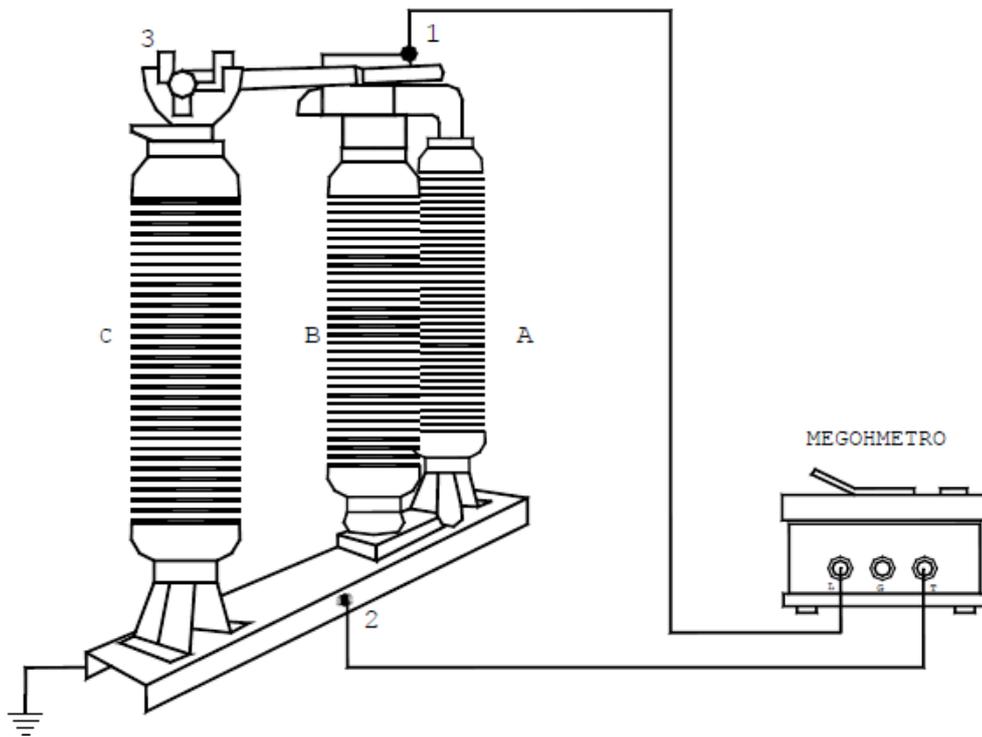
La prueba se lleva a cabo durante los trabajos de puesta en servicio y rutinas en pruebas de campo.

DIAGRAMAS DE CONEXIONES

La prueba de resistencia de aislamiento se realiza para las cuchillas en posición abierta y cerrada. La manera de conexiones para la pruebas se indican en las figuras.

FIGURA.3.18 CUCHILLAS

PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO



EJEMPLO: PRUEBA 1

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			CUCHILLA	MIDE
	L	G	T		
1	1		2	CERRADA	RA+RB+RC
2	1		2	ABIERTA	RB+RA
3	3		2	ABIERTA	RC

NOTA: SI EN LA PRUEBA 1 EL RESULTADO ES BAJO PROBAR EN FORMA INDEPENDIENTE CADA AISLADOR PARA DETERMINAR CUAL DE ELLOS ES EL BAJO VALOR

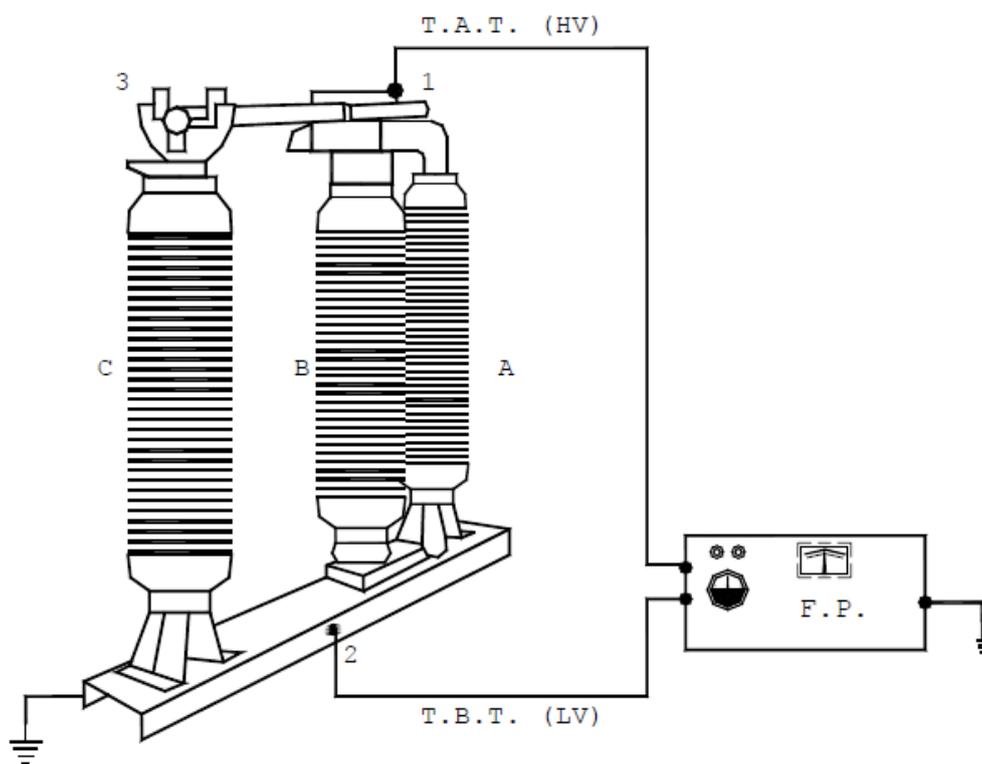
FACTO DE POTENCIA DE AISLAMIENTO

El efectuar esta prueba a cuchillas desconcertadoras, tiene por objeto detectar las perdidas dieléctricas del aislamiento producidas por imperfecciones, degradación por envejecimiento y por contaminación. La prueba se lleva a cabo durante los trabajos de puesta en servicio y rutina en prueba de campo.

DIAGRAMA DE CONEXIONES

Las pruebas de factor de potencia se realizan como se indican en la figura. Donde se muestra el diagrama de conexiones y la metodología simplificada para las diferentes pruebas.

FIGURA.-3.19 CUCHILLAS
PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA



EJEMPLO: PRUEBA 1

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			CUCHILLA	MIDE
	T.A.T.	T.B.T.	SELECTOR		
1	1	2	GROUND	CERRADA	CA+CB+CC
2	1	2	GROUND	ABIERTA	CA+CB
3	3	2	GROUND	ABIERTA	CC

NOTA: SI EN LA PRUEBA 1 EL RESULTADO ES BAJO PROBAR EN FORMA INDEPENDIENTE CADA AISLADOR PARA DETERMINAR CUAL DE ELLOS ES EL DE BAJO VALOR (GROUND) CABLE A TIERRA

RESISTENCIA DE CONTACTOS

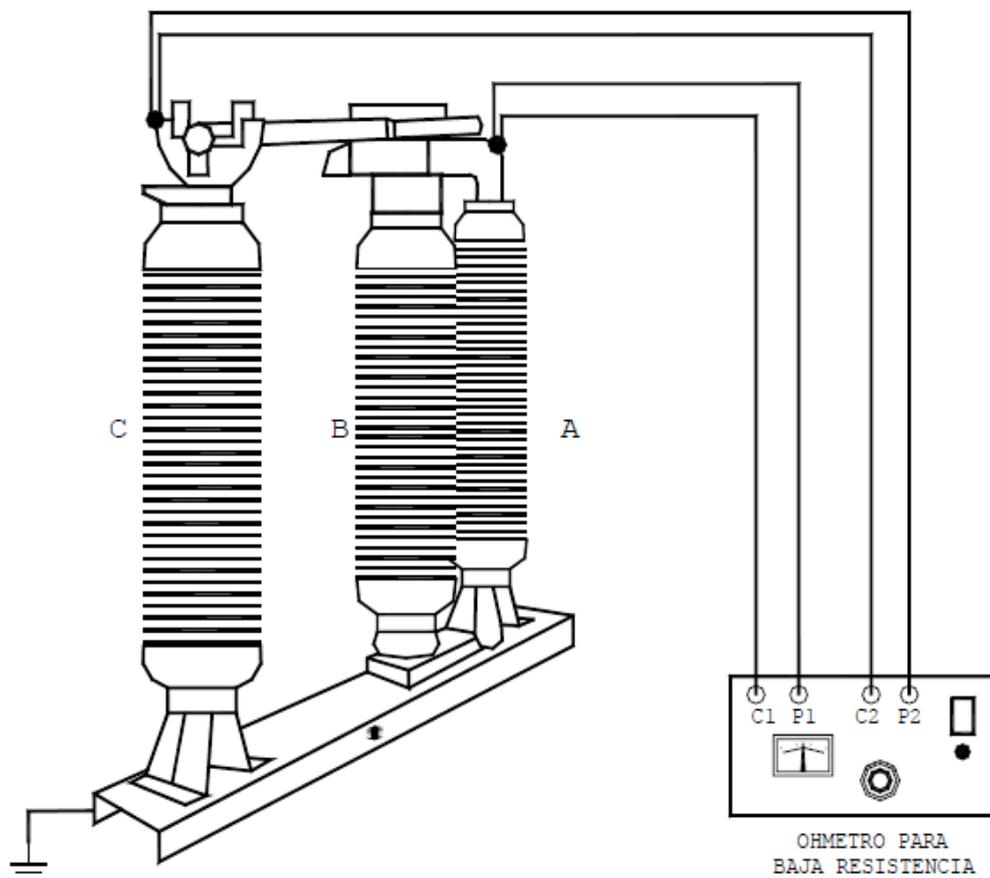
El objeto de realizar esta prueba es verificar que se tenga un bajo valor de resistencia eléctrica entre los contactos respectivos de la cuchilla.

DIAGRAMAS DE CONEXIONES

Las pruebas de resistencia de contactos para cuchillas desconcertadoras se deben hacer de la manera indicadas en la figura.

FIGURA.-3.20 CUCHILLAS

PRUEBA DE RESISTENCIA DE CONTACTO



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			
	C1	P1	C2	P2
1	A+B	A+B	C	C

TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTO

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

Al probar un transformador de instrumento se determinan las condiciones del aislamiento entre los devanados primarios y secundarios contra tierra. Para la prueba del primario contra tierra, se utiliza el rango de mayor tensión del equipo de prueba dependiendo de su tipo; y para la del secundario contra tierra, se usa el rango del medidor para una tensión aproximada a la tensión nominal del equipo a probar, de 500V.

Existen dos tipos de TC`s pedestal y dona. La prueba de aislamiento que se realiza tiene diferente consideraciones. Los TC`s tipo pedestal están separados al equipo primario y se prueba el aislamiento formado por un pedestal de porcelana o resina y un medio de aislante de aceite o un envoltorio de gas SF₆.

Los TC`s sin devanado primario conocidos como tipo dona (bushing) están integrados al equipo primario como transformador e interruptores y se prueban las condiciones de su aislamiento exterior respecto a tierra del equipo asociados y la condición interna de su devanado.

En los TC`s tipo dona solo se hace las pruebas de secundario a tierra, utilizando 500V con el equipo de prueba.

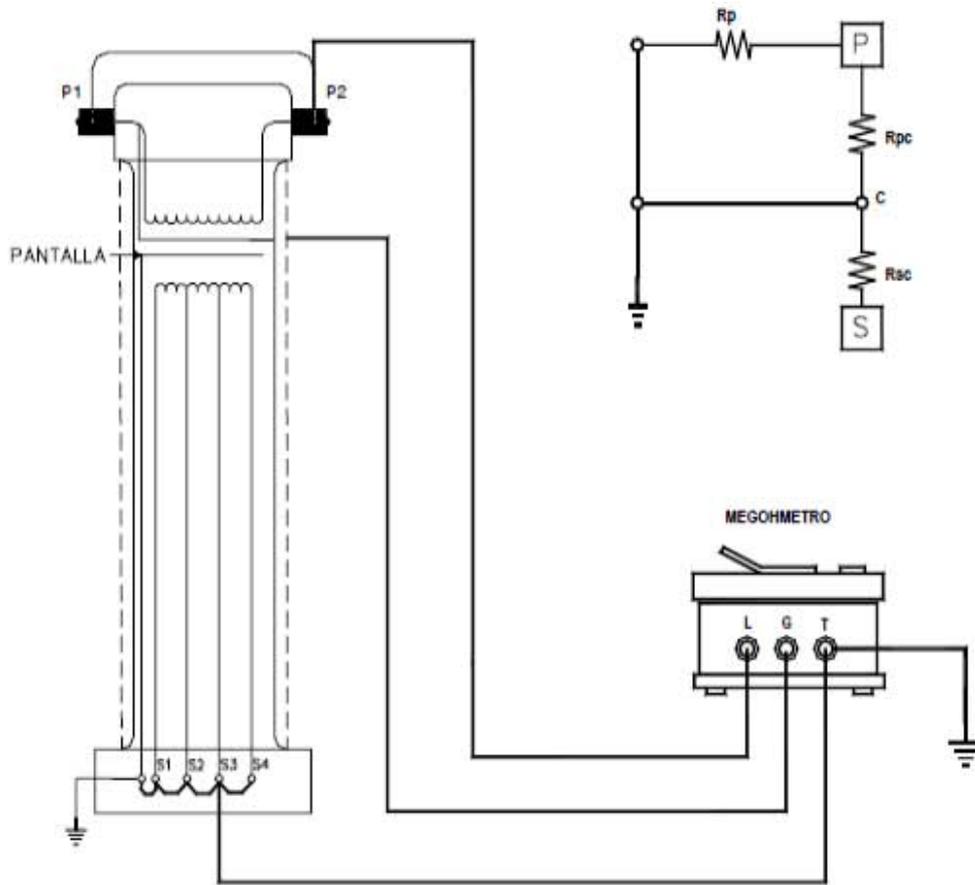
DIAGRAMAS DE CONEXIONES.

Para la prueba de transformadores de instrumento se tomaran las medidas de seguridad y se seguirán las instrucciones para el uso del privador de resistencia de aislamiento descritas en la secciones respectivas.

Todas las pruebas se harán a 1 minuto aplicando el voltaje de prueba adecuando, conforme a lo descrito anteriormente.

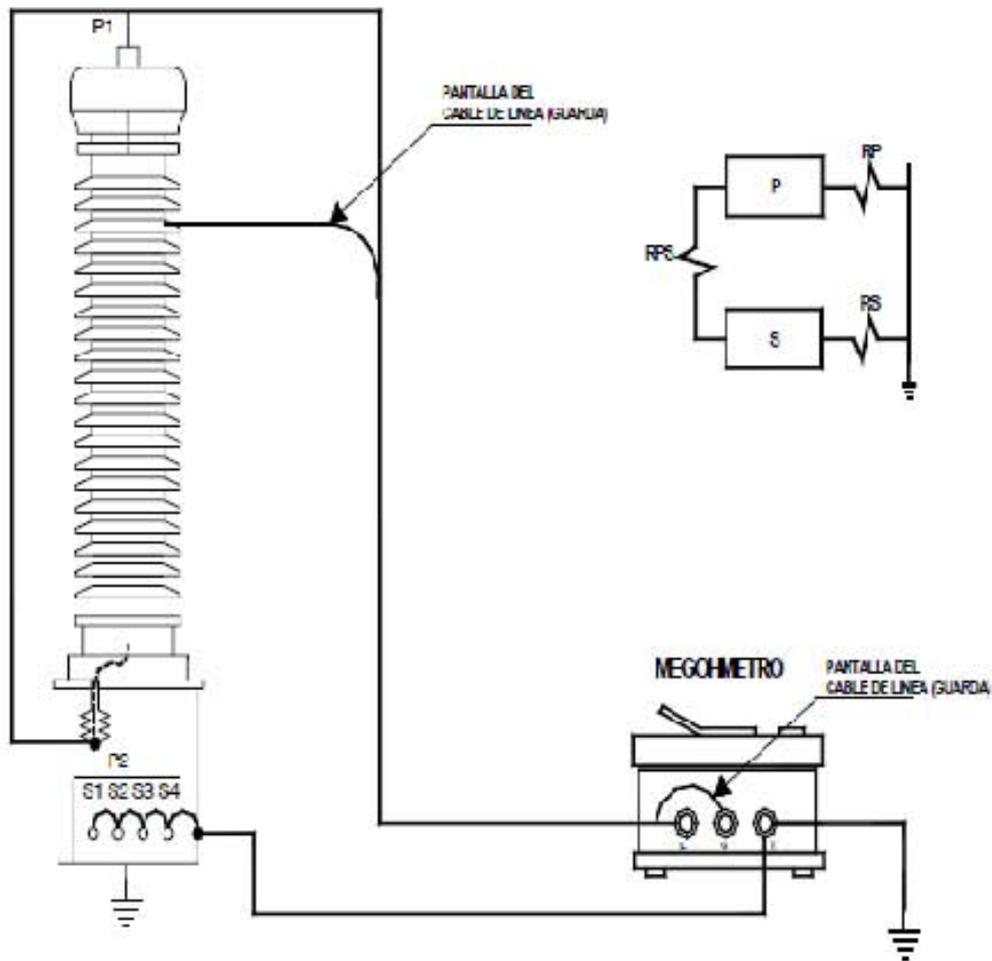
FIGURA .3.21 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO



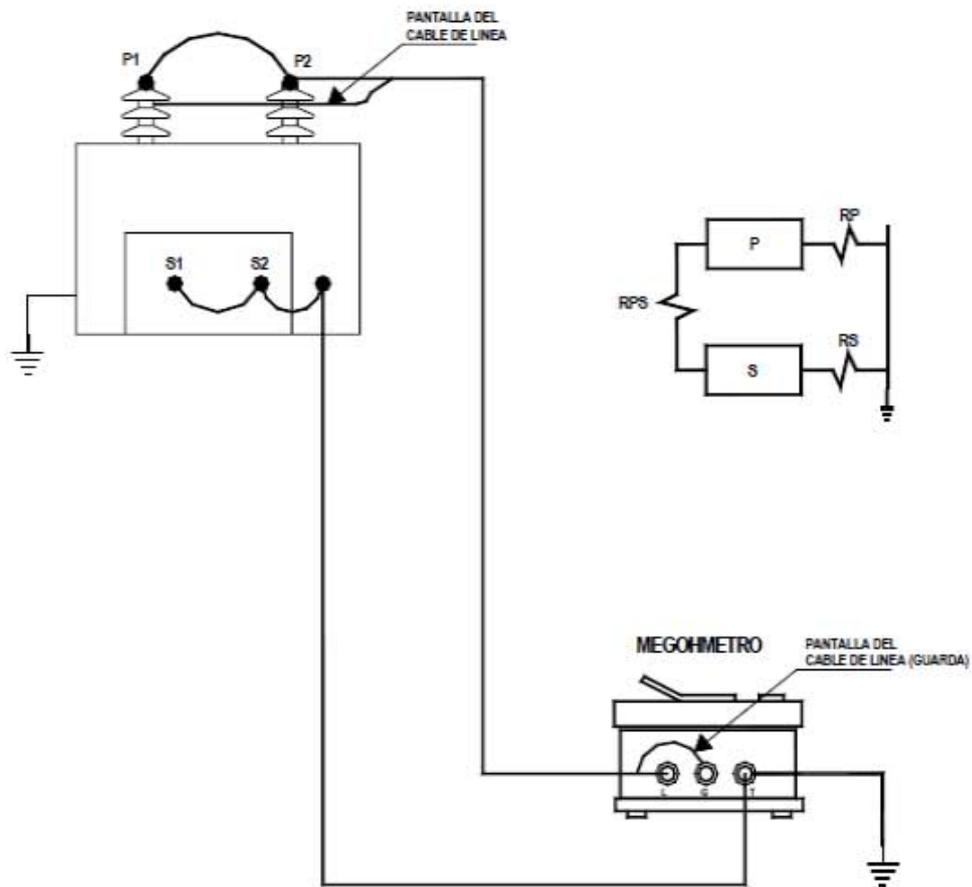
PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE	VOLTS PRUEBA
	L	G	T		
1	P1, P2	PORCELANA	S1, S2, S3, S4	RP-RPC	5000
2	S1, S2, S3, S4	—	P1, P2	RSC	500

**FIGURA .3.22 TRANSFORMADORES DE POTENCIAL
PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO**



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE	VOLTS PRUEBA
	L	G	T		
1	P1, P2	PORCELANA	S1, S2, S3, S4	RP-RPS	2500
2	S1, S2, S3, S4	—	P1, P2	RP-RPS	500

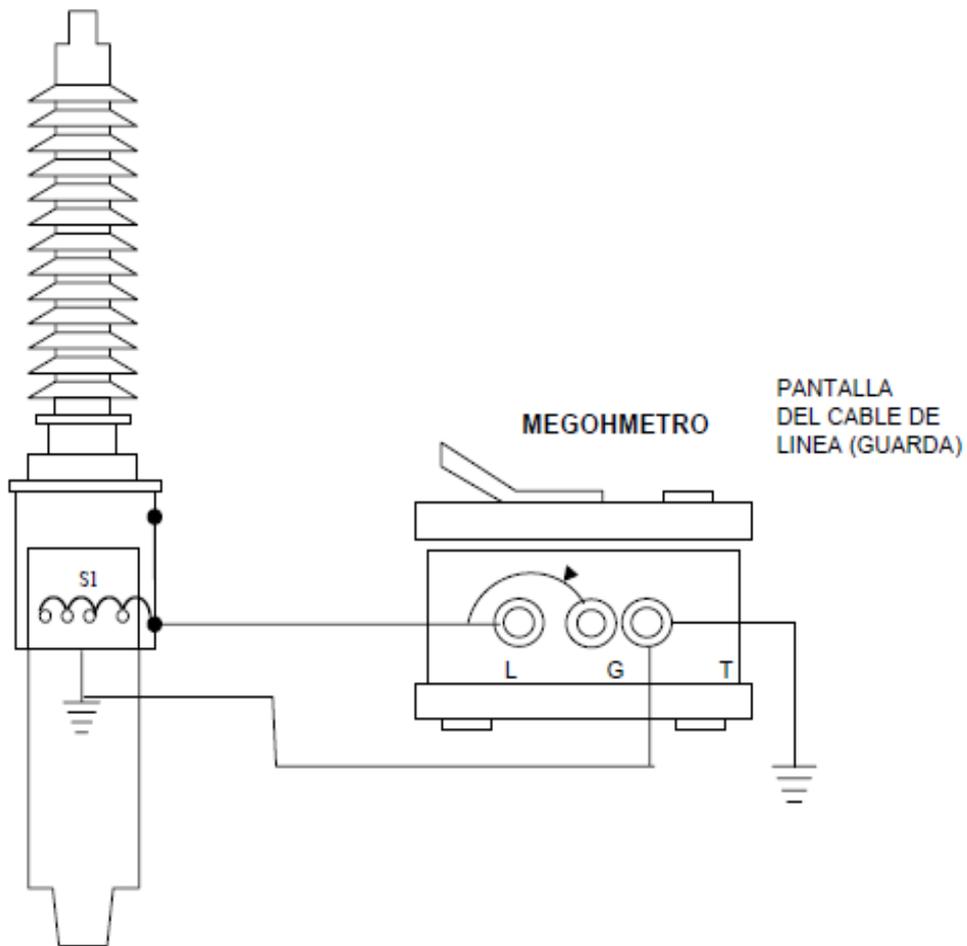
**FIGURA .3.23 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE
PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO**



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE	VOLTS PRUEBA
	L	G	T		
1	P1 - P2	—	S1 - S2	RP - RPS	5000
2	S1 - S2	—	P1 - P2	RP - RPS	500

FIGURA.3.24 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE TIPO DONA (BUSHING)

PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE	VOLTAS PRUEBA
	L	G	T		
1	S1,S2,S3,S4		TIERRA	RS	600

FACTOR DE POTENCIA

Con la prueba de factor de potencia se determina las pérdidas dieléctricas de los aislamientos de los devanados primarios y secundarios que integran a los transformadores de instrumentos. Para la realización de la prueba de factor de potencia a un transformador de potencia de baja tensión (14.4, 24.0, o 34.5KV) se recomienda realizar las tres pruebas que se indican en las figuras.

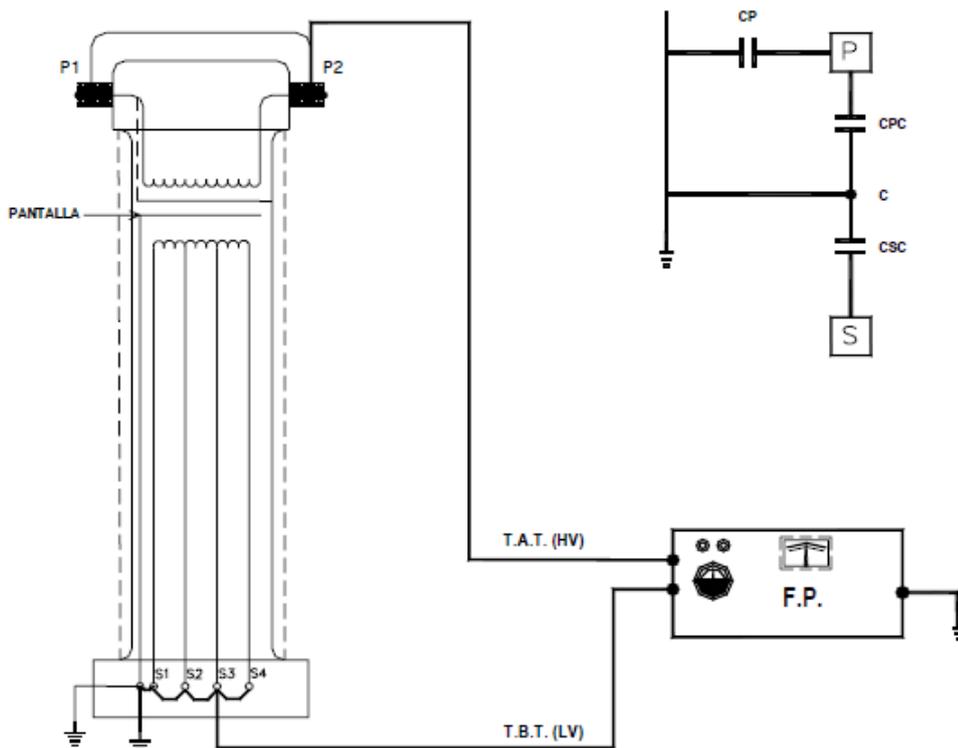
Las dos últimas de estas pruebas, se denominan "cruzadas" y determinan si algún problema está cercano a la P1 o P2. De manera similar puede probarse los T.P's para esa misma tensión con conexiones fase-tierra.

DIAGRAMAS DE CONEXIONES

Se ilustran los diagramas de conexiones para circuitos de prueba de factor de potencia a un transformador de instrumentos.

FIGURA 3.25 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA

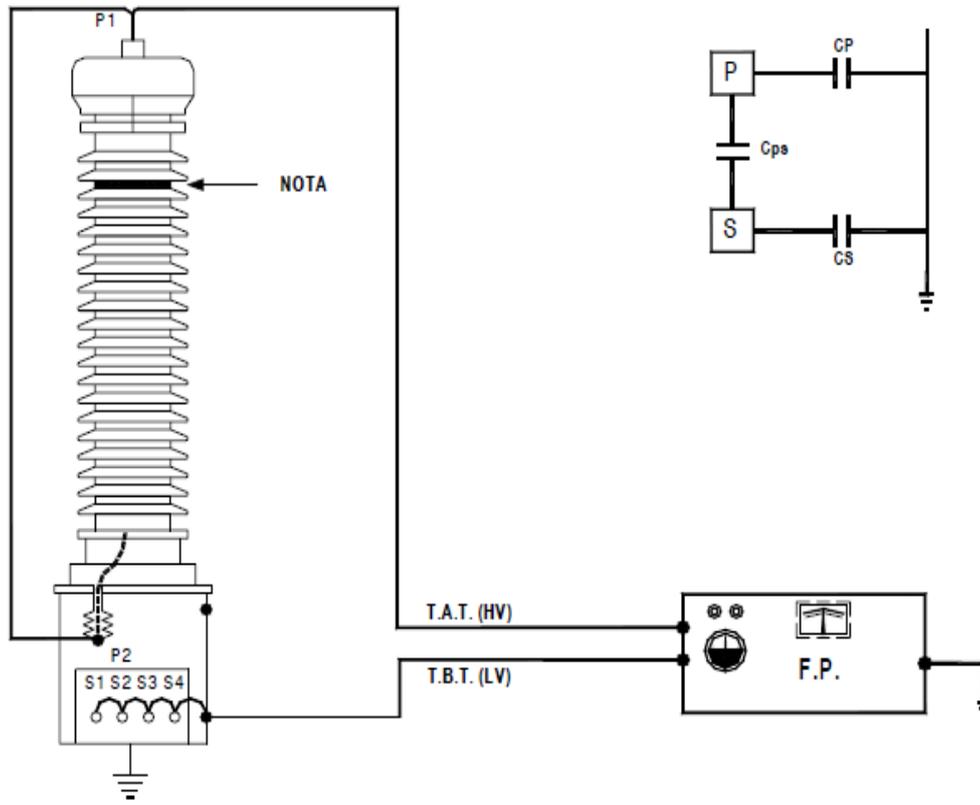


NOTA: TAMBIEN REALIZA LA PRUEBA DE COLLAR CALIENTE

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE	VOLTS PRUEBA
	T. A. T.	T. B. T.	SELECTOR		
1	P1- P2	S1, S2, S3, S4	GROUND	CP - CPC	2500
2	S1, S2, S3, S4	P1- P2	GROUND	CSC	500

FIGURA 3.26 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA

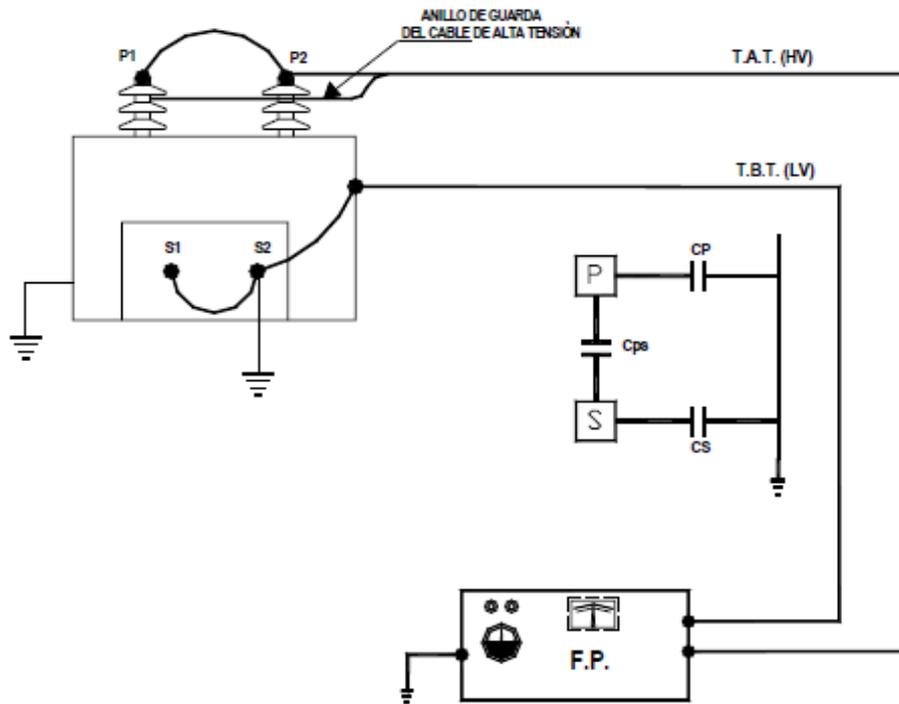


NOTA: TAMBIEN REALIZA LA PRUEBA DE COLLAR CALIENTE
 CONECTADO T.A.T y T.B.T A.P1

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE	kV PRUEBA
	T. A. T.	T. B. T.	SELECTOR		
1	P1 - P2	S1, S2, S3, S4	GROUND	CP - CPS	2.5
2	S1, S2, S3, S4	P1 - P2	GROUND	CS - CPS	0.5

FIGURA 3.27 TRANSFORMADORES DE POTENCIAL

PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA



NOTA: TAMBIEN REALIZAR LA PRUEBA DE COLLAR CALIENTE CONECTANDO T.A.T y T.B.T A P1

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE	KV PRUEBA	PRUEBA
	T. A. T.	T. B. T.	SELECTOR			
1	P1- P2	S1, S2	GROUND	CP + CPS	10 o 2.5	—
2 (CRUZADA)	P1	P2	GUARDA	CP 1	10 o 2.5	SI *
3 (CRUZADA)	P2	P1	GUARDA	CP 2	10 o 2.5	SI *

*ATERRIZAR UN SOLO BORNE

RELACION DE TRANSFORMADOR Y POLARIDAD

La prueba de relación de transformación a transformadores de corriente, también se realiza con un transformador de alta carga, y dos amperímetros.

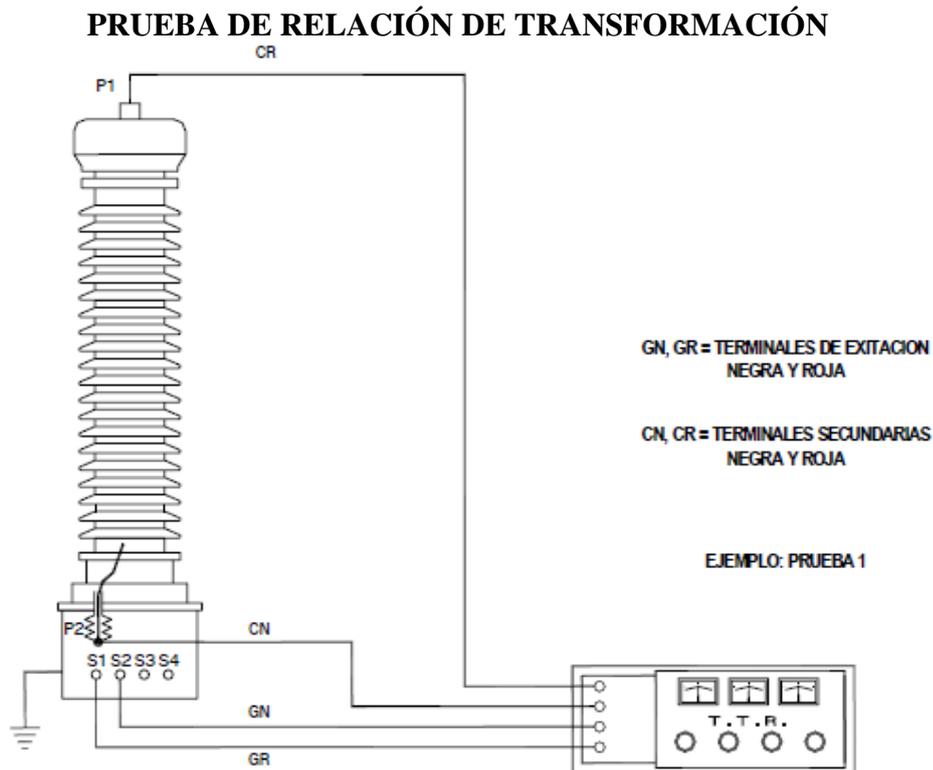
Para efectuarla es necesario puentear o cortocircuitar las terminales del devanado secundario de la relación a comprobar, aplicando al devanado primario diferentes valores de corriente pre-establecidos y midiendo las correspondientes corrientes en el devanado secundario. Conforme a los datos de placa, debe efectuarse la comprobación en las relaciones de que disponga el transformador.

Para los TC`s tipo dona de los transformadores de potencia, en los cuales P1 y P2 nos se tiene acceso directo se puede utilizar un método basado en la relación de transformación y la aplicación de voltaje en bajo rango.

DIAGRAMA DE CONEXIONES.

En las figuras 3.28a la 3.30 se muestra las conexiones para realizar esta prueba.

FIGURA .3.28 TRANSFORMADORES DE POTENCIAL

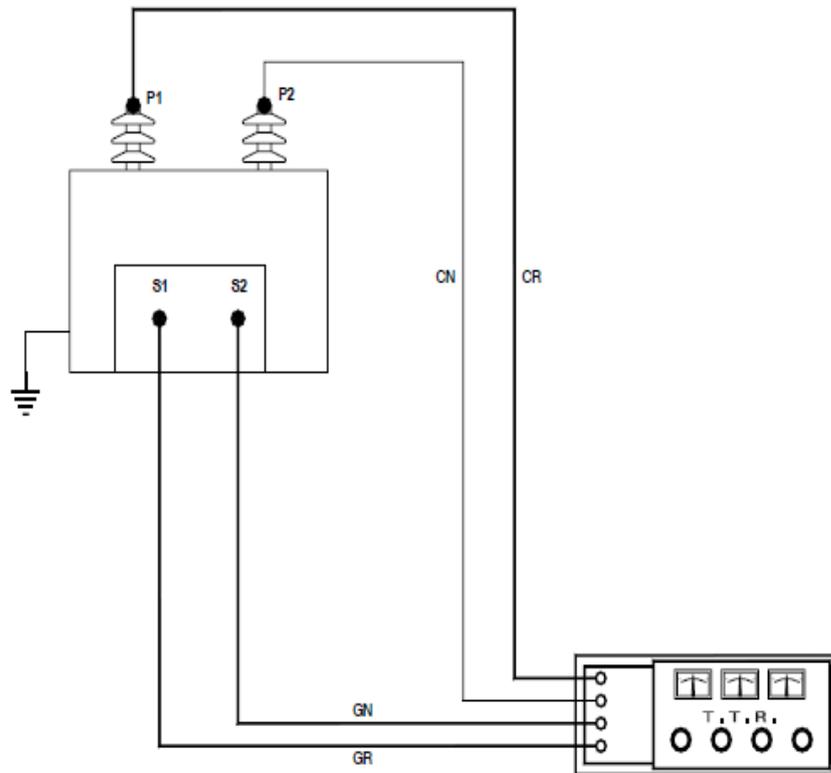


PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	CR	CN	GR	GN	
1	P1	P2	S1	S2	REL. DEVANADO 1
2	P1	P2	S3	S4	REL. DEVANADO 2

NOTA: 1 SI POR EL RANGO DE MEDIDAD DEL EQUIPO DE PRUEBA NO SE PUDIERA OBTENER LA RELACION, INTERCALAR EL TRANSFORMADOR AUXILIAR PROPIO DEL EQUIPO2.- OTRA MANERA DE CONOCER LA RELACION, ES APLICAR BAJA TENSION (127VOLTS POR EJEMPLO) Y MEDIR CON UN VOLTIMETRO DE PRECISION LA TENSION DE LAS TERMINALES S1-S2 Y S3-S4 DE LOS DEVANADOS SECUNDARIOS

FIGURA .3.29 TRANSFORMADORES DE POTENCIAL

**PRUEBA DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN
PARA T.P's CON 2 BOQUILLAS EN ALTA.TENSION**



G= TERMINALES DE EXITACION
C= TERMINALES SECUNDARIAS

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			GN
	CR	CN	GR	
1	P1	P2	S1	S2

APARTARRAYOS

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

Con la prueba de resistencia de aislamiento se detecta:

- Contaminación por humedad y/o suciedad en las superficies internas de porcelana.
- Entre-hierros corroídos.
- Dispositivos de sales de aluminio, aparentemente causados por interacción entre la humedad y los productos resultantes de efecto corona.
- Porcelana fisurada, porosa o rotas

DIAGRAMA DE CONEXIONES.

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

**FIGURA. 3.30 APARTARRAYOS EN UNA SECCION
PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO**

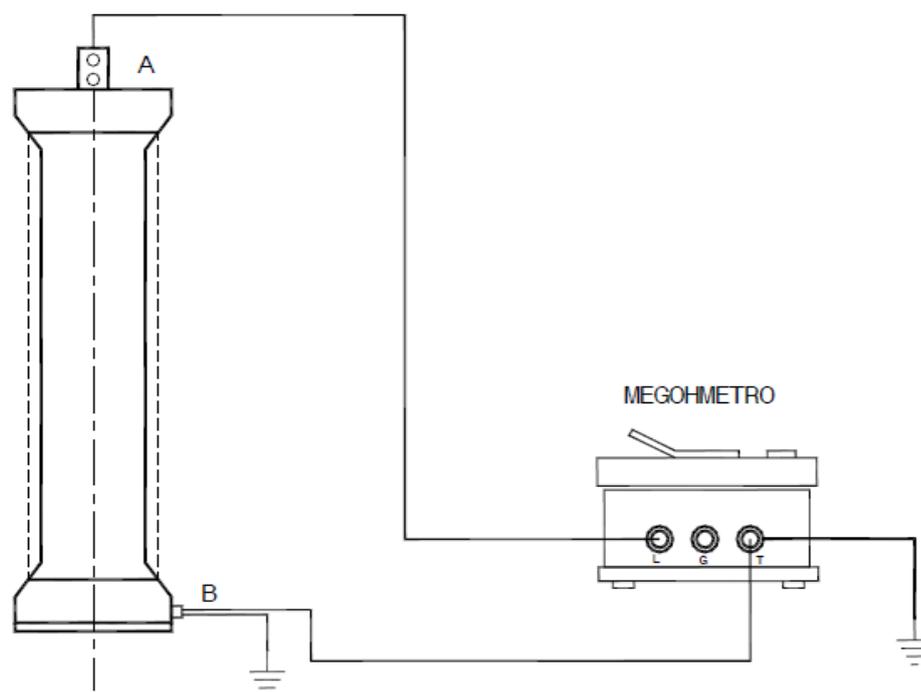
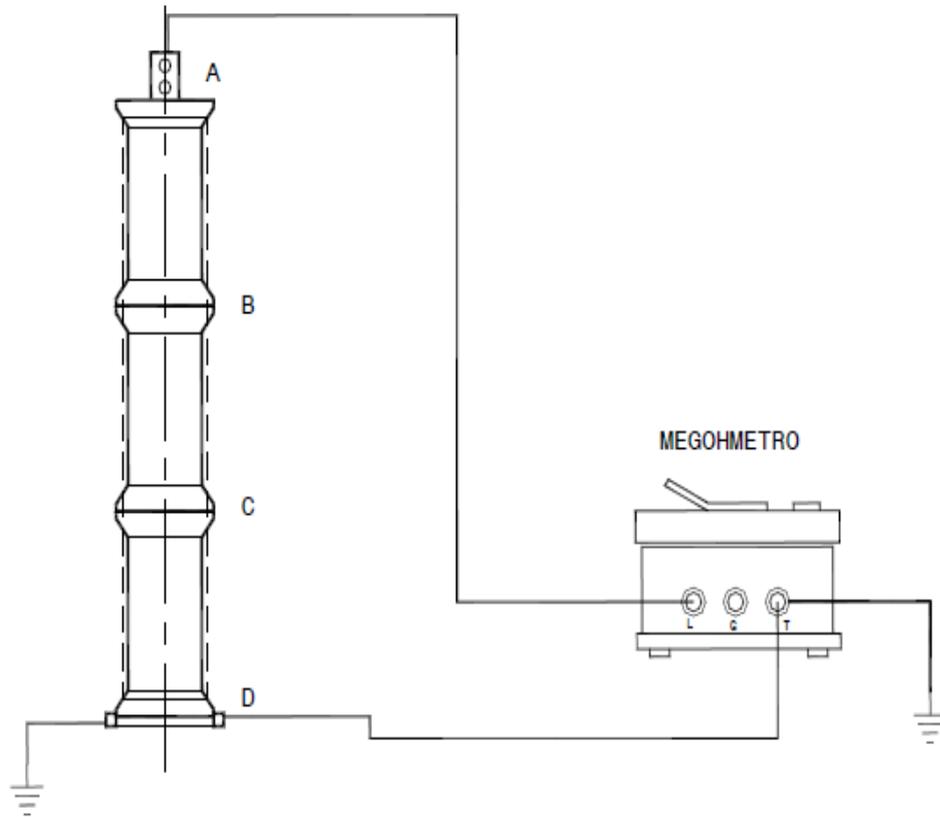


FIGURA.3.31 APARTARRAYOS VARIAS SECCIONES

PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISALAMIENTO



Prueba 1

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE	Vprueba
	LINEA	GUARDA	TIERRA		
1	A	-	D	RAD	5000 V
2	A	-	B	RAB	
3	B	A	C	RBC	
4	C	B	D	RCD	

FACTOR DE POTENCIA

El objeto de efectuar la prueba de factor de potencia en apartarrayos es detectar:

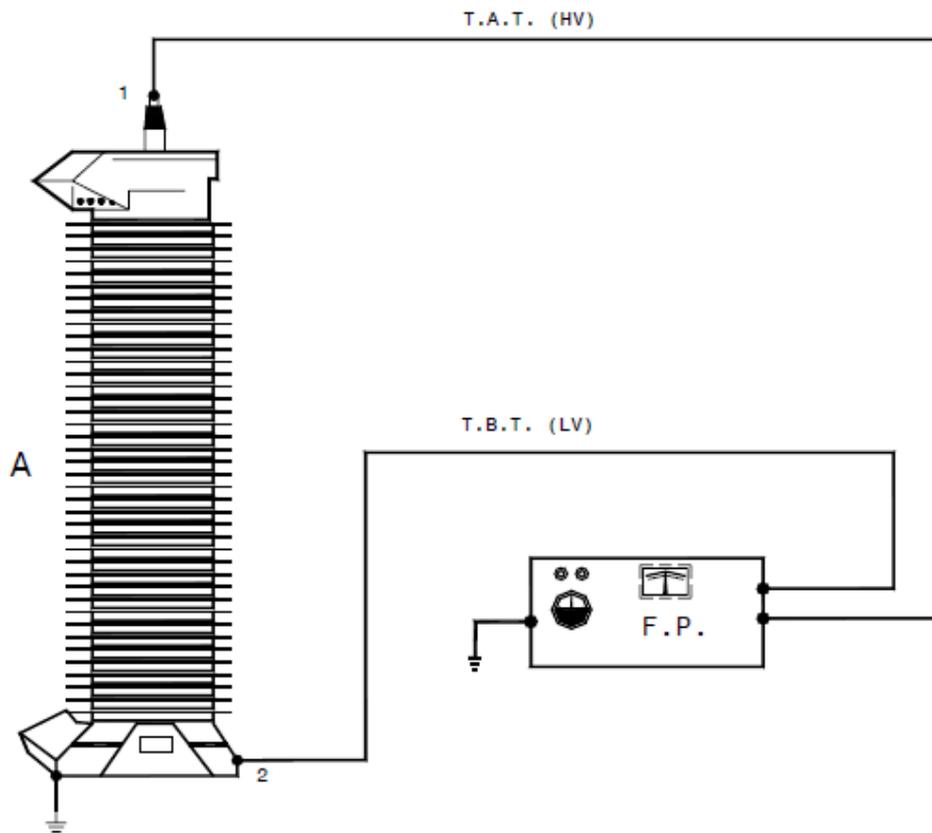
- a) Pérdidas dieléctricas
- b) Contaminación o suciedad en los elementos autovalvulares,
- c) Porcelanas despotillas porosas
- d) Envoltentes poliméricos degradados

DIAGRAMA DE CONEXIONES.

En las figuras representan las conexiones para las pruebas de una o varias secciones respectivamente.

FIGURA.3.32 APARTARRAYOS

PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA APARTARRAYOS EN UNA SECCION

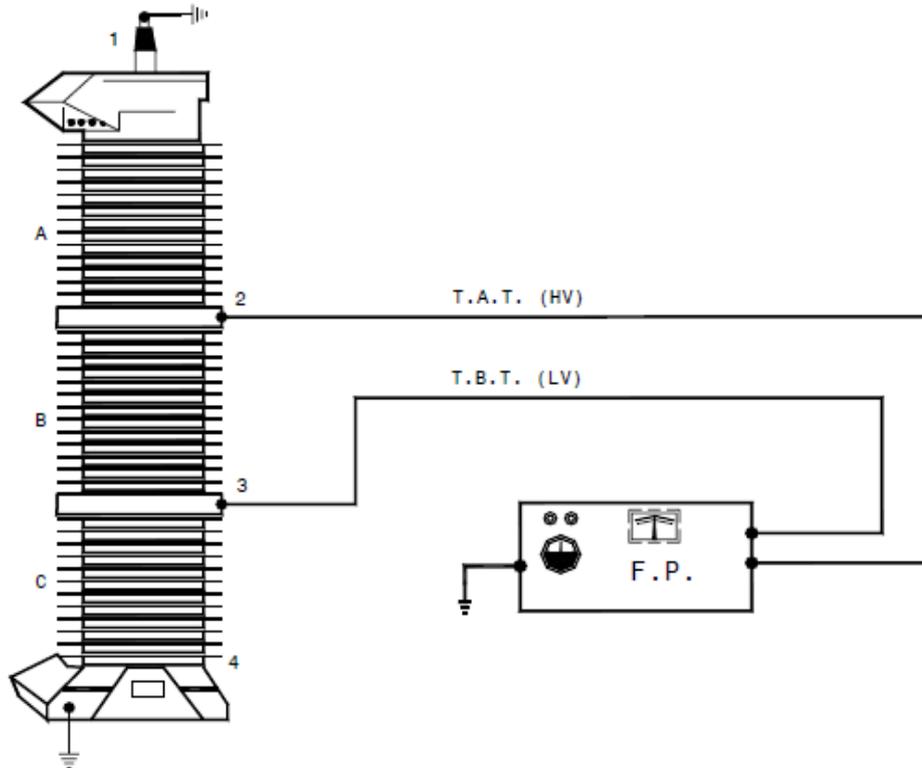


Prueba 1

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	T.A.T.	T.B.T.	SELECTOR	
1	1	2	GROUND	A
2	COLLAR	1	GROUND	PA

P= Porcelana

**FIGURA.3.33 PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA
APARTARRAYOS EN VARIAS SECCIONES**



Prueba 1

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	T.A.T.	T.B.T.	TIERRA	SELECTOR	
1	2	3	1,4	GUARDA	A
2	2	3	1,4	UST	B
3	3	2	4	GURADA	C
4	COLLAR EN A	3	1,2,4	GURDA	PA
5	COLLAR EN B	1	2,3,4,	GURDA	PB
6	COLLAR EN C	2	3,4	GURDA	PC

PA, PB, PC=Porcelana de la sección A, B, C
Collar: 2°

REACTOR

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

Esta prueba es de gran utilidad para dar una idea rápida y confiable de las condiciones del aislamiento total del transformador bajo prueba.

Las medición de esta prueba esta resistencia independientemente de ser cuantitativa también es relativa, ya que el hecho de estar influenciada por aislamientos, tales como porcelana, papel, aceite, barnice, la convierte en indicadora de la presencia de humedad y suciedad en estos materiales.

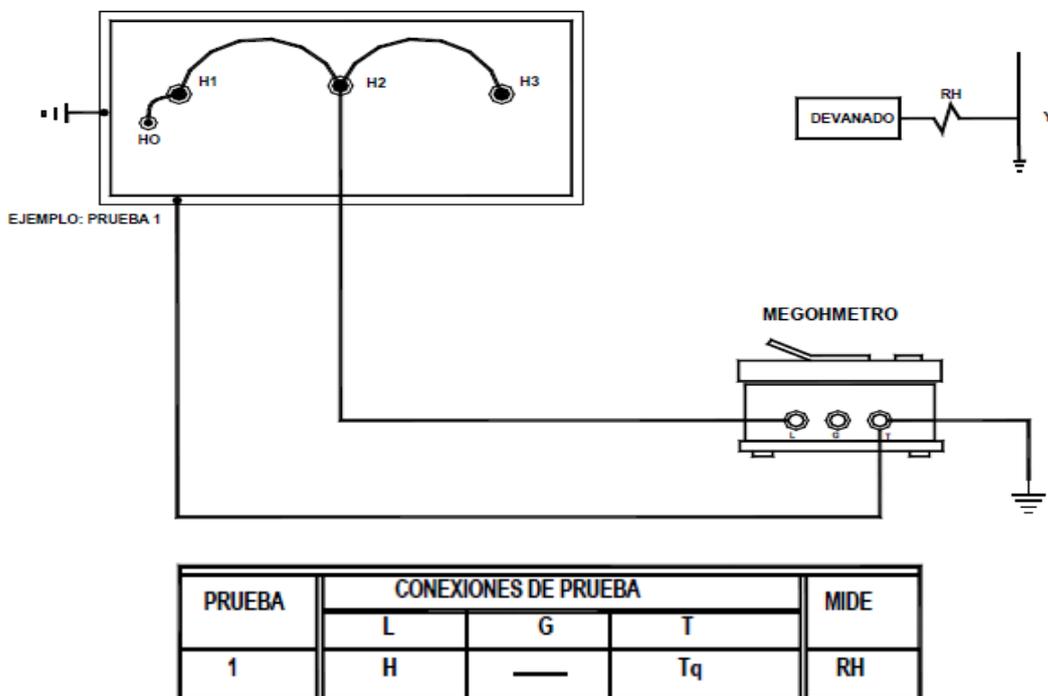
La prueba se efectúa con el medidor de resistencia de aislamiento a una tensión mínima de 1,000 volts, recomendándose realizarla a 2500 o 5000 volts y durante 10 minutos.

DIAGRAMA DE CONEXIONES

Al efectuar las pruebas de resistencia de aislamiento a los transformadores, hay diferentes criterios en cuanto al uso de la terminal de guarda del medidor. el propósito de al terminal de guarda es para efectuar mediciones en mallas con tres elementos (devanados de A.T., devanado B.T. y tanque)

Las conexiones para reactores se muestran en las siguientes figuras

FIGURA.3.34 REACTOR
PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO



EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO Tq = TANQUE

FACTOR DE POTENCIA

El factor de potencia es otra manera de evaluar y juzgar las condiciones del aislamiento de los reactores, es recomendado para detectar humedad y suciedad en mismo.

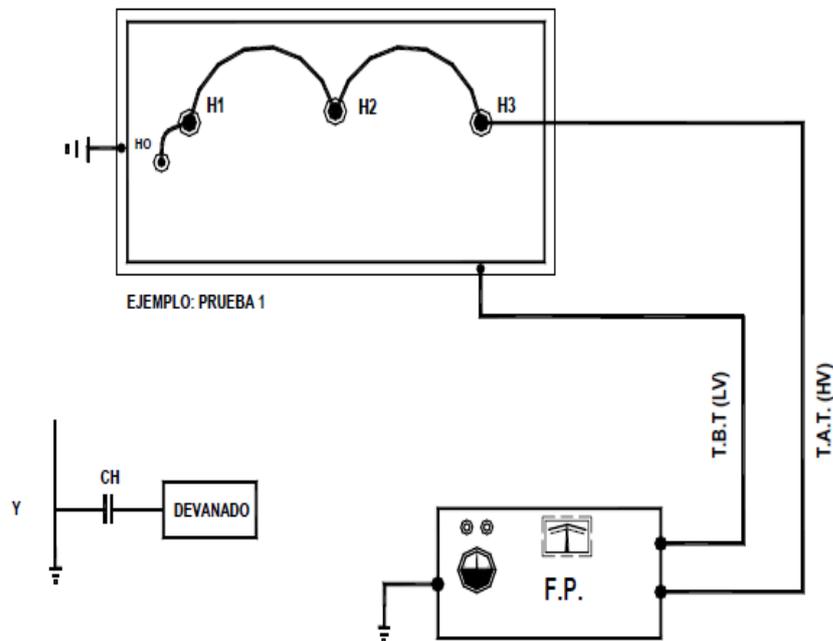
DIAGRAMA DE CONEXIONES

Estando ya preparado el medido, conectar las terminales de prueba del equipo al transformador. La terminal de alta tensión del medidor, conectar al devanado por probar y la terminal de baja tensión a otro devanado.

En las siguientes figuras se indican las conexiones de los circuitos de prueba de Factor de Potencia para Reactores.

FIG. 3.35 REACTOR

PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	T.A.T.	.T.B.T.	SELECTOR	
1	H	Tq	GROUND	CH

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO Tq= TANQUE

BIBLIOGRAFIA:

- 1-AUTOR: RAUL MARTIN JOSE
DISEÑO DE SUBESTACIONES ELECTRICAS
2ª EDICION, MEXICO UNAM FACULTAD DE INGENERIA 2000
- 2-AUTOR: ENRIQUE HARPER GILBERTO
ELEMENTOS DE DISEÑO DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS
2ª EDICION, MEXICO LIMUSA 2004
- 3- AUTOR: ENRIQUE HARPER GILBERTO
MANUAL DEL TECNICO EN SUBESTACIONES ELECTRICAS
1ª. EDICIÓN, MEXICO LIMUSA 2008
- 4-NRF-003 APARTARRAYOS DE ÓXIDOS METÁLICOS PARA SUBESTACIONES
- 5-ESPECIFICACIÓN CFEV4200-12-2003 CUCHILLAS DE 15 A 145 kV MANUALES
- 6-NRF-022 INTERRUPTORES DE POTENCIA DE 72,5 A 420KV
- 7-NRF-026 TRANSFORMADORES DE POTENCIA INDUCTIVOS PARA SISTEMAS NOMINALES 13.8KV A 400KV
- 8-NRF-027 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE PARA SISTEMAS kVA 400 kV
- 9-ESPECIFICACIÓN CFE K0000-13-2006 TRANSFORMADOR DE POTENCIA
- 10-ESPECIFICACIÓN CFE-V0000-60-1999 REACTORES

CONCLUSIÓN:

Sabiendo que no tenemos un amplio conocimiento de las pruebas de campo, durante el proceso de instalación del equipo de una subestación y sobre todo al final, cuando se procede a la puesta en servicio de la instalación, es necesario efectuar una serie de pruebas para determinar el estado final del equipo de la subestación eléctrica de Distribución y de Potencia.

A los equipos primarios de la subestación tales como (Transformador de Potencia o de Distribución, Interruptor, Apartarrayos, Cuchillas, Reactor, Transformador de Instrumentación,). Se realizan pruebas preoperativas, de mantenimiento, para determinar las condiciones operativas en que se encuentran.

Al estudiar y conocer las pruebas por separadas cada una de ellas (Resistencias de Aislamiento, Factor de Potencia, Resistencia de Contactos, Tiempo de Operación de un Interruptor, Relación de Transformador) me percate que los ingenieros de las subestaciones tiene un control de las pruebas y del mantenimiento que requiera cada equipo para contener o disminuir las posibilidad de las fallas y sus salidas prematuras de los equipos y tener un mejor servicio y saber sus condiciones de funcionamiento y así requieran para entender las necesidades de suministro de energía eléctrica para los consumidores.

Teniendo en cuenta que las pruebas se requieren un equipo de Medición como son (Resistencia de Aislamiento de 2.5 o 5kV, Factor de Potencia 2.5 o 10kV, TTR, Resistencia de Contactos), para ayudar a realizar dichas pruebas y comprendiendo que el avance tecnológico de hoy en día, los equipos de medición ha avanzado también por lo que es necesario el ingeniero de pruebas este actualizado y familiarizado con esta tecnología de los equipos de medición.

Teniendo en cuenta que es una pequeña reseña de lo evolucionan los equipos primarios de las subestaciones les pueda servir a mis compañeros y a los futuros ingenieros de las pruebas que quieran conocer los procedimientos de las pruebas y de los equipos de medición que se utilizan.