



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS ARAGON

MANTENIMIENTO A SUBESTACIONES ELECTRICAS
COMPACTAS EN HOSPITALES

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :
MIGUEL MEDINA SALAS

ASESOR: ING. RAUL BARRON VERA

MEXICO

2004



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIAS

A MI MADRE

Sé que en el cielo recibirás con satisfacción este trabajo, que gracias a ti he logrado, porque siempre estuviste a mi lado llenándome de cariño, apoyándome y enseñándome el camino para llegar hasta el final. Gracias mami, porque siempre estarás presente en mi corazón.

A MI PADRE

Dios te bendiga papi porque eres un hombre maravilloso, porque con tu ejemplo y sabiduría siempre me has guiado por el buen camino, en verdad que la vida me premio al darme el padre que tengo.

A MI ESPOSA

Hace algunos años ilusionado espere se llegara el día de estar a tu lado, te alojaste en mi corazón y siempre estas en mis pensamientos, te amo con toda el alma Laura y mil gracias por todo lo que me has dado.

A MIS HIJOS

A Karen y Mickey por ser la bendición más grande que Dios me ha dado, de día y de noche siempre han iluminado mi corazón, los amo.

A MIS HERMANOS

Porque jamás he dejado de tenerles el gran cariño que siempre he sentido por todos y cada uno de ustedes, Lilia, Inés, Luis y Claudia.

A MI SUEGRA

Por el gran cariño que le tengo, le doy gracias por abrirme las puertas de su casa y dejarme entrar en su corazón.

A MIS CUÑADAS

Les dedico este trabajo con mucho cariño, porque han sido una parte muy importante en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Campus Aragón, por la formación recibida.

Agradezco al Ing. Raúl Barrón Vera la asesoría recibida, la cual fue de particular importancia en el desarrollo de este trabajo.

Agradezco a mis sinodales y profesores por su enseñanza, conocimientos y sus valiosas indicaciones para la realización de esta tesis.

INDICE

	pagina
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I GENERALIDADES	4
I.1 Clasificación de subestaciones	
I.2 Principios de utilización	
I.3 Elementos que conforman una subestación	
I.4 Tipos de mantenimiento	
I.5 Clasificación de pruebas	
CAPITULO II MANTENIMIENTO	26
II.1 Preliminares	
II.2 Equipo y herramienta	
II.3 Medidas de seguridad	
II.4 Trabajos de mantenimiento	
II.5 Supervisión de los trabajos	
II.6 Secuencia de operación para la puesta en marcha	
CAPITULO III PRUEBAS	44
III.1 Interruptores de potencia	
III.2 Transformadores de instrumento	
III.3 Apartarrayos	
III.4 Cuchillas desconectadoras	
III.5 Cables de potencia y accesorios	
III.6 Red de tierras	
CAPITULO IV ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO	98
IV.1 Costo estimado del mantenimiento preventivo – interrupción del servicio	
CONCLUSIONES	104
BIBLIOGRAFÍA	105

INTRODUCCION

Es una preocupación constante la del Sector Salud, el incrementar el volumen de los servicios que se prestan, el mantener y mejorar ininterrumpidamente la calidad de los mismos, para alcanzar la operación continua, confiable, segura y económica en la totalidad de las instalaciones que los hospitales tienen establecidas para el otorgamiento de sus servicios.

Se realiza un cuidadoso análisis de los sistemas puestos en operación, los beneficios que conlleva, así como sus consecuencias en caso de que llegaran a fallar, elaborándose un plan general y programas específicos, dentro de cada una de las instalaciones, equipos y sistemas, para lograr convertir el mantenimiento correctivo en mantenimiento preventivo, lo que además de abatir sustancialmente sus costos, garantizando la eliminación de riesgos y la continuidad de los servicios que se otorgan a la población.

Para lograr desde el punto de vista técnico, se establece un sistema de mantenimiento preventivo, el cual se lleva a cabo dentro de los hospitales a fin de no interrumpir los trabajos, hacer que las instalaciones y equipos duren mucho más tiempo, que las reparaciones sean menos costosas y que no se tengan riesgos en la suspensión de actividades que ponga en peligro la vida de los pacientes y el personal que labora dentro de los inmuebles hospitalarios.

El mantenimiento preventivo garantiza la operación confiable de los sistemas que en nuestro caso en particular se relacionan con la energía eléctrica, para que el personal que opera equipos médicos realice sus actividades sin riesgo alguno, para que los pacientes que son atendidos cuenten en todo momento con instalaciones seguras sin interrupciones de energía que pongan en riesgo su integridad personal y/o que siempre se cuente con la correcta operación de los equipos que garanticen su atención.

En los hospitales se cuenta con diversos sistemas de instalaciones tales como redes de vapor, de agua, de gases medicinales, equipos de proceso, un sin número de equipo médico que todos dependen del suministro de energía eléctrica de forma permanente y estable, por lo que en un gran porcentaje la correcta, segura y permanente atención en los nosocomios dependen de contar con una fuente de energía segura y confiable.

Por lo anterior, en el presente se trataran los puntos y aspectos más relevantes y sobresalientes a considerar para la realización del mantenimiento a las subestaciones eléctricas en unidades hospitalarias, con el objeto de ampliar y/o ratificar los conocimientos a los interesados en la aplicación del mantenimiento a este tipo de equipo eléctrico, considerando las actividades preliminares, medidas de seguridad, procedimientos, resultados y todos aquellos elementos implícitos en la realización de este tipo de trabajos.

En el capítulo I del presente documento se muestra lo que es una subestación eléctrica, sus componentes, los tipos de mantenimiento que se aplican y la clasificación de las pruebas que se realizan a los equipos, en el capítulo II se describe básicamente el proceso a seguir y los requerimientos para llevar a cabo el mantenimiento de las subestaciones eléctricas, en el caso del capítulo III se describen algunas de las pruebas que se pueden realizar a este tipo de equipo eléctrico, mientras que en el capítulo IV se realizó un planteamiento del costo del mantenimiento en comparación con la interrupción del servicio por falta de atención.

CAPITULO I

GENERALIDADES

I.1 CLASIFICACION DE SUBESTACIONES

Se le denomina como subestación, a la instalación destinada a recibir la energía eléctrica, en alta tensión de la compañía suministradora, y esta a su vez trasmitirla al transformador de potencia para reducirla a la de operación de los servicios, contando con desconectadores de corriente y protecciones de sobrecargas.

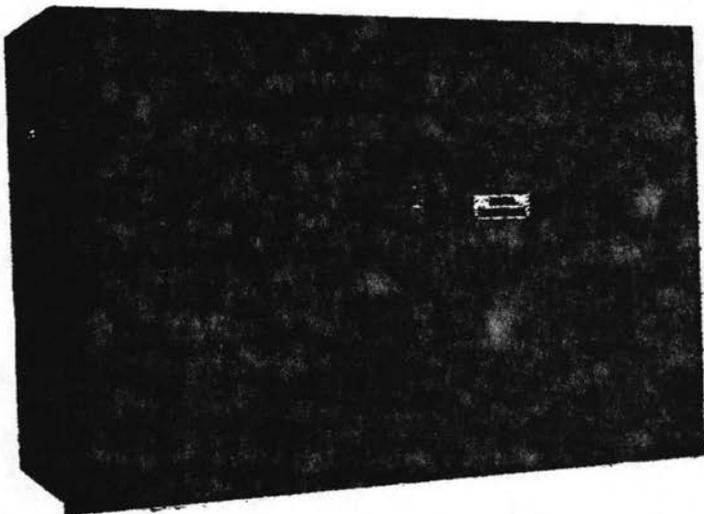


FIGURA 1
SUBESTACIÓN COMPACTA TIPO INTERIOR

Se construyen subestaciones de diferentes capacidades que se denominan en KVA, para diferentes voltajes denominados en KV, y se dividen en:

➤ **Subestación tipo Intemperie:**

La cual tiene elementos aislantes para soportar la lluvia sin dejar de cumplir su función. La Subestación de gabinete necesita tener los elementos desconectores más complejos para evitar la ionización del aire en el interior del gabinete donde no hay ventilación.

➤ **Subestaciones tipo Interior con gabinete:**

Estas se alojan en áreas cerradas llamadas cuarto de subestación, donde también se encuentran otros equipos eléctricos.

Los gabinetes de las subestaciones tipo interior son metálicos de acero para poder resistir el efecto de cualquier corto circuito en su interior, por diseño cuentan con medidas mínimas para que las barras de cobre que conducen la corriente eléctrica guarden una distancia entre ellas y la tierra de tal manera que impida el arco eléctrico, dado que en ella se maneja alta tensión.

Los gabinetes tienen puertas con mirillas de vidrio, estas deben permanecer cerradas mientras exista energía eléctrica en su interior, incluso el mecanismo del interruptor automático no permite que se abra la puerta hasta haber sido desconectado.

En el interior del gabinete la corriente se conduce por medio de barras de cobre, estas se soportan en elementos aislantes (aisladores), rígidos y capaces de impedir paso de corriente a tierra.

El gabinete y sus partes metálicas estructurales de soporte de las cuchillas e interruptor, están conectadas por medio de conductores a una tierra física de baja resistencia, para así poder conducir sin riesgo cualquier corto circuito a tierra, además de las cargas electrostáticas.

1.2 PRINCIPIOS DE UTILIZACIÓN

Con el fin de lograr una mejor regulación en las tensiones de utilización de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro y de la Comisión Federal de Electricidad, las unidades hospitalarias requieren de la utilización de subestaciones eléctricas, a continuación se ilustra el diagrama eléctrico unifilar de una subestación.

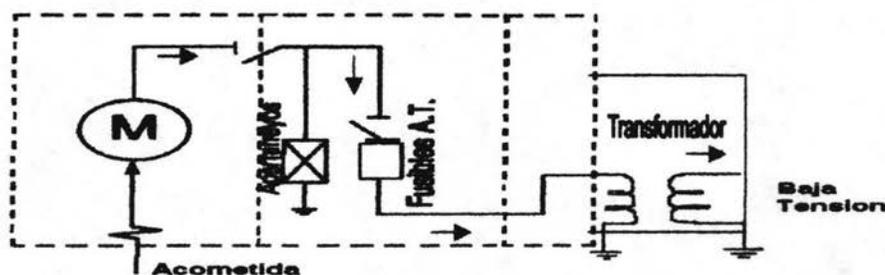


FIGURA 2
DIAGRAMA UNIFILAR DE UNA SUBESTACIÓN

En el diagrama anterior se aprecia de acuerdo al sentido de las flechas como fluye la energía eléctrica en alta tensión pasando primeramente por el equipo de medición, posteriormente por unas cuchillas, luego por otro interruptor que cuenta con fusibles y finalmente sale hacia el transformador, el cual en su salida proporciona baja tensión. También en dicho unifilar se aprecia el arreglo de los apartarrayos, mismos que están conectados directamente a un sistema de tierras.

I.3 ELEMENTOS QUE CONFORMAN UNA SUBESTACION

Básicamente en el caso de las Subestaciones Eléctricas Compactas tipo Interior están divididas en las siguientes tres partes:

➤ **Gabinete de Acometida:**

Es la sección donde se reciben los cables por parte de la compañía suministradora de energía eléctrica, además de alojar el equipo de medición, en la figura 3 se aprecia dicho gabinete.

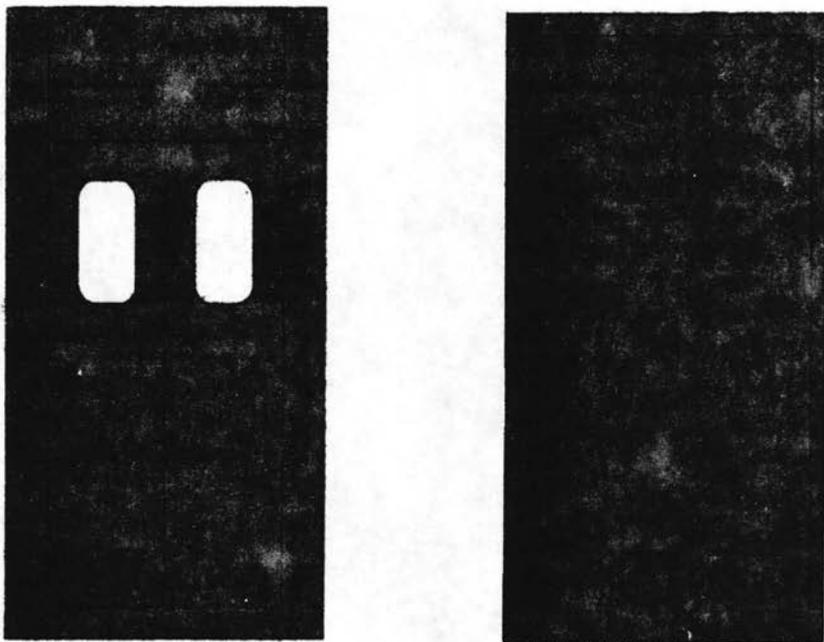


FIGURA 3
GABINETE DE ACOMETIDA

➤ **Gabinete de Cuchillas de Servicio:**

En este se alojan las cuchillas que se abren para cortar el voltaje y poder dar servicio al resto del equipo, estas cuchillas no están diseñadas para abrir con carga, pues provocan un arco eléctrico altamente destructivo. En algunas instalaciones de este tipo de gabinetes contienen cuchillas de prueba, para poder revisar el correcto funcionamiento del equipo de medición, en la siguiente figura se ilustra esta sección de la subestación.

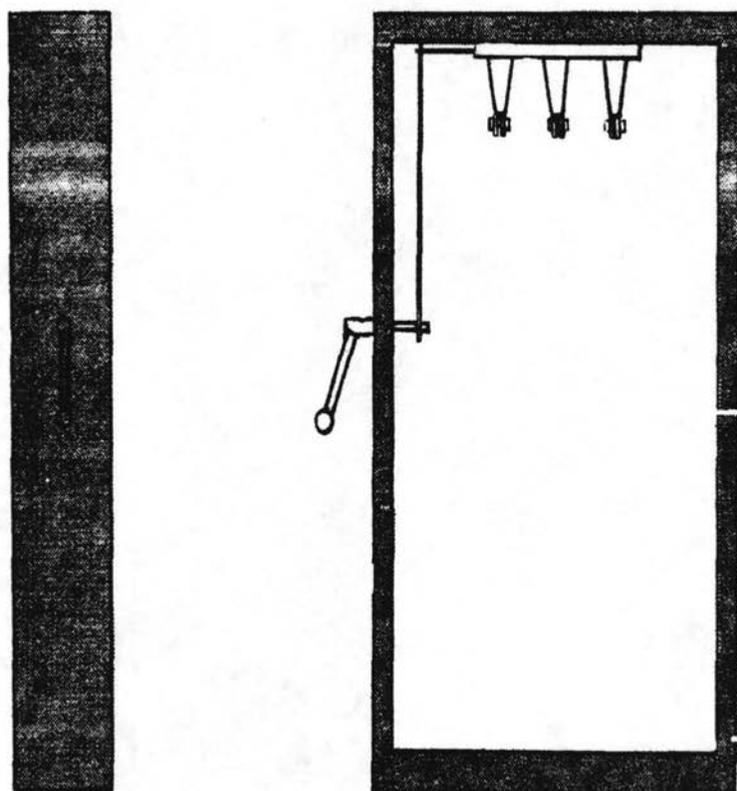


FIGURA 4
GABINETE DE CUCHILLAS DE SERVICIO

➤ **Gabinete de Interruptor con apartarrayos:**

Aquí se instala un interruptor automático con fusibles de sobrecarga, cuchillas de corte y conexión rápida, que protege contra sobrecargas, cortos circuitos y descargas de alta tensión, teniendo en las cuchillas cámara de extinción de arco que permiten de este modo abrir la línea.

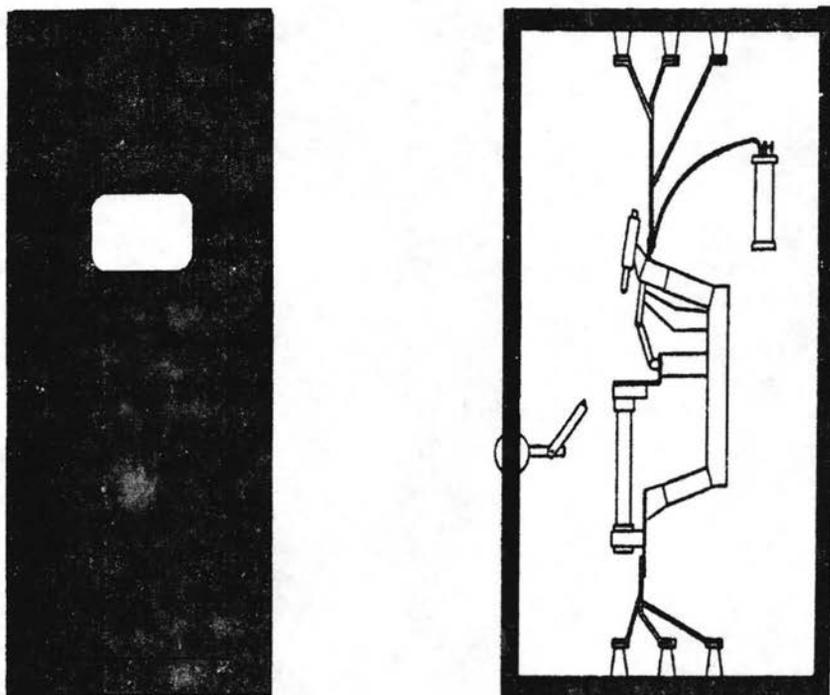


FIGURA 5
GABINETE DE INTERRUPTOR CON APARTARRAYOS

➤ **Cuchillas de servicio:**

Las cuchillas son dispositivos de maniobra para operación sin carga en redes de alta tensión, su operación es manual en grupo por medio de la pértiga o accionamiento de disco, sus elementos de conexión se hallan firmemente montados sobre los aisladores y sobre una placa de lámina de acero.

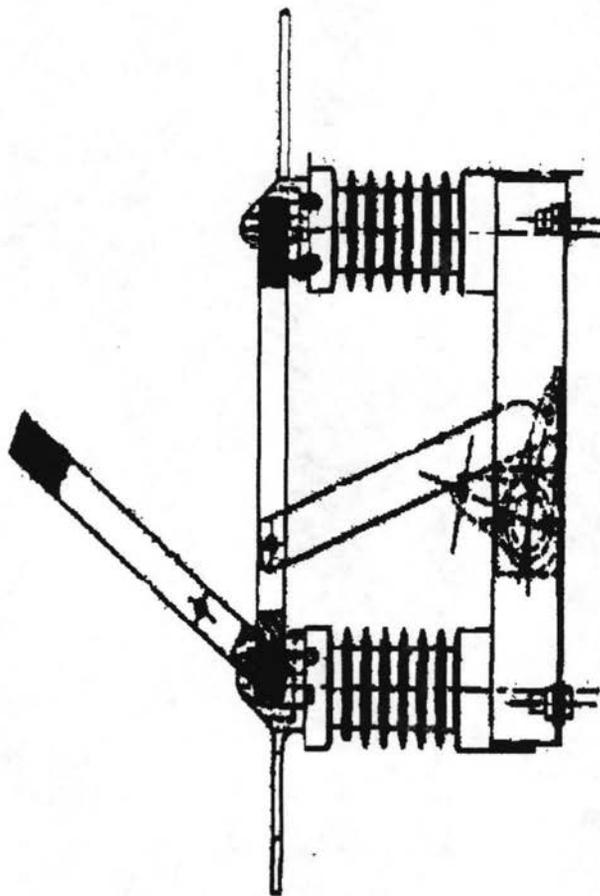


FIGURA 6
CUCHILLAS DE SERVICIO

Los accionamientos se operan por medio de palancas de mando, las cuales se introducen en la abertura de la parte de accionamiento en forma de disco. Los accionamientos de disco están enclavados en las posiciones "I" y "0" y son

desenclavados por medio de la palanca de mando, la cual tiene para tal objetivo en la punta inferior un estrechamiento, así como una marca roja en forma de anillo; La palanca de mando se introduce sobre el punto de ataque hasta la marca roja y así se puede accionar de manera segura las cuchillas de servicio, que como su nombre lo dice estas son accionadas cuando se le va a dar mantenimiento a la subestación, mismas que no deben ser operadas mientras la subestación se encuentre con carga.

➤ **El interruptor automático tripolar:**

De alta tensión tiene como propósito fundamental proteger la instalación de los efectos de un corto circuito o sobre carga, cuenta con tres fusibles, diseñados para fundirse con una carga muy alta, sin causar daños. Cuando por algún corto circuito se funde un fusible el Interruptor abre sus tres cuchillas en forma automática proporcionando así una protección efectiva.

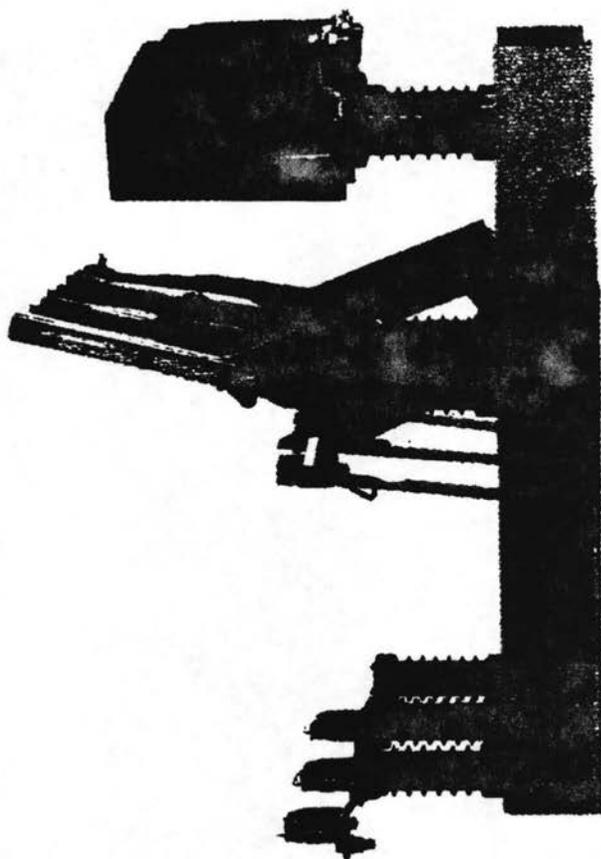


FIGURA 7
INTERRUPTOR AUTOMATICO TRIPOLAR

➤ **Fusibles:**

Los fusibles de alta tensión y alta capacidad interruptiva, son elementos limitadores de corriente y protegen a los equipos de los efectos mecánicos y térmicos de cortocircuito. Debido al muy corto tiempo de fusión, las elevadas corrientes de cortocircuito son efectivamente limitadas en valor. Recobrando las tensiones pico a valores

previstos por la constitución del fusible. El valor más pequeño de la corriente de ruptura se alcanza con 2.3 a 3 veces el valor de la corriente nominal del fusible.



FIGURA 8
FUSIBLES

Cuando actúa el fusible emerge un percutor, este da señal de la alarma indicadora o actúa el disparo del interruptor de desconexión con carga. La fuerza que impulsa el percutor es de aproximadamente de 12 kgf, después de recorrer aproximadamente 20 mm actúa con una fuerza de

6 kgf, para la selección de los fusibles además de considerar las gráficas respectivas de las curvas características de fusión, se debe tomar en cuenta lo siguiente: a) la tensión máxima del sistema, b) corriente nominal del transformador o la corriente mas elevada en el sistema en el punto de la instalación y c) corriente máxima pico normal. Los fusibles deben seleccionarse de tal forma que impidan su disparo debido a las corrientes de arranque del sistema.

➤ **Aisladores:**

Estos están fabricados de resina sintética y en ambos extremos frontales están fundidos nipples de rosca, por la alta resistencia de la resina contra influencias climatologicas y su forma acanalada, son usados como aisladores de apoyo.



FIGURA 9
AISLADORES

➤ **Apartarrayos:**

En la parte posterior del seccionador, se hallan instalados tres apartarrayos auto valvulares que funcionan como la protección contra sobre tensiones.

➤ **Sistema de tierras:**

El sistema de tierras esta conformado por una serie de varillas coperwell distribuidas en el local donde se encuentra la subestación eléctrica y que se encuentran conectadas entre sí mediante conductores desnudos, así como también están conectados a dicha red todos los equipos que se encuentran en el local.

El sistema de tierras tiene diferentes funciones, todas encaminadas a la protección del inmueble, equipos y personal que se encuentra en contacto con el sistema. La protección que brinda, se puede dividir en las tres siguientes grandes secciones.

1. Dar protección y ayuda al funcionamiento del sistema eléctrico, que es necesario para poner en funcionamiento maquinaria y equipo que se utiliza en todos los hospitales.
2. Dar protección eliminando condiciones de electricidad estática, que a su vez pueden producir chispas y provocar incendios por la presencia de materiales combustibles.
3. Dar protección al sistema eléctrico contra las condiciones de descargas atmosféricas que pudieran dañar equipos, personas o en determinado momento provocar incendios.

I.4 TIPOS DE MANTENIMIENTO

Mantenimiento:

Mantenimiento es el conjunto de las actividades desarrolladas con el fin de conservar las propiedades de los inmuebles, equipos, instalaciones, herramientas, etc. En condiciones de funcionamiento seguro, eficiente y económico.

El análisis de los múltiples problemas que se han presentado en el mantenimiento, ha determinado la aplicación de los sistemas de mantenimiento clasificados en tres grupos: correctivo, preventivo y predictivo. Las actividades de mantenimiento tienen dos aspectos el técnico y el económico, con el primero llegamos al objetivo inmediato del mantenimiento que es conservar en condiciones de funcionamiento seguro, eficiente y confiable las propiedades de los equipos para no interrumpir sus servicios y con el segundo al objetivo básico del mantenimiento es contribuir por los medios disponibles a sostener lo más bajo posible el costo de operación de los equipos.

Mantenimiento correctivo:

Es el que se emplea cuando se desconocen los beneficios de una programación de los trabajos de mantenimiento, el cual consiste en corregir las fallas cuando se presentan, ya sea por síntomas claros y avanzados o por la falla total del equipo.

Este mantenimiento origina cargas de trabajo incontrolables, que causan actividades intensas y lapsos sin trabajo, cuando las necesidades son imperiosas obligan al pago de horas extras, no se controla la productividad, se interrumpe el servicio, hay necesidad de comprar todos los materiales en un momento dado a costos muy elevados, a adquirir refacciones de baja calidad o que no sean las adecuadas. En resumen, son algunas de las consecuencias lógicas que se presentan cuando se sufre un daño inesperado en algún equipo o instalación.

Este tipo de mantenimiento impide el diagnóstico exacto de las causas que provocan la falla, pues se ignora si fallo por maltrato, por abandono, por desconocimiento de manejo, por desgaste natural, por mala operación o maniobra, etc.

Por tal motivo son muchos los aspectos negativos que trae consigo este tipo de mantenimiento, el cual se recomienda se aplique únicamente en caso de emergencia.

Mantenimiento preventivo:

Su característica principal es la de detectar las fallas en su fase inicial y corregirlas en el momento oportuno.

Para aplicar el mantenimiento preventivo se requiere de un alto grado de conocimiento y organización eficiente. Una buena organización de conservación, que aplique el mantenimiento preventivo, logra experiencia en determinar la causa de fallas repetitivas o el tiempo de operación segura de algunos componentes, o bien llega a conocer puntos débiles de instalaciones, equipos, máquinas, etc.

Los resultados directos que se pueden prever son los siguientes:

1. Los trabajos están señalados en las fechas debidas
2. Da tiempo para programar y preparar las reparaciones
3. Da como resultado un funcionamiento más eficiente

4. Aumenta la productividad
5. Disminuye los riesgos
6. Estimula la moral de los trabajadores
7. Aumenta la vida útil de las instalaciones, maquinarias, equipos, herramientas, etc.

El mantenimiento preventivo es aplicado en la actualidad en todas las instalaciones hospitalarias, ya que también cuenta con las siguientes ventajas.

Confiabilidad:

Las propiedades sujetas a mantenimiento operan en mejores condiciones de seguridad puesto que se conoce su estado físico y sus condiciones de funcionamiento; esto es importante en una institución de servicios médicos, ya que en su mayoría los equipos son soporte de vida.

Disminución del tiempo muerto:

El tiempo que los equipos e instalaciones permanecen fuera de servicio llega a ser menor cuando se aplica el mantenimiento preventivo, en comparación con el correspondiente a mantenimiento correctivo, además el programar el mantenimiento reduce los riesgos en el servicio médico que se brinda.

Mayor vida útil:

Los equipos e instalaciones sujetos a mantenimiento preventivo tendrán una vida útil sensiblemente mayor que la que tendrán los que están sujetos al *mantenimiento correctivo*.

Uniformidad en la carga de trabajo:

La carga de trabajo para el personal de conservación en un sistema de mantenimiento preventivo es más uniforme que en un *sistema de mantenimiento correctivo* y en consecuencia, con la misma cantidad de personal (horas hombre) se pueden prestar mayor número de servicios.

Mantenimiento predictivo:

El mantenimiento predictivo es más que un método de trabajo, se basa fundamentalmente en detectar una falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregirla sin perjuicio al servicio, se usan para ello instrumentos de diagnóstico y pruebas no destructivas.

De hecho el personal eléctrico experimentado que inspecciona continuamente los locales donde se tienen en operación diferentes equipos eléctricos, conoce el ruido que presentan los mismos, o el que revisa con la mano que tan caliente esta un tablero, o que tan desalineada esta la aguja de un voltímetro, el que inspecciona con un termómetro infrarrojo y encuentra un calentamiento excesivo en un devanado de un transformador, o

aquellos sensores eléctricos que mediante una alarma visual o sonora indican alguna variación de los parámetros de algún equipo eléctrico.

En la actualidad existe una diversidad de instrumentos y sistemas de diagnóstico básicamente que han acabado con muchos problemas, entre los cuales podemos indicar los siguientes:

1. Sustituir en forma rutinaria partes costosas solo para estar del lado seguro.
2. Adivinar que tiempo les queda de vida a las partes sujetas a desgaste o envejecimiento por ejemplo: baleros, aislamientos, tanques, etc.
3. Preguntarse si un operario estará realmente siguiendo las instrucciones de operación.
4. Suspender el servicio, fuera de programa, por fallas imprevistas.

Conjugación de los tipos de mantenimiento que se dan en los hospitales:

Lo más razonable es que los problemas de mantenimiento se planteen con una reorganización, sustituyendo prácticas rutinarias por un programa de carácter preventivo, correctivo y

predictivo, para poner en práctica esta reorganización es necesario:

1. Recopilar toda la información posible sobre el equipo que vamos a proteger, elaborando una ficha técnica, donde además aparezcan datos como valor, ubicación, periodo, pruebas de fabrica realizadas, refacciones, etc.
2. Establecer ciclos de vigilancia y habilitar los registros de inspección de trabajos realizados en conceptos de mantenimiento, reparación y cambio.
3. Establecer un programa de capacitación del personal de mantenimiento, apoyado en las necesidades reales de atención al equipo y emanado de las rutinas de mantenimiento preventivo, justificadas por las recomendaciones de los fabricantes de equipos y las características propias del mismo.
4. Un examen crítico para poner en evidencia los elementos que requieren mayor protección (mantenimiento predictivo).

1.5 CLASIFICACION DE PRUEBAS

Las pruebas son aquellas acciones que se realizan para determinar el estado que guardan los equipos, mismas que se dividen de acuerdo al estado del equipo, condiciones del fabricante, necesidades del cliente y con apego a la normatividad existente, las cuales se clasifican de la siguiente manera.

Pruebas prototipo:

Son aquellas que se aplican a nuevos equipos o en aquellos que son modificados de su diseño original, estas se realizan básicamente con el propósito de verificar que los equipos cumplan con lo especificado y lo planteado en su diseño.

Pruebas de rutina:

Son aquellas que se deben efectuar en todos los equipos de acuerdo con los métodos indicados en las normas, para verificar si la calidad del equipo se mantiene dentro de los parámetros permitidos y establecidos.

Pruebas opcionales:

Son las que se establecen entre fabricante y comprador, las cuales se determinan con el objeto de verificar las características especificadas del equipo.

Pruebas de aceptación:

Son aquellas pruebas que se realizan a los equipos, para demostrar a satisfacción del cliente, que el equipo cumple con las especificaciones y con la norma.

Selección de pruebas:

La experiencia y la necesidad de contar con un servicio continuo de energía eléctrica, crean en el Ingeniero de mantenimiento una *visión para seleccionar las pruebas a realizar en el equipo eléctrico*, de tal manera que satisfagan los requerimientos necesarios que garanticen la correcta operación de los componentes y mecanismos de una subestación eléctrica.

CAPITULO II

MANTENIMIENTO

II.1 PRELIMINARES

II.1.1 Programación:

En base a las recomendaciones del fabricante del equipo eléctrico, así como a las condiciones reales de la subestación, se deberá programar dicho mantenimiento preventivo, considerando una periodicidad en tiempo que garantice la correcta y permanente operación del mismo.

En un hospital por lo general la subestación se encuentra en su propio local, el cual debemos mantener siempre limpio evitando la acumulación de polvo, ya que este es sumamente perjudicial para los equipos eléctricos, por lo que se debe programar de forma permanente y periódica la limpieza del local y equipos. La limpieza indicada es parte del mantenimiento que se debe programar y considerar siempre como parte integrante de la subestación eléctrica.

En la programación se deben estipular todos los alcances y actividades a realizar, así como las pruebas que se han de aplicar, lo anterior para determinar el techo presupuestal que se requiere y contar oportunamente con todas las herramientas, materiales y equipos para la realización de los trabajos.

II.1.2 Libranza:

Una vez establecido el día para realizar el mantenimiento preventivo, se procede a realizar los trámites respectivos ante la empresa encargada de la suspensión del suministro de la energía eléctrica.

Entre los requisitos que se requieren para la realización de dicho trámite esta el entregar la solicitud, efectuar el pago correspondiente, la dirección, croquis de localización del punto de acometida, indicar el responsable durante los trabajos, manifestar al representante legal del predio e indicar la hora y el día, con un tiempo de anticipación de 72 horas hábiles previa a la libranza.

De existir algún inconveniente por parte de la empresa suministradora, el hospital será notificado vía telefónica, para su reprogramación con 24 horas hábiles.

II.1.3 Verificación de servicios:

Una vez que se ha establecido mediante la programación el mantenimiento respectivo, se debe proceder a realizar previo a la libranza una inspección de los servicios, con el objeto de notificar al usuario dicha actividad y para certificar que no se presentaran afectación que halla que lamentar.

Dependiendo de cómo se lleven a cabo los trabajos y de los respaldos eléctricos con que se cuente, es importante certificar que todos aquellos equipos médicos e industriales que funcionan con energía eléctrica y que son soporte de vida, o que realicen algún proceso vital, se encuentre perfectamente bien conectados en el o los respaldos respectivos.

Antes, durante y después del mantenimiento a la subestación se deberán inspeccionar las áreas para certificar que todo esta estable y en perfecto estado.

II.2 EQUIPO Y HERRAMIENTA

Para realizar el mantenimiento de una subestación eléctrica se puede decir que las herramientas, materiales y equipos se dividen en tres grandes grupos.

II.2.1 De seguridad:

Este básicamente esta destinado para la seguridad e integridad del personal, como de las instalaciones, del cual podemos mencionar a los más representativos:

- a) Botas dieléctricas
- b) Guantes dieléctricos (algodón, poliuretano y carnaza)
- c) Casco dieléctrico
- d) Lentes protectores
- e) Uniforme de algodón
- f) Garrucha o pértiga
- g) Tarima aislante
- h) Tapete de hule
- i) Equipos contra incendio
- j) Letreros preventivos de seguridad
- k) Barandas
- l) Equipo de primeros auxilios
- m) Tapones auditivos

- n) Mascarillas
- o) Cables de puesta a tierra

Durante el mantenimiento a la subestación eléctrica se recomienda que el personal que realice el trabajo no porte:

- a) Reloj
- b) Anillos
- c) Cadenas
- d) Lentes metálicos
- e) Ropa suelta
- f) Encendedores
- g) Etc.

II.2.2 Para el mantenimiento:

En este rubro se contemplan aquellos que están destinados a ser utilizados durante los trabajos de mantenimiento al equipo, de los cuales se relacionan algunos.

- a) Líquido dieléctrico
- b) Limpia cobre
- c) Grasa conductora
- d) Jabón desengrasante
- e) Afloja todo
- f) Brochas
- g) Escobas
- h) Estopa
- i) Franelas
- j) Cubetas
- k) Aspiradora
- l) Juego de llaves para tuercas

- m) Juego de atornilladores
- n) Lámpara portátil
- o) Pinzas electricista
- p) Pinzas de corte
- q) Pinzas de presión
- r) Pinzas de punta
- s) Cintas de aislar
- t) Llaves perico
- u) Llaves allen
- v) Juego de dados
- w) Etc.

II.2.3 Para realizar las pruebas:

En este rubro se contemplan aquellos que serán empleados para realizar las pruebas durante el mantenimiento de la subestación eléctrica, es importante señalar que los equipos de medición deben contar con una calibración certificada vigente para que se garantice que las lecturas proporcionadas son reales, además se debe contar con el formato previamente establecido para poder asentar las lecturas de los equipos oportunamente y evitar así contradicción y contratiempos.

- a) Megger
- b) TTR
- c) High pot
- d) Voltmetro
- e) Megger de tierra
- f) Amperímetro
- g) Etc.

II.3 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Recomendaciones generales de seguridad para realizar el mantenimiento y pruebas de campo a las subestaciones eléctricas:

- a) Cuando los equipos estén en operación y se vaya a realizar su mantenimiento conforme a programa, se deberán tramitar las libranzas respectivas.
- b) La estructura del equipo a dar mantenimiento debe estar desenergizada.
- c) Se debe aterrizar previamente el equipo a probar por 10 minutos aproximadamente para eliminar cargas capacitivas que puedan afectar a la prueba y por seguridad del personal.
- d) Desconectar de la línea o barra, las terminales del equipo a probar.
- e) En cualquier caso, los trabajos de mantenimiento y las pruebas que se realicen siempre deberán estar procedidas de actividades de inspección.
- f) Preparar los recursos de mantenimiento y de pruebas indispensables.
- g) Preparar el área de trabajo para evitar el paso de personas ajenas a las pruebas.

- h) Colocar adecuadamente los equipos de prueba, considerando la nivelación y estabilidad de los mismos.
- i) Comprobar que las terminales de prueba estén en buenas condiciones y sean las apropiadas.
- j) No aplicar voltajes de prueba superiores al voltaje nominal de los equipos a probar.
- k) Tomar las medidas de seguridad necesarias para proteger al personal y equipo.
- l) Anotar las lecturas de prueba con sus multiplicadores en las hojas de protocolo correspondientes, así como las condiciones meteorológicas.
- m) Cuando se termine la prueba poner fuera de servicio los instrumentos de prueba y aterrizar nuevamente el equipo probado.
- n) Tener a la mano guantes de hule debidamente garantizados y probados para la tensión de operación.
- o) Contar con todos los equipos y herramientas de seguridad.
- p) Utilizar las herramientas adecuadas.
- q) Empleo de los equipos adecuados en cuanto a su capacidad y utilización.
- r) Conocer las normas de seguridad.

- s) Tener bien ubicadas y despejadas las rutas de evacuación.
- t) Contar con equipo adecuado para extinción de algún conato de incendio.
- u) Contar con equipo de primeros auxilios.
- v) Procurar siempre razonar antes de llevar a cabo cualquier operación, y no efectuarla hasta que este seguro de que será correcta y segura.
- w) No mascar chicle cuando se trabaja, un chicle en la boca de un trabajador accidentado dificulta las labores de auxilio.
- x) Adquirir y estudiar seriamente el manual de primeros auxilios, con el fin de conocer afondo los pasos a seguir en caso de accidentes.
- y) Etc.

II.4 TRABAJOS DE MANTENIMIENTO

Una vez que se conocen las medidas de seguridad, se tienen definidos los trabajos a realizar y que se cuenta con las herramientas y equipos a utilizar, se realiza el mantenimiento de acuerdo a los siguientes pasos.

II.4.1 Recepción y/o verificación:

Se deben realizar a todos los equipos nuevos o reparados considerando las condiciones en que se encuentran, efectuando como primer paso una inspección detallada de cada una de sus partes, de tal manera que se certifique al cien por ciento el estado que guarda antes de proceder a darle mantenimiento, así como verificar y asentar los datos de placa del equipo, y las especificaciones técnicas de sus componentes (capacidad de los fusibles, características de los apartarrayos, etc.).

II.4.2 Desactivar carga:

- a) Primeramente se deberán abrir los interruptores secundarios del tablero general que es alimentado del transformador en baja tensión.
- b) Enseguida se deberá abrir el interruptor principal del mismo tablero.
- c) Posteriormente se deberá abrir el tablero de tal manera que se pueda certificar mediante la medición que no existe voltaje en la acometida del mismo.

II.4.3 Desenergización de la Subestación Eléctrica:

- a) Verificación de la libranza de la Compañía. Suministradora. Es importante certificar visualmente que la compañía suministradora efectuó la apertura de las cuchillas en el interruptor que sirve de elemento de desconexión a la

subestación y que se encuentra fuera de las instalaciones del hospital, mismo que solo debe ser operado por personal especializado del suministrador de energía.

- b) Apertura del interruptor con carga. Una vez que ya se certifico que no existe energía proveniente del tablero en baja tensión, se procede enseguida a abrir el interruptor tripolar de potencia con fusibles (apertura en aire, vacío o SF6).
- c) Apertura del interruptor sin carga. Después de haber abierto el interruptor de potencia con fusibles, se procede a abrir la cuchilla tripolar de operación sin carga, estas dos últimas aperturas se realizan desde la parte de afuera de la subestación, mediante la utilización de los mecanismos y palancas existentes.
- d) Apertura de los gabinetes de la subestación. Se inicia abriendo las puertas de los gabinetes de la subestación eléctrica, y antes de que se introduzca alguna persona, se debe proceder a realizar lo indicado en los tres siguientes incisos.
- e) Verificar la inexistencia de potencial. Para certificar la no existencia de potencial se puede realizar con un detector sonoro, el cual es introducido dentro de los gabinetes de la subestación y al cual se le hace contacto con las partes internas que se encargan de conducir la energía eléctrica.
- f) Aterrizaje de equipos. Se debe conectar el extremo de un cable al electrodo de la varilla del sistema de tierras y el otro extremo a la parte metálica de la garrucha o pértiga, se procede a hacer contacto con el extremo metálico de la garrucha con cada uno de los componentes de la subestación

(interruptores, cuchillas, fusibles, apartarrayos, etc.). Con esta acción cualquier diferencia de potencial existente será canalizada al sistema de tierras.

- h) Cortocircuitar. Para poder trabajar de una manera segura para el personal de mantenimiento se debe cortocircuitar en la acometida mufa, las tres fases y aterrizarlas mediante la conexión a un sistema de tierras.

II.4.4 Limpieza y ajuste de mecanismos:

Una vez que la subestación se encuentra desenergizada, aterrizada y cortocircuitada su acometida, se procede a realizar las siguientes actividades.

- a) Se realiza una inspección visual para verificar el estado real que guardan los componentes internos de la subestación.
- b) Se efectúa el aspirado de trincheras y de la base de la subestación en su parte interior, con la finalidad de no levantar polvo y de retirar todos los elementos extraños que se pudieran encontrar, además de efectuar la limpieza respectiva.
- c) Limpieza fina con abundante líquido dieléctrico a los aisladores, boquillas y apartarrayos.
- d) Se efectúa la limpieza igualmente fina de las barras de cobre con la utilización del limpiador de cobre.
- e) Se retiran los residuos de grasa que pudiesen existir en las cuchillas desconectadoras, para que se le aplique nuevamente la grasa conductora.

- f) Se realiza la limpieza fina de los gabinetes de la subestación con la utilización de jabón desengrazante.
- g) Se verifican todas las conexiones eléctricas, certificando que se encuentren haciendo un buen contacto.
- h) Se reaprieta toda la tornillería, por si existiera alguna que se encuentre floja.
- i) Se verifican los resortes de los mecanismos y en caso de que se requiera, se les puede aplicar afloja todo en aerosol.
- j) Se retiran los fusibles para su revisión, verificación de su rango y para la aplicación de las pruebas respectivas.
- k) Se prueba la operación de todos los mecanismos en la posición de circuito cerrado y circuito abierto, en caso de alguna alteración en su operación se realizan los ajustes necesarios.
- l) Se efectúan las pruebas de aceptación a los componentes de la subestación.
- m) Se efectúan pruebas al sistema de tierras.
- n) Se efectúa la prueba de apertura automática del interruptor en caso de que se dañe un fusible.
- o) Se limpian y se verifican todas las conexiones del sistema de tierras.

- p) En caso de que cuente con bloqueos mecánicos se verifica la operación de los mismos.
- q) En caso de que cuente con mecanismo de puesta a tierra, se verifica la operación del mismo.
- r) Se verifica la correcta operación de chapas, candados y llaves.

II.4.5 Recomendaciones para la limpieza:

Es importante que los trabajos sean realizados por personal experto en la materia, a efecto de evitar algún daño o contratiempo que prolongue la suspensión de la energía eléctrica en un tiempo mayor al programado. Durante los trabajos de las limpiezas y lubricación se recomienda lo siguiente:

- a) La limpieza de aisladores, cámaras de arqueo, cuchillas principales, cuchillas auxiliares, clips, accionamiento de discos, accionamiento libre, soportaría y estructura, se puede realizar con tetracloruro auxiliado con tela de algodón.
- b) Las cuchillas principales no deben lijarse, ni pulirse, ya que el recubrimiento de plata es mínimo (de 10 a 15 micras); aunque se ponga negra la cuchilla, sigue guardando sus condiciones de conductividad. Su lubricación debe ser con una capa delgada de vaselina y solamente en el punto de contacto.
- c) Las cuchillas secundarias no deben lubricarse, debido a que en la conexión y desconexión generan altas temperaturas y producen ionización que puede dañar o perforar la cámara de arqueo. Deben de mantenerse perfectamente limpias para lograr la buena operación de las mismas.

- d) El accionamiento libre debe de mantenerse perfectamente limpio y lubricarse con aceite delgado. El mantenimiento del accionamiento debe de hacerse cada cuatro meses en caso de haber mucho polvo. No se debe usar grasa para su lubricación, puesto que con la presencia de polvo puede trabarse el mecanismo y hacer una mala operación.

- e) Las cámaras de arqueo deben de mantenerse perfectamente limpias, libres de polvo y agentes químicos.

- f) En las terminales (casquillos) de los fusibles y los clips porta fusibles no se deben lijar, ni pulir, solo se deberán limpiar con tetracloruro.

- g) No deben usarse para la lubricación y limpieza productos químicos abrasivos como es el caso de la grasa, thinner, etc. Que puedan dañar la cámara de arqueo y recubrimiento de plata.

- h) El accionamiento de disco se limpia con tetracloruro y se lubrica con aceite delgado.

II.5 SUPERVISIÓN DE LOS TRABAJOS

II.5.1 Inspección de las limpieza, ajustes y lubricaciones:

Durante los trabajos de mantenimiento, se debe tener una estricta supervisión que inspeccione cuidadosamente las actividades y la misma calidad de la mano de obra.

Se deberán verificar los siguientes puntos a efecto de certificar que los trabajos fueron realizados adecuadamente y/o que se realizan satisfactoriamente.

- a) Limpieza de aisladores
- b) Limpieza de cámaras de arqueo
- c) Limpieza de estructura
- d) Limpieza de cuchillas principales y secundarias
- e) Limpieza de accionamiento libre y de disco
- f) Limpieza de fusibles, porta fusibles y clips
- g) Lubricación de cuchillas principales
- h) Lubricación de accionamiento libre y de disco
- i) Ajuste de navajas principales
- j) Ajuste de navajas secundarias
- k) Ajuste de accionamiento de disparo
- l) Ajuste de accionamiento libre
- m) Ajuste de accionamiento de disco
- n) Instalación de rodillo y resorte de disparo
- o) Ángulos y carreras del tubo de operación
- p) Carrera de cuchillas principales y secundarias
- q) Trinquetes de accionamiento (ajustes y estado)
- r) Sistemas de tierras
- s) Ángulos de accionamiento
- t) Tornillos de soportes
- u) Estado de aisladores, cámaras de arqueo, contacto lado cierre, cuchillas principales, cuchillas secundarias, accionamientos, fusibles, porta fusibles y acopladores.
- v) Verificación de la capacidad de fusibles

II.5.2 Verificación de conexiones y de la operación de mecanismos:

Después que se realizo el mantenimiento a la subestación y antes de conectar a la red de suministro de alta tensión, se deberá comprobar lo siguiente:

- a) Comprobar que sea una conexión segura la del transformador y estar seguro que esta conectado debidamente para la tensión de operación.
- b) Asegurarse que las uniones portadoras de energía de alta tensión estén bien apretadas, para lo cual se recorrerán todos los tornillos, verificar los contactos en las cuchillas de paso, certificando que existe buen contacto entre partes fijas y móviles, para lo cual se debe accionar la palanca respectiva observando que con relativa facilidad entran las correspondientes cuchillas.
- c) Se debe verificar el funcionamiento del seccionador bajo carga, conectando y desconectando, para realizarlo se introduce suavemente en el orificio del disco externo y accionar sin demasiada fuerza la palanca de una posición de abierto a la de cerrado, observando que tanto las cuchillas principales como las de arqueado conecten con la precisión requerida y que el contacto es el adecuado.
- d) Se colocan los fusibles en los porta fusibles con la flecha indicadora en la posición correcta, para que en caso de un posible cortocircuito en operación la ruptura de elementos fusibles dispare automáticamente el seccionador evitando la

operación monofásica o bifásica del transformador, dándole a su equipo la protección adecuada.

- e) Se deberá verificar que los clips de abrazadera de los fusibles tengan el adecuado contacto, colocar y extraer los fusibles cuidadosamente, de preferencia se deberá emplear los alicates aislantes y se deberá certificar que los fusibles a instalar son los adecuados en base a su capacidad.

II.5.3 Cambio de partes:

Es importante primeramente determinar si algunos de los componentes se encuentran dañados, para que sean reemplazados por nuevos, al igual se deberá verificar que los componentes existentes son los especificados y adecuados para seguirlos utilizando dentro de la subestación, en caso contrario se deberán cambiar por los elementos correctos.

Es importante y fundamental que los elementos que integran la subestación sean los adecuados, ya que se puede correr el riesgo de algún accidente o desperfecto que se puede llegar a lamentar.

II.6 SECUENCIA DE OPERACIÓN PARA LA PUESTA EN MARCHA

Antes de proceder a la energización de la subestación, se deben haber certificado todos los trabajos realizados, así como también se tuvieron que haber realizado las pruebas respectivas, una vez certificado lo anterior se procede de la siguiente manera:

- a) Certificar que no quedo ningún elemento extraño dentro de los gabinetes de la subestación.

- b) Se procede a cerrar los gabinetes.
- c) Se retiran todos los materiales, herramienta y equipos del área circundante de la subestación.
- d) Se procede a cerrar el interruptor de operación sin carga.
- e) Se certifica que se encuentre abierto el interruptor tripolar de operación con carga.
- f) El personal de la Compañía Suministradora de energía eléctrica, procede a cerrar el interruptor de la acometida.
- g) Se procede a cerrar el interruptor tripolar de la subestación.
- h) Se verifica la existencia de voltaje en el secundario del transformador de potencia o en la acometida al tablero general, certificando que el voltaje medido es el indicado.
- i) Se procede a verificar que sea correcta la secuencia de fases en baja tensión.
- j) Una vez que se ha cumplido lo anterior se procede a cerrar el interruptor principal del tablero general, que es alimentado del transformador.
- k) Se procede a cerrar uno por uno los interruptores derivados del tablero general.
- l) Se verifica que los parámetros (voltaje y corriente) se encuentren estables y dentro de los rangos ya conocidos.

CAPITULO III

PRUEBAS

III.1 INTERRUPTORES DE POTENCIA

Se efectúa periódicamente conforme a programas y a criterios de mantenimiento definidos por el área responsable de los equipos, a continuación se describen algunas pruebas que se pueden realizar a las subestaciones eléctricas.

Un interruptor de potencia debe ser sometido a pruebas de diferente naturaleza, con el objeto de verificar el correcto estado de sus componentes y su buen funcionamiento. Por lo que es necesario probar sus aislamientos, su mecanismo de operación, así como sus cámaras interruptivas y sus contactos.

A continuación se describen las pruebas, recomendaciones, conexiones e interpretaciones de los resultados de cada una de las pruebas de campo correspondientes.

III.1.1 Resistencia de aislamiento:

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

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

La prueba de resistencia de aislamiento se aplica a otros tipos de interruptores, como los de pequeño volumen de aceite, de vacío y SF₆ en los que normalmente se usa porcelana como aislamiento.

III.1.1.1 Recomendaciones para realizar la prueba:

- a) Considerar las recomendaciones generales de seguridad para realizar las pruebas.
- b) Limpiar perfectamente las porcelanas de las boquillas quitando polvo, humedad o agentes contaminantes.
- c) Conecte el tanque a la estructura o a la terminal de tierra del medidor.
- d) Efectuar la prueba cuando la humedad relativa es menor del 75%.

III.1.1.2 Conexiones para realizar la prueba:

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.

En las siguientes figuras se representan ejemplos de las conexiones para pruebas.

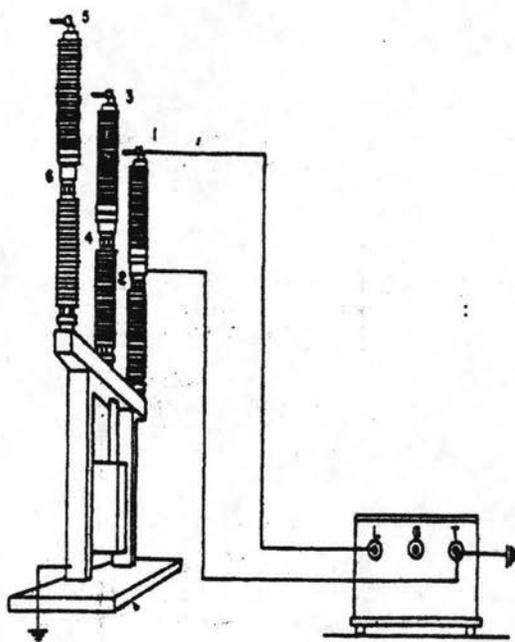


FIGURA 10
INTERRUPTORES
PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

E = ESTRUCTURA

POLOS	PRUEBA	POSICIÓN INTERRUPTOR	CONEXIONES			MIDE
			L	G	T	
1	1	ABIERTO	1	-	2	SECCION SUPERIOR
	2	ABIERTO	1	-	E	POLO COMPLETO
	3	ABIERTO	2	-	E	SECCION INFERIOR
2	4	ABIERTO	3	-	4	SECCION SUPERIOR
	5	ABIERTO	3	-	E	POLO COMPLETO
	6	ABIERTO	4	-	E	SECCION INFERIOR
3	7	ABIERTO	5	-	6	SECCION SUPERIOR
	8	ABIERTO	5	-	E	POLO COMPLETO
	9	ABIERTO	6	-	6	SECCION INFERIOR

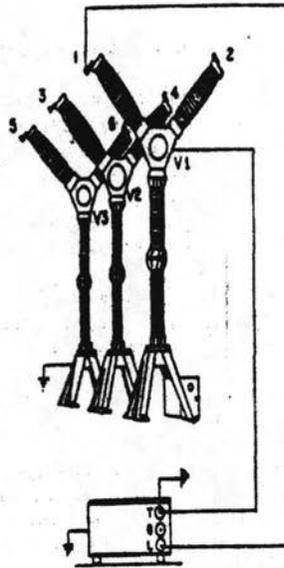


FIGURA 11
 INTERRUPTOR MULTICAMARA
 PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

E=ESTRUCTURA

S=SECCION

POLOS	PRUEBA	CONEXIONES			MIDE
		L	G	T	
1	1	1	-	V1	S. SUPERIOR 1
	2	2	-	V1	S. SUPERIOR 2
	3	1-2	-	E	POLO COMPLETO
	4	V1	-	E	S. INFERIOR
2	5	3	-	V2	S. SUPERIOR 3
	6	4	-	V2	S. SUPERIOR 4
	7	3-4	-	E	POLO COMPLETO
	8	V2	-	E	S. INFERIOR
3	9	5	-	V3	S. SUPERIOR 5
	10	6	-	V3	S. SUPERIOR 6
	11	5-6	-	E	POLO COMPLETO
	12	V3	-	E	S. INFERIOR

III.1.1.3 Interpretación de resultados para evaluación del aislamiento:

Las lecturas de resistencia de aislamiento en interruptores por lo general son altas sin tener absorción ni polarización, por estar construido su aislamiento en mayor parte por porcelana, una lectura baja es indicación del deterioro del mismo.

- a) En interruptores de gran volumen de aceite los valores mínimos de aislamiento deben ser de 10,000 Megaohms a temperatura ambiente. Si este es inferior, efectuar pruebas dieléctricas al aceite aislante. Si los valores de prueba del aceite aislante resultan inferiores a los recomendados, se deberá reacondicionar o reemplazar el mismo. Si persisten los valores bajos de resistencia de

aislamiento, efectuar una inspección interna al interruptor para investigar y corregir las causas que originan la baja resistencia de aislamiento; las causas pueden ser contaminación de los aislamientos internos como la barra elevadora, el cartón aislante y cámaras de interrupción o altas pérdidas dieléctricas en las boquillas, que pueden ser determinadas con las pruebas de factor de potencia.

- b) En interruptores de bajo volumen de aceite, un bajo valor de aislamiento, puede ser originado por contaminación del aceite aislante, altas pérdidas dieléctricas en los aislamientos soportes o aislamiento de las cámaras de interrupción.

- c) En los interruptores en vacío y SF₆, el aislamiento esta formado por las boquillas y aislamientos soportes, los bajos valores de aislamiento se deben a deterioro de alguno de ellos.

Para interruptores monopolares, como es el caso de los puntos b y c, incluyendo los circuit Switches, los valores de resistencia de aislamiento deben ser superiores a los 100,000 Megaohms si los componentes aislantes están en buenas condiciones; para casos de valores bajos de aislamiento, se requieren pruebas de factor de potencia para complementar el análisis de las condiciones de aislamiento.

III.1.2 Factor de Potencia del Aislamiento:

Al efectuar las pruebas de factor de potencia, intervienen las boquillas o soportes aislantes y los otros materiales que forman parte del aislamiento (Aceite aislante, Gas SF₆, vacío, etc.).

Al efectuar la prueba 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 aislamientos no son las mismas estando el interruptor cerrado que abierto, porque intervienen diferentes aislamientos.

Con el interruptor cerrado intervienen las pérdidas en boquillas y de otros aislamientos auxiliares, con el interruptor abierto intervienen las pérdidas en boquillas y del medio aislante.

III.1.2.1 Recomendaciones para realizar la prueba:

- a) Considerar las recomendaciones generales de seguridad para realizar esta prueba.
- b) Limpiar perfectamente la porcelana de las boquillas, quitando polvo, humedad y agentes contaminantes.
- c) Se recomienda efectuar la prueba cuando la humedad relativa sea menor de 75%.

III.1.2.2 Conexiones para realizar la prueba:

En las siguientes dos figuras se ilustran ejemplos de las conexiones de prueba.

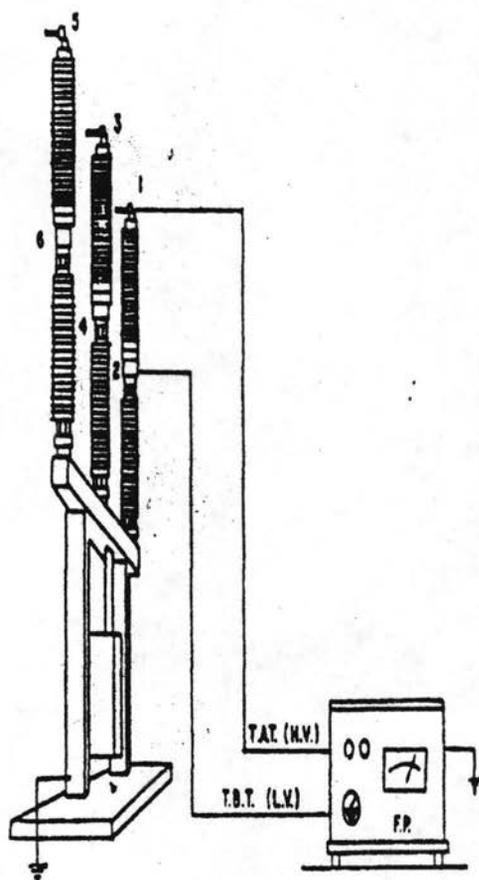


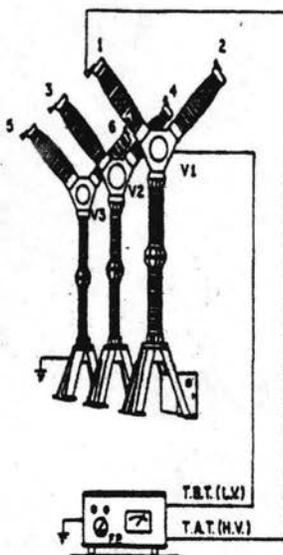
FIGURA 12
INTERRUPTOR

PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA DEL AISLAMIENTO

E=ESTRUCTURA

POLOS	PRUEBA	POSICIÓN DEL INTERRUPTOR	CONEXIONES			MIDE
			T.A.T.	T.B.T.	SELECTOR	
1	1	ABIERTO	1	2	GROUND	SECCION SUPERIOR
	2	ABIERTO	1	E	GROUND	POLO COMPLETO
	3	ABIERTO	2	E	GROUND	SECCION INFERIOR
2	4	ABIERTO	3	4	GROUND	SECCION SUPERIOR
	5	ABIERTO	3	E	GROUND	POLO COMPLETO
	6	ABIERTO	4	E	GROUND	SECCION INFERIOR
3	7	ABIERTO	5	6	GROUND	SECCION SUPERIOR
	8	ABIERTO	5	E	GROUND	POLO COMPLETO
	9	ABIERTO	6	E	GROUND	SECCION INFERIOR

FIGURA 13



INTERRUPTOR MULTICAMARA
PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA DE AISLAMIENTO

E=ESTRUCTURA

S=SECCION

POLOS	PRUEBA	CONEXIONES			MIDE
		T.A.T.	T.B.T.	SELECTOR	
1	1	1	V1	GROUND	S. SUPERIOR 1
	2	2	V1	GROUND	S. SUPERIOR 2
	3	1-2	E	GROUND	POLO COMPLETO
	4	V1	E	GROUND	S. INFERIOR 8a
2	5	3	V2	GROUND	S. SUPERIOR 3
	6	4	V2	GROUND	S. SUPERIOR 4
	7	3-4	E	GROUND	POLO COMPLETO
	8	V2	E	GROUND	S. INFERIOR 8a
3	9	5	V3	GROUND	S. SUPERIOR 5
	10	6	V3	GROUND	S. SUPERIOR 6
	11	5-6	E	GROUND	POLO COMPLETO
	12	V3	E	GROUND	S. INFERIOR 8a

III.1.2.3 Interpretación de los resultados para la evaluación del aislamiento:

Para la interpretación de resultados de factor de potencia en los interruptores de gran volumen de aceite, se recomienda analizar y comparar las pérdidas dieléctricas que resulten de las pruebas con interruptor en posición abierto y cerrado.

La comparación de las pérdidas obtenidas en la prueba con el interruptor cerrado y la suma de las pérdidas de la misma fase con el interruptor abierto, se utilizan para analizar las condiciones de aislamiento. (Se le denomina índices de pérdida del tanque).

- a) Diferencias de pérdidas entre interruptor abierto y cerrado de +9 a +16 mW se deberá investigar en el próximo mantenimiento, las barras elevadoras, el aceite del tanque, el aislamiento del tanque y los aislamientos auxiliares. Para diferencias mayores de +16mW, investigar tan pronto como sea posible las guías elevadoras, aceite y aislamiento del tanque.
- b) Para diferencias de -9 a -16 mW se deberán investigar en le próximo mantenimiento, guías de ensamble y aislamiento de ensamble de contactos.

Para diferencias mayores de -16 mW, deberán investigarse lo antes posible la guía ensamble y aislamiento de ensamble de contactos.

Los valores mencionados anteriormente correspondientes para voltajes de 2.5 Kv. Para pruebas con voltaje de 10 Kv, los índices de pérdidas del tanque fluctúan de 0.06 a 0.1 W.

Para interruptores de tipo columna las pérdidas deben ser del orden de 0.11 a 0.02 W. a 10 Kv.

Para pruebas con voltaje de 2.5 Kv. Las pérdidas deben ser del orden de 1.31 a 1.88 mW.

III.1.3 Resistencia de Contactos:

Los puntos con alta resistencia en puntos de conducción, originan caídas de voltaje, generación de calor, pérdidas de potencia, etc.

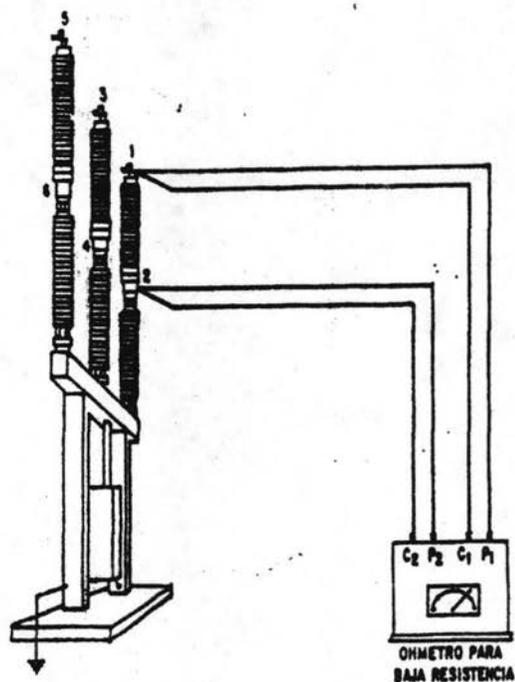
La prueba se realiza en circuitos donde existen puntos de contacto a presión o deslizables, como es el caso en interruptores.

III.1.3.1 Recomendaciones para realizar las pruebas:

- a) Considerar las recomendaciones generales de seguridad para realizar pruebas.
- b) El equipo de prueba debe estar desenergizado y en la posición de cerrado.
- c) Se debe aislar en posible de la inducción electromagnética, ya que esta produce errores en la medición y puede dañar el equipo de prueba.
- d) Limpiar perfectamente bien los conectores donde se van a colocar las terminales del equipo de prueba para que no afecten la medición.

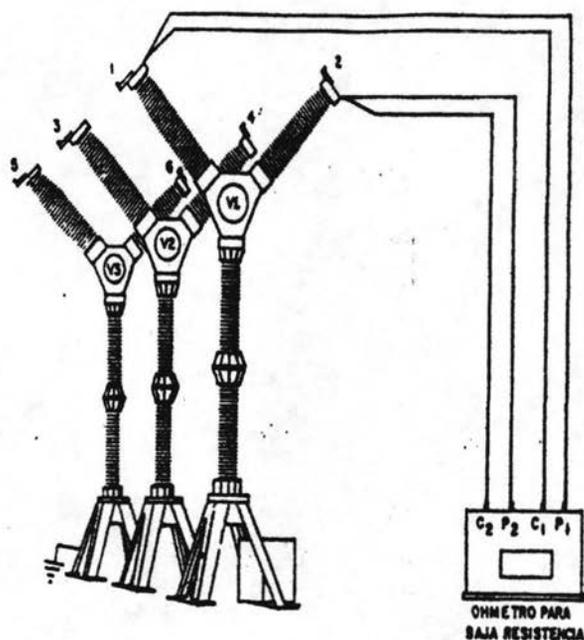
III.1.3.2 Conexiones para realizar la prueba:

En las siguientes figuras se ilustran ejemplos de las conexiones de circuitos de prueba para la medición de resistencia de contactos.



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

FIGURA 14
 INTERRUPTOR
 PRUEBA DE RESISTENCIA DE CONTACTOS



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	C1	P1	C2	P2	
1	1	1	2	2	RESIST. CONTACTOS CAMARAS 1-2 FASE A
2	1	1	V1	V1	RESIST. CONTACTOS CAMARAS 1 FASE A
3	2	2	V1	V1	RESIST. CONTACTOS CAMARAS 2 FASE A
4	3	3	4	4	RESIST. CONTACTOS CAMARAS 1-2 FASE B
5	3	3	V2	V2	RESIST. CONTACTOS CAMARAS 1 FASE B
6	4	4	V2	V2	RESIST. CONTACTOS CAMARAS 2 FASE B
7	5	5	6	6	RESIST. CONTACTOS CAMARAS 1-2 FASE C
8	5	5	V3	V3	RESIST. CONTACTOS CAMARAS 1 FASE C
9	6	6	V3	V3	RESIST. CONTACTOS CAMARAS 2 FASE C

FIGURA 15

INTERRUPTOR MULTICAMARA
PRUEBA DE RESISTENCIA DE CONTACTOS

III.1.3.3 Interpretación de los resultados:

La resistencia de contactos varia de acuerdo al tipo y diseño del equipo, y debe ser verificado de acuerdo a los valores establecidos en los instructivos, así como los obtenidos durante la puesta en servicio, nos sirven de referencia para pruebas posteriores. En algunos equipos el fabricante proporciona estos valores en milivolts de caída de tensión, por lo que será necesario hacer la conversión a microohms.

Para interruptores en gran volumen de aceite, los valores son del orden de 100 a 300 microohms. Para interruptores de los tipos pequeño volumen de aceite, vacío y SF₆, los valores de resistencia de contactos aceptables son del orden de 30-100 microohms.

III.1.4 Tiempo de operación y simultaneidad de cierre y apertura:

El objetivo de la prueba es la determinación de los tiempos de interrupción de los interruptores de potencia en sus diferentes formas de maniobra, así como la verificación del sincronismo de sus polos o fases.

El principio de la prueba se basa en una referencia conocida de tiempo de trazado sobre el papel del equipo de prueba, se obtienen los trazos de los instantes en que los contactos del interruptor se tocan o se separan a partir de las señales de cierre y apertura 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.

Existen básicamente dos tipos de instrumentos de prueba, los que utilizan dispositivos electrónicos en los cuales la señal eléctrica sobre una bobina, actúa mecánicamente sobre agujas que marcan el trazo sobre el papel tratado en su superficie y los que utilizan galvanómetros que al accionar verían el punto de incidencia de un rayo luminoso sobre un papel fotosensible, en ambos tipos el movimiento del papel es efectuado por un motor de corriente directa a una velocidad constante.

La señal de referencia puede ser en base a la frecuencia del sistema o bien puede ser tomada de un oscilador incluido en el equipo de prueba, de una frecuencia conocida.

III.1.4.1 Tiempo de apertura:

Es el tiempo medido desde el instante en que se energiza la bobina de disparo, hasta el instante en que los contactos de arqueo sean separados.

III.1.4.2 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.

En caso de interruptores dotados de resistencias de inserción, por lo general existe una diferencia entre los tiempos de cierre o apertura hasta el momento en que los contactos

primarios de arqueo se tocan o separan y el tiempo hasta el momento en que los contactos auxiliares en serie con las resistencias se tocan o separan.

III.1.5 Pruebas normales:

Las pruebas o mediciones que a continuación se indican son aquellas que se consideran normales, tanto para mantenimiento como para puesta en servicio de un interruptor.

- a) Determinación del tiempo de apertura.
- b) Determinación del tiempo de cierre.
- c) Determinación del tiempo de cierre – apertura en condiciones de disparo libre (trip – fee) o sea el mando de una operación de cierre y uno de apertura en forma simultanea, se verificara además el dispositivo de antibombeo.
- d) Determinación del sincronismo entre contactos de una misma fase, tanto de cierre como de apertura.
- e) Determinación de la diferencia en tiempo entre los contactos principales y contactos auxiliares de resistencia de inserción, ya sean estos para apertura o cierre.
- f) Determinación de los tiempos de retraso en operación de recierre si el interruptor esta previsto para este

tipo de aplicación, ya sea recierre monofásico o trifásico.

Las tres primeras pruebas son aplicables a todo tipo de interruptores mientras que las tres últimas son aplicables a tipos específicos; la prueba d) a interruptores multicamaras, la e) a equipos aplicados a recierre.

Dependiendo del interruptor por probar en lo que a número de cámara se refiere, así como el número de canales disponibles en el equipo de prueba, es posible en algunos casos determinar dos o más de los tiempos anteriores simultáneamente en una sola operación.

III.1.5.1 Limitaciones:

Se pueden presentar casos en los cuales por razones específicas se requiere efectuar algunas pruebas diferentes a las normales o bien algunas variaciones de estas que le dan carácter de especial.

Este tipo de pruebas son necesarias cuando se necesita una mayor investigación en algún problema específico y deberán diseñarse de acuerdo a lo que se desea investigar.

III.1.5.2 Conexiones para realizar la prueba:

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.

En las siguientes figuras se representan ejemplos de las conexiones para la prueba.

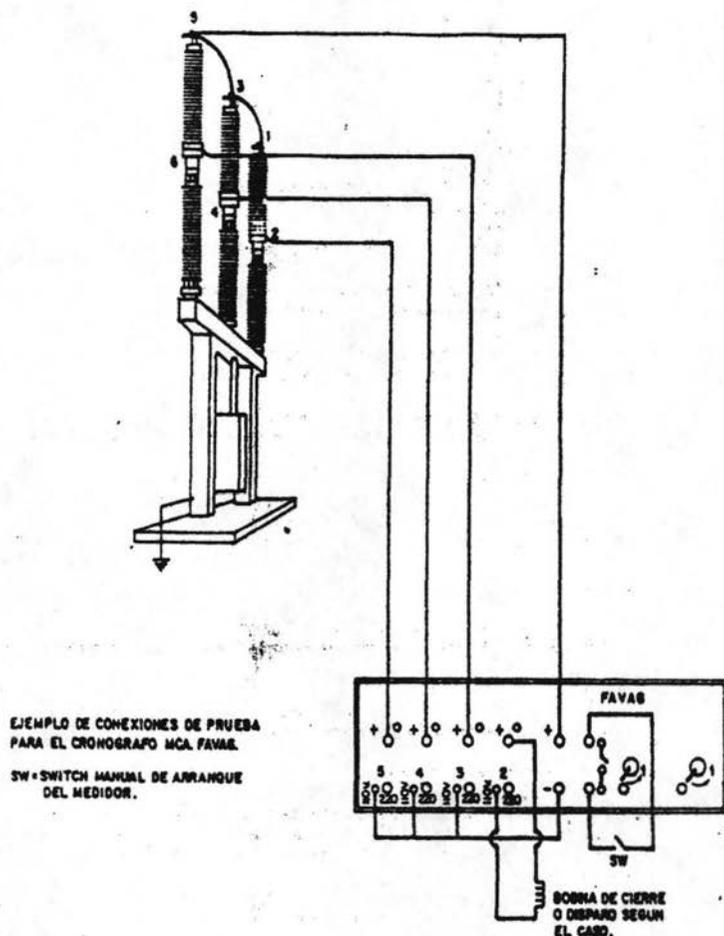


FIGURA 16
 INTERRUPTORES
 PRUEBA DE TIEMPOS DE OPERACIÓN Y SIMULTANEIDAD DE CONTACTOS

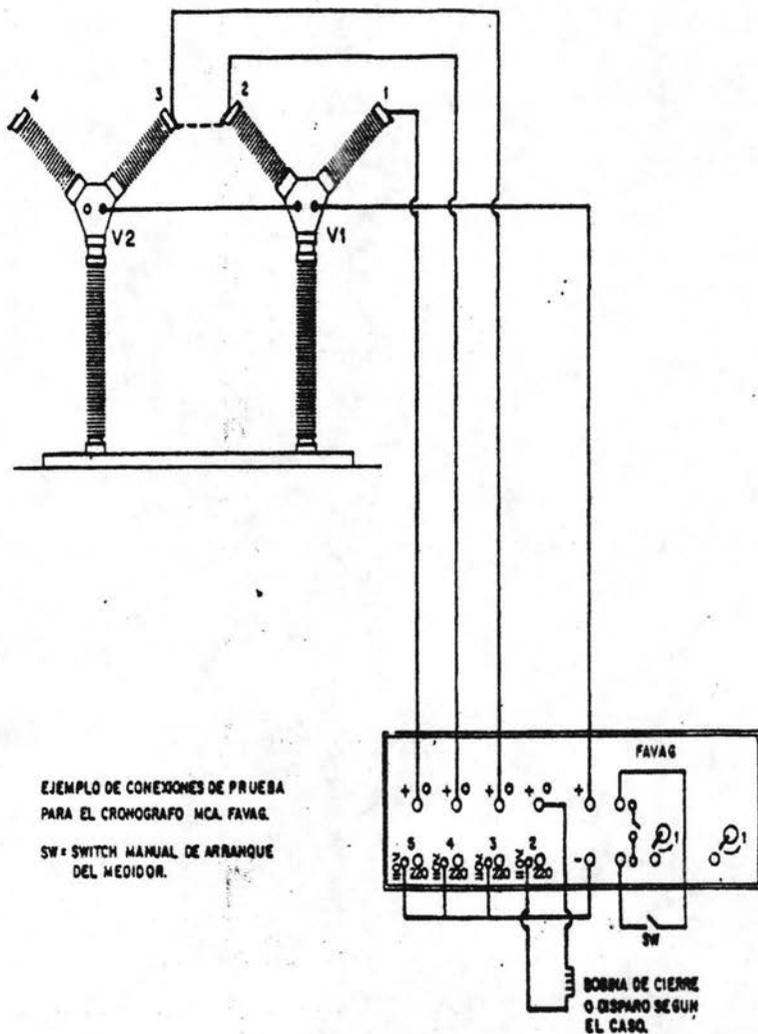


FIGURA 17
INTERRUPTORES MULTICAMARA
PRUEBAS DE TIEMPOS DE OPERACIÓN Y SIMULTANEIDAD DE
CONTACTOS

III.1.5.3 Interpretación de resultados:

- a) Tiempo de apertura: Se efectúa al interruptor registrando el instante de apertura de cada una de las fases y midiendo el intervalo en cada una, a partir de la señal de disparo del interruptor, que también queda registrada.

Esta prueba es general e independiente del número de cámaras o contactos en serie que se tengan por fase, puesto que se mide la fase completa, que para el caso de varios contactos en serie, el registro en la gráfica corresponde al instante en que se abre el primer par. De esta misma prueba puede obtenerse además la simultaneidad entre fases del interruptor a la apertura.

- b) Tiempo de cierre: Se efectúa al interruptor completo registrando el instante de cierre de cada una de las fases y midiendo el intervalo en cada una, a partir de la señal de cierre del interruptor, que también queda registrada.

Esta prueba es general e independiente del número de cámaras o contactos en serie que se tengan por fase, puesto que se miden las tres fases completas. Debe tomarse en cuenta que en caso de varios contactos en serie por fase, el registro en la gráfica corresponde al instante en que se cierra el último par.

III.1.5.4 Valores de Prueba:

A continuación se hace referencia respecto a los valores de los tiempos anteriores descritos para establecer un cierto criterio a modo de guía general, ya que los valores particulares para cada tipo de interruptor son una característica particular para cada tipo de interruptor, son una característica propia que generalmente proporciona el fabricante.

Los interruptores están clasificados en lo que se refiere a su tiempo de interrupción, en interruptores de 8, 5 y 3 ciclos, estos rangos están dados en base a las pruebas de prototipo que se efectúan y es el tiempo máximo obtenido dentro de toda la gama de pruebas efectuadas.

Los tiempos de cierre son generalmente más largos que los de apertura y su importancia es relativamente menor, puede variar dependiendo del tipo del interruptor, su mecanismo y el tamaño de sus partes en movimiento, por lo general los tiempos son del orden de 6 a 16 ciclos.

III.2 TRANSFORMADORES DE POTENCIA

Los transformadores de instrumento deben ser sometidos a pruebas de diferente naturaleza, con el objeto de verificar el correcto estado de sus componentes. Así entonces, es necesario probar sus aislamientos, factor de potencia, su relación de transformación y polaridad.

A continuación se describen las pruebas, recomendaciones, conexiones e interpretación de los resultados a cada una de las pruebas de campo correspondientes.

III.2.1 Resistencia de aislamiento:

Los diferentes diseños en TC's y TP's, requieren que la persona que debe probarlos analice con detenimiento su diagrama en particular, determine las conexiones que convenga seguir y las resistencias dieléctricas que están bajo prueba. Esta conexión deberá quedar asentada en el reporte de prueba del equipo. Invariablemente en fechas posteriores se harán pruebas con las conexiones iguales, a fin de tener datos comparativos.

Al probar un transformador de instrumento se determinan las condiciones del aislamiento entre los devanados primario y secundario contra tierra. Para la prueba del primario contra tierra, se utiliza el rango de mayor voltaje del medidor, dependiendo de su tipo, y para la prueba del secundario contra tierra, se usa el rango del medidor para un voltaje aproximado al voltaje nominal del equipo a probar, por ejemplo de 500 volts.

III.2.1.1 Recomendaciones para realizar la prueba:

- a) Considerar las recomendaciones generales de seguridad para realizar las pruebas.

- b) Desconectar los cables de las terminales del primario y secundario del transformador o dispositivo.
- c) Corto-circuitar las terminales del devanado primario y secundario en forma independiente.
- d) Limpiar el aislamiento externo.

III.2.1.2 Conexiones para realizar la prueba:

Todas las pruebas se harán a 1 minuto aplicando el voltaje de prueba adecuado, en las siguientes figuras se muestran ejemplos de las conexiones para la prueba de resistencia de aislamiento a transformadores de instrumento.

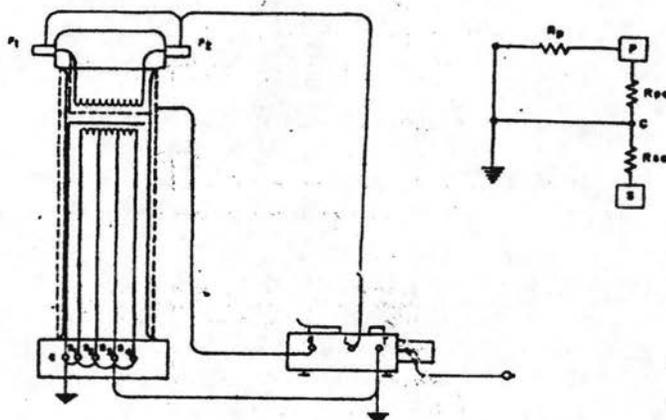
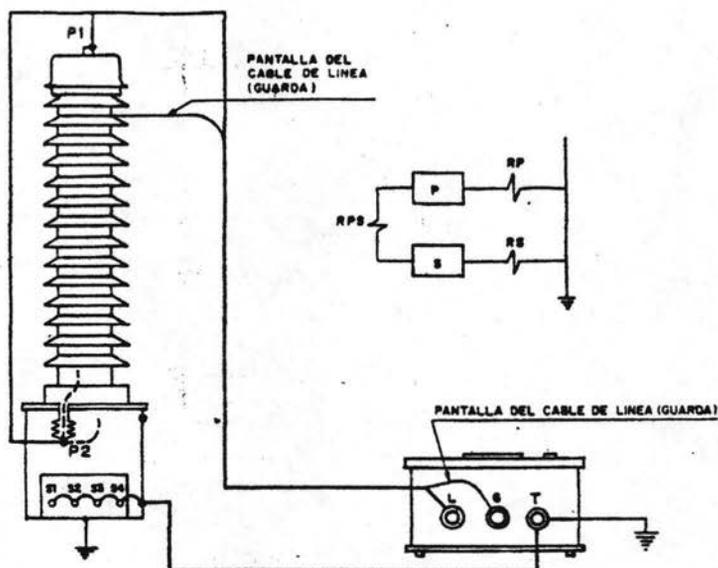


FIGURA 18
 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE
 PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

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



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE	VOLTS. PRUEBA
	L	G	T		
1	P1, P2	PORCELANA	S1, S2, S3, S4	RP-RPS	5000
2	S1, S2, S3, S4	-----	P1, P2	RS-RPS	500

FIGURA 19

TRANSFORMADORES DE POTENCIAL
PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

a) Dispositivos de potencial.

La prueba de resistencia de aislamiento en dispositivos de potencial (DP's), se realiza uniendo las terminales de los devanados primario y secundario contra tierra, siendo esto con el fin de que no intervengan en la prueba las capacitancias integradas en el dispositivo.

III.2.1.3 Interpretación de los resultados:

Por la experiencia en la diversidad de pruebas que se han realizado a este tipo de equipo, es recomendable que los valores que se obtengan en los aislamientos tanto de alta tensión como de baja tensión, deben ser superiores a 50,000 megohms.

Para valores inferiores a lo descrito anteriormente y con el objeto de analizar las condiciones del aislamiento, deberá complementarse esta prueba con los valores de pérdidas dieléctricas que se obtienen con las pruebas de factor de potencia.

III.2.2 Factor de Potencia:

Con la prueba de factor de potencia se determinan las pérdidas dieléctricas de los aislamientos de los devanados primario y secundario que integran a los transformadores de instrumento.

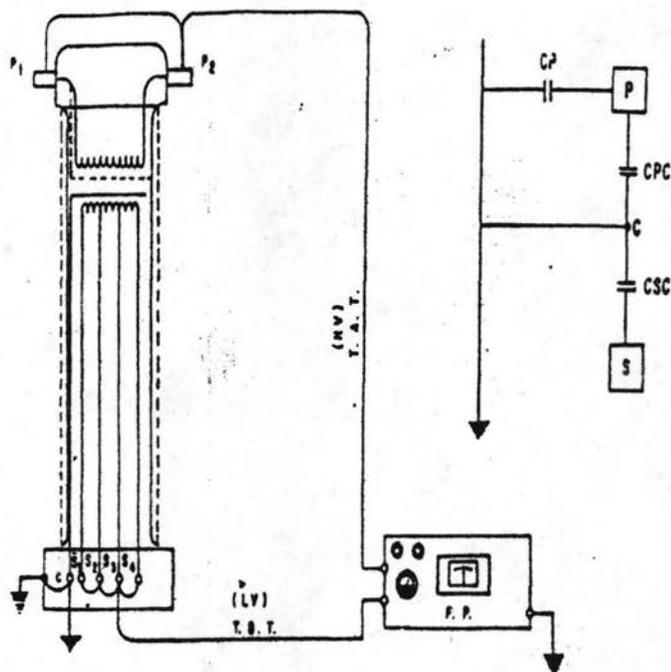
Para realizar la determinación de las condiciones del aislamiento se deben realizar también las pruebas de collar caliente.

III.2.2.1 Recomendaciones para realizar la prueba:

- a) Considerar lo establecido en el punto de recomendaciones generales para realizar pruebas.
- b) Se deberá limpiar el aislamiento externo.
- c) Para el devanado primario, utilizar el rango mayor de voltaje del medidor, y para el devanado secundario aplicar un voltaje no mayor de 500 volts.

III.2.2.2 Conexiones para realizar la prueba:

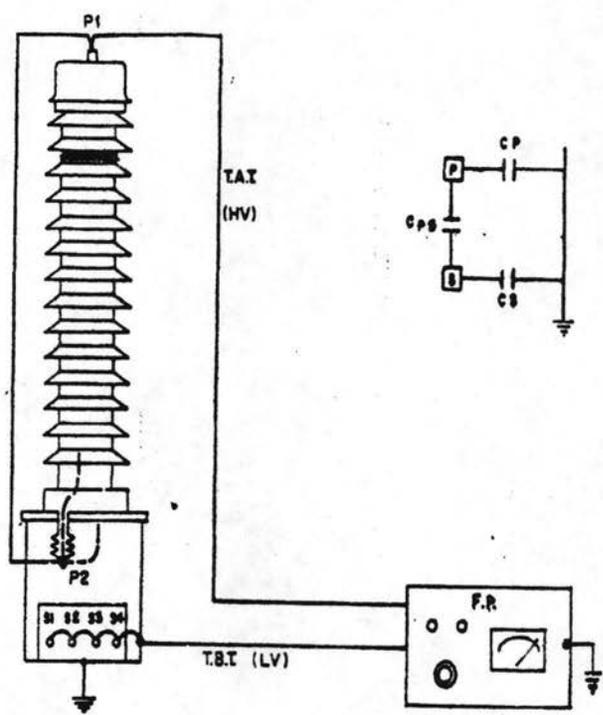
Consultar el manual del medidor de factor de potencia para determinar las conexiones del equipo de prueba y el equipo a probar, en las siguientes dos figuras se muestran ejemplos de las conexiones para las pruebas.



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE	VOLTS DE 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 20

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE
PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA DEL AISLAMIENTO



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE	KV DE PRUEBA
	T.A.T.	T.B.T.	SELECTOR		
1	P1- P2	S1, S2, S3, S4	GROUND	CP-CPS	10 ò 2.5
2	S1, S2, S3, S4	P1-P2	GROUND	CP-CPS	0.5

FIGURA 21
 TRANSFORMADORES DE POTENCIAL
 PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA DEL AISLAMIENTO

III.2.2.3 Interpretación de resultados:

Un valor de factor de potencia mayor de 2% y pérdidas dieléctricas en la prueba de collar caliente mayores de 6 mW a 2.5 kv o 0.1 watts a 10 kv, será indicativo de que existe un deterioro en el aislamiento del transformador, pudiendo ser la causa el aceite aislante de aquellos que lo contengan, o microfisuras en la resina del aislamiento tipo seco.

Al obtener resultados con valores mayores, deberá investigarse y compararse con los datos estadísticos de equipos similares.

III.2.3 Relación de Transformación y polaridad:

La prueba de relación de transformación a transformadores de instrumento, se realiza con un transformador de alta carga, un variac y dos amperímetros. Para los TC's, puentear las terminales del devanado secundario de la relación a comprobar, aplicar al devanado primario un valor de corriente preestablecido, midiendo la corriente en el devanado secundario. Para los TP's (inductivos), dejar libres las terminales primarias y secundarias. Aplicar tensión al lado primario, medir voltajes en ambos lados y obtener la relación, conforme a los datos de placa, efectuar la comprobación en las relaciones que tenga el transformador.

III.2.3.1 Recomendaciones para realizar la prueba:

- a) Considerar lo establecido en el punto de recomendaciones generales para realizar pruebas de campo.

III.2.3.2 Conexiones para realizar la prueba:

Las conexiones entre el equipo de prueba y el equipo a ser probado, están determinadas en el instructivo de cada equipo de prueba en particular, sin embargo en las siguientes dos figuras se representan ejemplos de las conexiones para las pruebas.

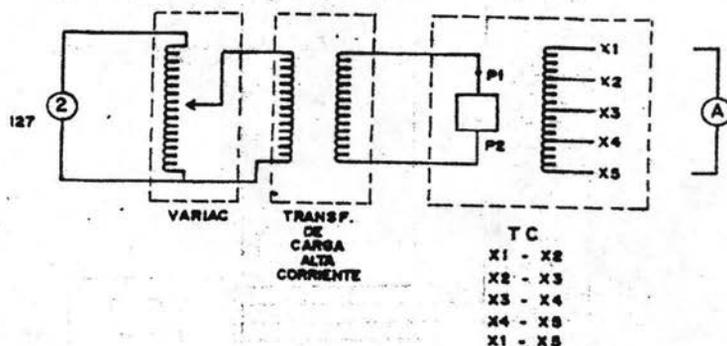


FIGURA 22
TRANSFORMADORES DE CORRIENTE
PRUEBA DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN

III.2.3.3 Interpretación de resultados:

El porcentaje de diferencia de relación de transformación obtenida con respecto a la teórica no debe ser mayor de 0.15%.

III.2.4 Prueba de Saturación:

La prueba se realiza para determinar a que voltaje se satura el núcleo del transformador de corriente.

Aplicar tensión a cada uno de los secundarios y medir el voltaje y la corriente que circula por el devanado.

III.2.4.1 Recomendaciones para realizar la prueba:

- a) Considerar lo establecido en el punto recomendaciones generales para realizar pruebas en campo.

III.2.4.2 Conexiones para realizar la prueba:

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de las conexiones que se deben efectuar para realizar la prueba.

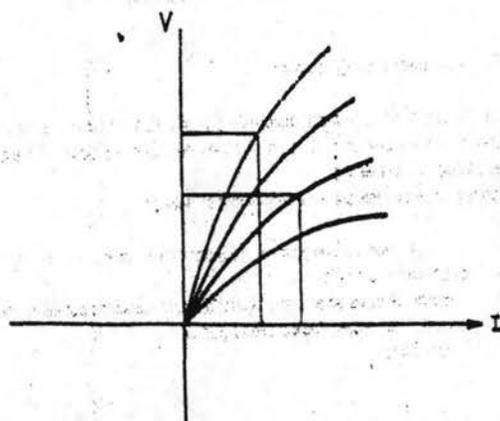
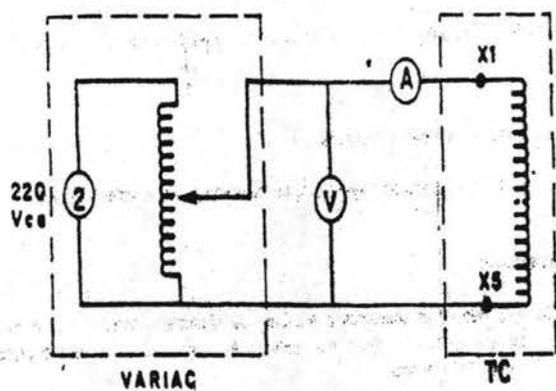


FIGURA 24
TRANSFORMADORES DE POTENCIAL
PRUEBA DE SATURACIÓN

III.3 APARTARAYOS

Los apartarrayos deben ser sometidos a pruebas de diferente naturaleza, con el objeto de verificar el correcto estado de sus componentes. Así entonces, es necesario probar sus aislamientos y factor de potencia.

A continuación se describen las pruebas, recomendaciones, conexiones e interpretación de los resultados de cada una de las pruebas de campo correspondientes.

III.3.1 Resistencia de Aislamiento:

Con el objeto de determinar mediante pruebas dieléctricas el deterioro o contaminación en apartarrayos de una sección, o en unidades de varias secciones, se efectúan las pruebas de resistencia de aislamiento. Con la prueba de resistencia de aislamiento se detecta:

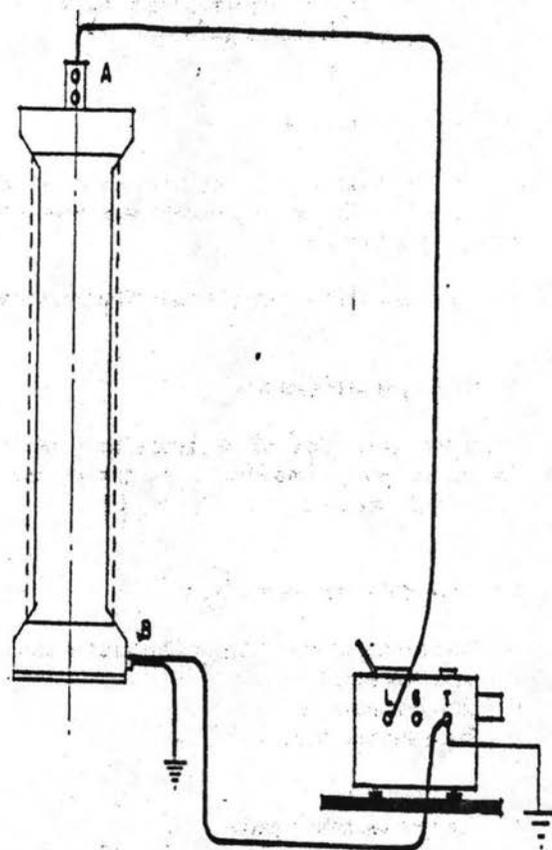
- a) Contaminación por humedad y/o suciedad en las superficies internas de porcelana.
- b) Entre hierros corroídos.
- c) Deposito de sales de aluminio, aparentemente causados por interacción entre la humedad y los productos resultantes del efecto corona.
- d) Porcelana rota.

III.3.1.1 Recomendaciones para realizar la prueba:

- a) Desconectar de la línea el apartarrayos, considerando las medidas de seguridad.
- b) Drenar cargas estáticas.
- c) Preparar el equipo de pruebas.
- d) Preparar el equipo a prueba.
- e) Utilizar el mayor voltaje del equipo de prueba.
- f) Tomar la lectura al minuto y anotarla en la hoja de prueba.
- g) En apartarrayos compuestos de varias secciones se puede utilizar la terminal de guarda para efectos de corrientes de fuga por la superficie de la porcelana.

III.3.1.2 Conexiones para realizar la prueba:

En la siguiente figura se muestra un ejemplo del diagrama de conexiones de circuitos de prueba para determinar la resistencia de aislamiento de apartarrayos.



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	LINEA	GUARDA	TIERRA	
1	A	-----	B	R. A_B

FIGURA 25
 APARTARRAYOS
 PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

III.3.1.3 Interpretación de resultados:

Los valores de resistencia de aislamiento en apartarrayos son variables; dependiendo de la marca y tipo, siendo de 500 a 50,000 megohms, se recomienda efectuar la comparación con apartarrayos de la misma marca, tipo y voltaje. En caso de desviación notoria en los valores se requiere efectuar una investigación.

III.3.2 Factor de potencia de Aislamiento:

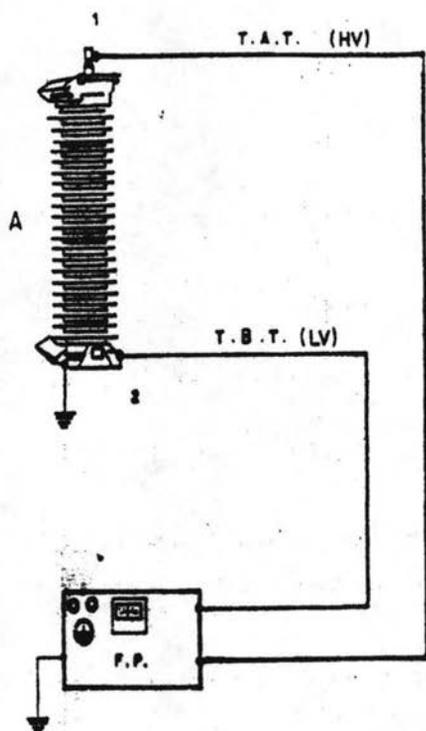
El objeto de efectuar la prueba de factor de potencia en apartarrayos es detectar las pérdidas dieléctricas, producidas por contaminación o suciedad en los elementos autovalvulables, porcelanas despostilladas o porosas, etc.

III.3.2.1 Recomendaciones para realizar la prueba:

- a) Desconectar el apartarrayos de la línea considerando las medidas de seguridad.
- b) Drenar cargas estáticas.
- c) Limpiar perfectamente la porcelana.
- d) Preparar el equipo de prueba.

III.3.2.2 Conexiones para realizar la Prueba:

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de las conexiones para realizar la prueba.



EJEMPLO: PRUEBA 1

P=PORCELANA

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

FIGURA 26

APARTARRAYOS

PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA

III.3.2.3 Interpretación de los resultados:

Con las pruebas de factor de potencia se obtienen las pérdidas dieléctricas de los apartarrayos en milliwatts o watts, dependiendo del equipo de prueba que se utilice.

Debido a las diferencias de los elementos de construcción de cada fabricante, no existen valores normalizados para su aceptación. La Compañía Doble Engineering, en su manual de referencias proporciona información de estadísticas de pruebas de varias marcas y tipos de apartarrayos y que pueden servir de base para juzgar los resultados que se obtengan, por lo que se recomienda consultar dicho manual.

III.4 CUCHILLAS DESCONECTORAS

Una cuchilla desconectadora debe ser sometida a pruebas de diferente naturaleza, con el objeto de verificar el correcto estado de sus componentes. Por lo que es necesario probar sus aislamientos, factor de potencia, su mecanismo de operación y su resistencia de contactos.

A continuación se describen las pruebas, recomendaciones, conexiones e interpretación de los resultados de cada una de las pruebas de campo correspondientes.

III.4.1 Resistencia de aislamiento:

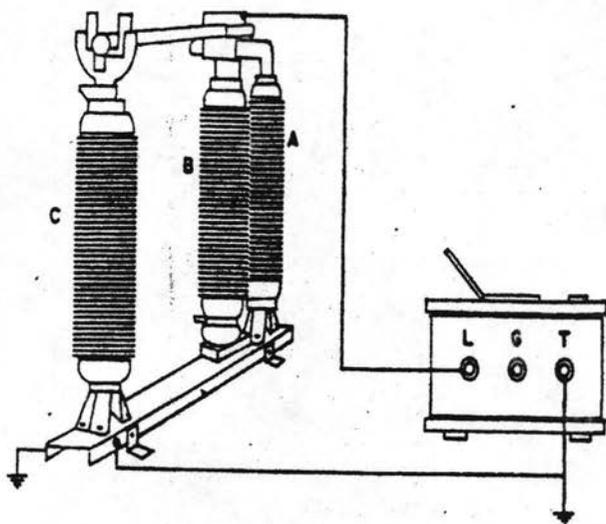
La prueba de resistencia de aislamiento a cuchillas, tiene como finalidad determinar las condiciones de la porcelana, detectar imperfecciones o fisuras en la misma, así como detectar cambios por envejecimiento. La prueba se lleva a cabo durante los trabajos de mantenimiento y de rutina en pruebas de campo.

III.4.1.1 Preparación de las cuchillas para la prueba:

Antes de efectuar la prueba de resistencia de aislamiento a cuchillas, se deberán limpiar perfectamente la superficie del aislamiento, con el fin de no tener valores erróneos por suciedad o contaminación. Se deberá aterrizar la base de la cuchilla, antes de proceder a realizar la prueba.

III.4.1.2 Conexiones para realizar la prueba:

Las pruebas de resistencia de aislamiento se realiza en posición de abierto y cerrado, como se muestra en la siguiente ilustración.



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			VOLTS DE PRUEBA	POSICIÓN DE LA CUCHILLA
	L	G	T		
1	A+B	---	BASE	2500 ò 5000	ABIERTA
2	C	---	BASE	2500 ò 5000	ABIERTA
3	A+B+C	---	BASE	2500 ò 5000	CERRADA

FIGURA 27
 CUCHILLAS DESCONECTORAS
 PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

III.4.1.3 Interpretación de resultados:

Los valores de resistencia de aislamiento, para cuchillas seccionadoras deben ser del orden de 40,000 megohms como mínimo.

Cuando no se disponga de valores de referencia, se recomienda complementar el análisis, con las pruebas de factor de potencia para dictaminar el estado de su aislamiento.

III.4.2 Factor de potencia del aislamiento:

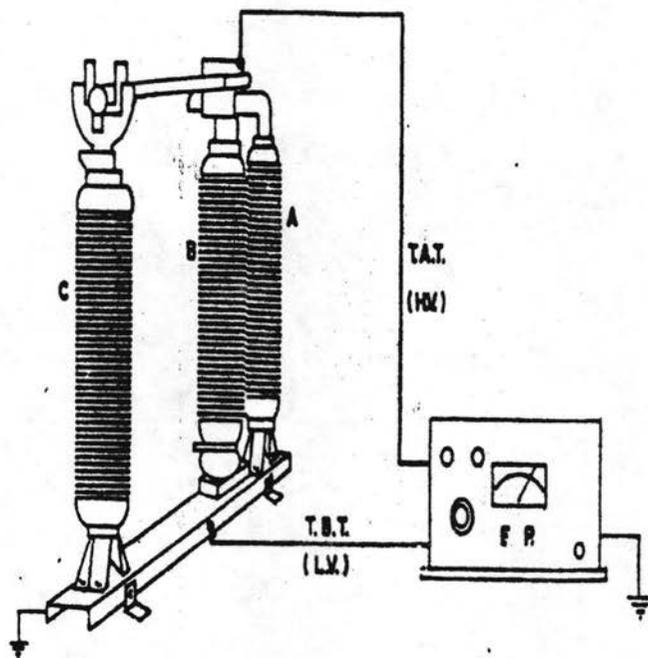
El objetivo de efectuar la prueba de factor de potencia a cuchillas, es detectar las pérdidas dieléctricas producidas por contaminación, deterioro por envejecimiento e imperfecciones del aislamiento.

III.4.2.1 Preparación de las cuchillas para prueba:

Antes de efectuar la prueba de factor de potencia a cuchillas, se deberá limpiar perfectamente la porcelana, a fin de evitar que se obtengan valores erróneos, ocasionados por la contaminación o suciedad del aislamiento, también se deberá aterrizar firmemente la base de la cuchilla.

III.4.2.2 Conexiones para realizar la prueba:

Se deberá consultar el manual del medidor de factor de potencia para determinar las conexiones, a continuación se ilustra un ejemplo del diagrama de conexiones.



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			POSICIÓN CUCHILLA
	T.A.T.	T.B.T.	SELECTOR	
1	A + B	BASE	GROUND	ABIERTA
2	C	BASE	GROUND	ABIERTA
3	A + BC	BASE	GROUND	CERRADA

FIGURA 28
 CUCHILLAS DESCONECTADORAS
 PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA

III.4.2.3 Interpretación de Resultados:

Para evaluar las condiciones del aislamiento de cuchillas seccionadoras, se consideran las pérdidas inferiores a 9 miliwatts con voltaje de 2.5 Kv y 0.1 Watts a 10 Kv como aceptables.

III.4.3 Resistencia de Contactos:

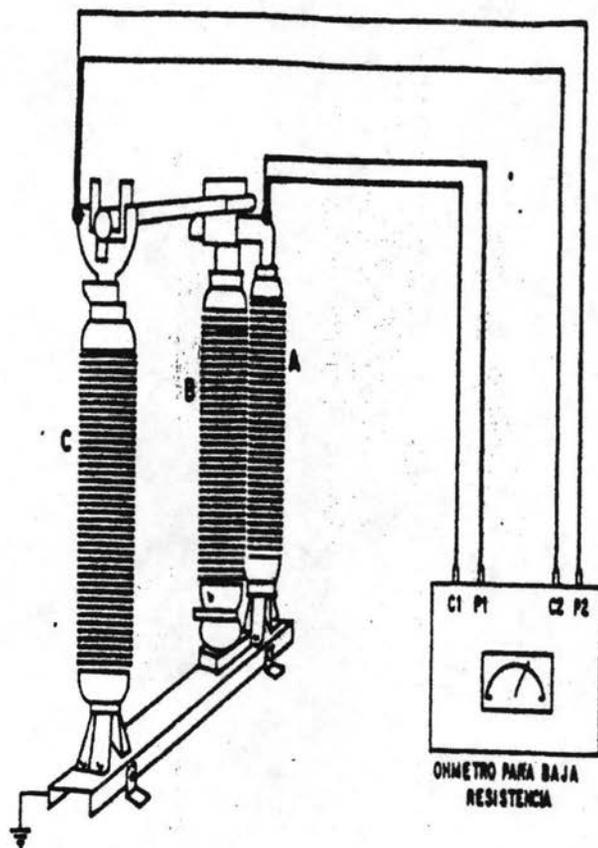
El objeto de realizar esta prueba es verificar que se tenga un bajo valor de resistencia eléctrica entre los contactos respectivos de la cuchilla.

III.4.3.1 Preparación de las cuchillas para la Prueba:

- a) Liberar completamente la cuchilla para realizar esta prueba, desconectándola de la línea de alimentación.
- b) Limpiar perfectamente las terminales de conexión de la cuchilla, para asegurar una buena conducción.

III.4.3.2 Conexiones para realizar la Prueba:

Las pruebas se realizaran de acuerdo a lo indicado en la siguiente figura.



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

FIGURA 29

CUCHILLAS DESCONECTORAS
PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA

III.4.3.3 Interpretación de Resultados:

Un valor de resistencia de contactos de 100 microohms, se considera aceptable para la confiabilidad en la operación de la cuchilla.

Si resultasen valores superiores, se recomienda ajustar el mecanismo, así como limpiar y ajustar el área de contacto.

III.5 CABLES DE POTENCIA Y ACCESORIOS.

Antes de poner en servicio un cable de potencia, este deberá probarse para tener la seguridad de que tanto el propio cable como sus accesorios (terminales), soportaran las condiciones operativas a que serán sometidos.

III.5.1 Rigidez dieléctrica:

La prueba de rigidez dieléctrica (HIGH-POT), es la más representativa para conocer las condiciones del aislamiento de un cable de energía. Dicha prueba consiste en aplicar un potencial de C.D. del orden del 80% durante 10 minutos, si la corriente de fuga se ha estabilizado, o hasta 15 minutos, si la corriente continua variando, considerando esto para efectos de puesta en servicio de un cable nuevo.

Para pruebas subsecuentes con propósito de verificación durante acciones de mantenimiento, el nivel de la prueba debe reducirse al orden del 65% durante 5 minutos.

III.5.2 Resistencia de aislamiento:

Este tipo de prueba sirve para localizar fallas en el aislamiento del conductor principalmente de un cable de energía.

La prueba se realiza con un probador de resistencia de aislamiento (megger).

III.6 RED DE TIERRAS.

Los sistemas de tierra como elementos de una subestación, deben inspeccionarse y darles mantenimiento.

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

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

La construcción de redes de tierra tiene por objeto reducir la resistencia de tierra, la cual tiene como funciones las siguientes:

- Conducir o drenar a tierra las corrientes producidas por sobre tensiones.
- Evitar sobrevoltajes peligrosos que pongan en riesgo la seguridad del personal.
- Para la operación del sistema eléctrico, como lo son las conexiones de los neutros de equipos, evita sobrevoltajes que resulten peligrosos para los mismos y al personal.
- Conexiones a tierra que se realicen temporalmente durante maniobras o mantenimiento de las instalaciones.
- La disponibilidad de una conexión a tierra para protección de descargas atmosféricas.

III.6.1 medición de resistencia de tierra con electrodo múltiple:

El medidor de uso común para la prueba de resistencia de tierra es el ohmetro de tierra que utiliza por lo regular el método de caída de potencial; este método involucra la utilización de dos electrodos auxiliares uno de potencial y otro de corriente. El electrodo de corriente se usa para hacer circular una corriente a través del sistema de tierra a medir.

El medidor consta de cuatro terminales, (E, Es, S y H). La prueba se efectúa mediante la técnica de los tres puntos, en el cual las terminales E y Es del aparato de prueba se puentean para conectarse directamente al electrodo de la red de tierra que se pretende probar. La terminal de potencial (S), se conecta al electrodo de potencial P2 y la terminal de corriente al electrodo de corriente al electrodo de corriente C2.

Las varillas de prueba P2, C2 deberán clavarse a una profundidad de 50 a 60 cms. aproximadamente.

La distancia (d) del electrodo bajo prueba de la red de tierras al electrodo de potencial (P2), se va variando y en cada punto se toma una lectura de resistencia (R). Se recomienda iniciar con una distancia $d = 5$ mts. Puede aumentarse o disminuirse este valor (3, 6, 10 mts. Etc.), de acuerdo con el criterio de la persona que efectúa la prueba, considerando siempre obtener los puntos (d, R), suficientes para trazar la curva.

La distancia (L) a la que se clavara el electrodo de corriente (C2) es igual a $4D$ y se calcula partiendo del círculo equivalente de la superficie que cubre la red de tierra. Generalmente la superficie es rectangular, por lo que se tiene:

$$Ar = Y \times a.$$

Donde:

$$Y = \text{Largo}$$

a = Ancho.

El área o superficie de un círculo es: $A_c = \pi \times D \times D / 4$

Igualando: $A_r = A_c$

Se obtiene: $Y \times a = \pi \times D \times D / 4$

De donde: $D = 2 \sqrt{Y \times a} / \pi$

De aquí se obtiene:

$L = 4D$

Esta distancia es una longitud de referencia, por lo que en la práctica y de acuerdo con la experiencia de campo puede llegar a ser menor o mayor de $4D$.

III.6.1.1 Interpretación de resultados:

Los valores obtenidos de resistencia se grafican contra la distancia (d). En esta curva, la parte plana u horizontal, nos indica la resistencia real (R_t) de la red de tierras que se ha probado. En la práctica no se obtiene uniformidad en las lecturas de (R) por lo que al graficar los resultados se trazara la curva de tal manera que pase por el mayor número de puntos. Cada punto tendrá sus coordenadas (R, d).

Se recomienda los siguientes valores límites de referencia de la red de tierra de una subestación eléctrica como valores aceptables en época de estiaje.

Cap. de la S.E. en KVA.	Resis. de la red de tierras
1500	15
1500 – 10000	10
Mayores de 10000	2

III.6.2 Método del 62 % para medición de sistemas de tierra:

Este método se aplica únicamente cuando los tres electrodos están en línea recta y la tierra en un solo electrodo, tubería o placa.

Dependiendo de la longitud del electrodo, se especifica la distancia del electrodo de potencial (P2), y electrodo de corriente (C2).

Generalmente se utilizan electrodos (varillas de tierra), de tres metros de longitud y un diámetro de 19 mm. Por lo anterior la distancia del electrodo de prueba al electrodo de potencial es de 18 metros y la distancia del electrodo bajo prueba, al electrodo de corriente es de 30 metros.

III.6.2.1 Recomendaciones para Realizar la Prueba:

Antes de realizar la prueba es necesario comprobar la correcta operación del equipo, realizando las siguientes actividades.

- Ajuste del cero.

- Comprobación de la batería.
- Ajuste eléctrico del cero.
- Comprobación de sensibilidad.

III.6.2.2 Conexiones para Realizar la Prueba:

En la siguiente figura se muestran las conexiones para la medición de resistencia de tierra por el método del 62 %.

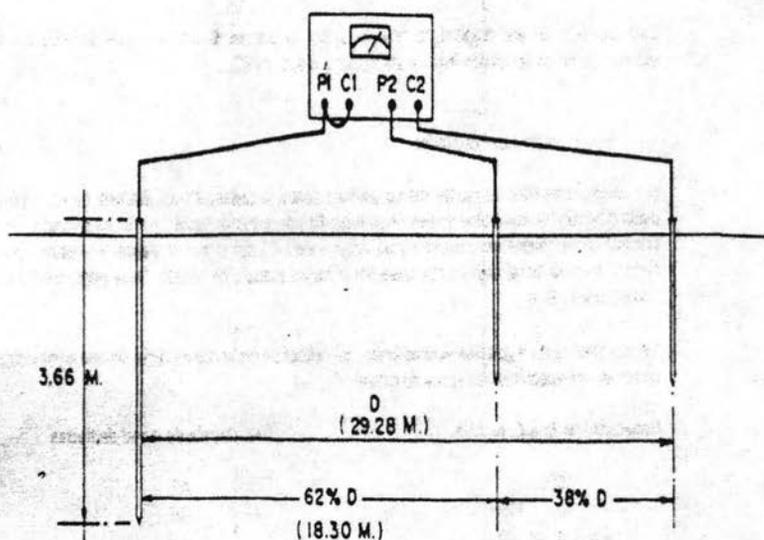


FIGURA 30
 MEDICIÓN DE UN ELECTRODO DE TIERRA
 PRUEBA DEL MÉTODO DEL 62%

LONGITUD DEL ELECTRODO BAJO PRUEBA MTS.	DISTANCIA AL ELECTRODO DE POTENCIAL P2 MTS.	DISTANCIA AL ELECTRODO DE CORRIENTE C2 MTS.
1.03	13.72	21.96
2.44	15.25	24.40
3.05	16.77	26.84
3.66	18.30	29.28

III.6.2.3 Interpretación de Resultados:

De las cuatro mediciones realizadas en direcciones opuestas, obtener el valor promedio. Estos valores deberán ser de 2 ohms, en época de lluvias y de 10 ohms en época de estiaje.

CAPITULO IV

ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO

IV.1 COSTO ESTIMADO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO- INTERRUPCIÓN DEL SERVICIO.

En la actualidad los responsables de asignar recursos económicos al área de mantenimiento y conservación de unidades médicas, deben tener la visión de lo importante y delicado que es llevar a cabo un mantenimiento adecuado que permita la continuidad de los servicios a los pacientes, mediante la correcta y permanente operación de los sistemas, instalaciones y equipos industriales que respaldan la atención médica.

Sin embargo, una justificación económica para la implantación del mantenimiento preventivo es raramente factible y el impacto inicial refleja una elevación de los costos, por eso es de vital importancia la decisión de cómo y donde empezar, pero más esencial es convencernos del gran valor que tiene el realizar un mantenimiento preventivo.

Es necesario distinguir, desde el principio los beneficios o ventajas que puedan alcanzar directamente por la aplicación del mantenimiento preventivo contra lo que arroja en comparación

con otras técnicas o procedimientos. El no hacer esta distinción ha conducido a reclamaciones injustas en contra del procedimiento y ha causado una confusión considerable en el uso del término preventivo y en algunos casos se han tenido desgracias por falta de un mantenimiento adecuado.

Dentro de las ventajas del mantenimiento preventivo en comparación con el mantenimiento correctivo, se encuentran las siguientes:

Costos de reparación:

Se puede reducir el costo de reparación de los equipos cambiando el sistema de mantenimiento correctivo a mantenimiento preventivo.

Disminución de las existencias en almacén:

Es posible reducir la inversión en los productos o refacciones almacenados empleando el sistema de mantenimiento preventivo, puesto que se determinan en forma mas precisa los materiales de mayor o menor consumo.

Cuando se aplica el mantenimiento predictivo, es necesario asegurarse de que la institución esta en condiciones de aprovechar al máximo sus ventajas, tomando en cuenta, sobre todo, el costo que representaría un paro inesperado en el servicio.

Otro factor importante para determinar las conveniencias de aplicar el mantenimiento predictivo es el estado de conservación del equipo, pues es evidente que resultaría un desperdicio de tiempo y dinero el aplicar las técnicas más modernas a equipos que deberían haber tenido una reparación general hace mucho tiempo.

A diferencia del mantenimiento preventivo, que debe aplicarse en conjunto, al mantenimiento predictivo puede aplicarse paso a paso. De hecho, en muchas instituciones, se utilizan instrumentos de diagnóstico sin tener instaurado un sistema de mantenimiento predictivo y es muy conveniente ir adquiriendo esos instrumentos de diagnóstico que puedan justificar económicamente, para ir creando la base de un programa de mantenimiento predictivo.

Lógicamente no tiene sentido seguir defendiendo una instalación o equipo cuando los costos de inspección y de revisión sean superiores a los de reparación e incluso sustitución del mismo.

Para un correcto mantenimiento se debe establecer un programa a base de costos mínimos, para lo cual las visitas de los inspectores o supervisores deben tener la frecuencia estrictamente necesaria y la máxima eficacia.

Cuando se realiza un mantenimiento preventivo debidamente programado se tiene la gran ventaja, que en la adquisición de materiales, refacciones y herramientas se dispone del tiempo suficiente para realizar un buen mercadeo y poder obtener

dichos insumos oportunamente, anticipadamente y al mejor costo del mercado, cuando se realiza el mantenimiento correctivo pareciera increíble, pero se llegan a quedar fuera de servicio los equipos por tiempos prolongados, ya que existen refacciones que no son de entrega inmediata, que no se tienen en stock, que se tienen que solicitar al extranjero o son de fabricación especial, además se llegan a pagar importes elevadísimos en comparación con el costo real del insumo.

Cuando se llega a interrumpir el servicio médico por falta o deficiencia de los equipos industriales, el costo es incalculable, ya que además del costo de la reparación del equipo y la suspensión en el servicio médico, el daño a la población por falta de atención médica es incalculable y no se puede determinar con fijarle un importe, ya que el daño a la salud o la pérdida de vidas humanas no tiene costo.

El mantenimiento predictivo debe aplicarse sin excepciones a todas aquellas instituciones que brindan servicios médicos, por lo menos en aquellos equipos, sistemas e instalaciones que son soporte de vida y que la menor falla pueda agravar la salud de un paciente y en determinado momento pueda causarle hasta la muerte.

Dentro de los programas de mantenimiento se deben considerar en determinado momento cuando sea necesario el cambio y/o sustitución de algún equipo, ya sea por que a estos se les venció su vida útil conforme a lo que especifican los fabricantes, o por el mal o excesivo uso de los mismos, hay que saber evaluar cuando el costo del mantenimiento preventivo y correctivo es

mas elevado e innecesario en comparación con la reposición o cambio, sin olvidar el servicio que prestan y lo valioso que representa el que estos tengan futuro en su operación.

En particular en el mantenimiento de las Subestaciones Eléctricas que alimentan de energía a las unidades hospitalarias, se puede decir que el costo por el mantenimiento de estas, es elevado en comparación únicamente con el de otros equipos.

Por lo regular solo requieren de un evento de mantenimiento mínimo anual, que es un equipo estático que no esta sujeto a movimiento que le ocasione desgaste continuo, que se encuentra en locales que permaneces cerrados y se procura tenerlos limpio para evitar en lo posible que el polvo se introduzca en ellos.

Se puede decir que son libres de mantenimiento constante y que se les podría realizar un mantenimiento correctivo en caso de que se presentara una falla ajena a las mismas, producto de alteraciones en las redes de la compañía suministradora o en caso de fallar la coordinación de protecciones del hospital.

En caso de que no se realice el mantenimiento preventivo anual oportunamente, no le sucede de momento nada al equipo, ni al hospital, pero se corre el riesgo de que, si se llegara a presentar una falla y se tenga que recurrir a una reparación, existe la posibilidad de que no se pueda atender en tiempo y forma, debido a que los mecanismos y componentes de la subestación no se encuentran en condiciones de operar, lo cual se hubiera detectado mientras se realiza el mantenimiento preventivo, lo que impacta directamente en la atención a los usuarios.

Por todo lo anterior se puede establecer, que no existe costo representativo para el mantenimiento de subestaciones eléctricas en hospitales, en comparación con el invaluable servicio que prestan dichas Instituciones, debido a que estos son equipos que en determinado momento se consideran como soporte de vida.

COMPARATIVO DEL COSTO ESTIMADO

ACTIVIDAD	COSTO ESTIMADO			
	BAJO	MEDIANO	ALTO	INCALCULABLE
AHORRO EN NO REALIZAR EL MANTENIMIENTO DE LA SUBESTACIÓN ELECTRICA	XX			
COMPRA DE MATERIALES URGENTES POR FALTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		XX	XX	
SUSPENSION DEL SERVICIO POR FALTA DE MANTENIMINETO Y PRESENTACION DE FALLA				XX
RIEGOS QUE CORRE EL PERSONAL AL MANEJAR UN EQUIPO EN MAL ESTADO O FALTO DE MANTENIMIENTO				XX
RIEGOS POR SUSPENSION DE ENERGIA NO PROGRAMADA				XX

CONCLUSIONES

En conclusión, puedo manifestar que el llevar a cabo el mantenimiento preventivo de una subestación eléctrica es de vital importancia y que los beneficios en comparación con cualquier daño por falta del mismo, son incalculables y en determinado momento irreparable.

Es de señalar que este trabajo puede servir de base a la población de la carrera de Ingeniería Eléctrica, para que en un futuro se puedan realizar trabajos que complementen o actualicen a este, así como también el poder realizar otros semejantes a al mismo, pero enfocados a los diferentes equipos eléctricos que se albergan en el local de una subestación, tal es el caso de las plantas generadoras de energía eléctrica, tableros eléctricos, equipos de medición, control y monitoreo, en fin. Es llegar a establecer un manual de mantenimiento eléctrico que sirva de base y que se pueda actualizar permanentemente para siempre tener en optimas condiciones todos los equipos eléctricos.

Por ultimo, quiero señalar que todas las industrias, así como en este caso los hospitales y todos aquellos lugares donde se emplea energía eléctrica, es de vital importancia conservar en todo momento en perfectas condiciones las instalaciones y equipos eléctricos, para eficientizar el consumo, anular gastos innecesarios y evitar algún siniestro que se pueda llegar a lamentar.

BIBLIOGRAFIA.

- **Tableros y Subestaciones Compactas**
Siemens
1997

- **Manual de Conservación**
Instituto Mexicano del Seguro Social

- **Proyectos Eléctricos**
Elmex S.A. de C.V.

- **Mantenimiento a Subestaciones Eléctricas Compactas**
Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas A.C.
Expositor: Ing. Hernán López Cruz
Febrero 2003.

- **Mantenimiento de Instalaciones Eléctricas**
Instituto Mexicano del Seguro Social

- **Puesta en Servicio de Subestaciones**
Comisión Federal de Electricidad