



79
2ej-

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales
" ARAGON "

Mantenimiento Eléctrico a equipos de potencia "Transformadores e Interruptores" de las subestaciones eléctricas de alta tensión del sector norte de Luz y Fuerza del Centro.

T E S I S
Que para obtener el título de:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
p r e s e n t a
MARIO YORIKO VARELA COBOS

Director de Tesis:
Ing. Francisco Jorge Flores Trujillo



ENEP
ARAGON

San Juan de Aragón, México 1998

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

268990



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
POR FOMENTAR LA EDUCACION PROFESIONAL

A LA ENEP CAMPUS ARAGON
POR BRINDARNOS LA OPORTUNIDAD DE SUPERARNOS

A LOS INGENIEROS:

LUCIO RODRIGUEZ ROCHA
JOSE NASSAR SANCHEZ
JOEL JUAREZ CORTE

POR SU APOYO INCONDICIONAL, TIEMPO Y DEDICACION PARA QUE
LOGRARA ESTE META, YA QUE SIN USTEDES ESTE TRABAJO NO
HUBIERA SIDO POSIBLE

A MI ASESOR DE TESIS:

ING. FRANCISCO JORGE FLORES TRUJILLO
POR SU APOYO PARA LA ELABORACION DE ESTE TRABAJO Y MI
FORMACION COMO PROFESIONISTA

AL JURADO REVISOR:

ING. RAUL BARRON VERA
ING. ABEL VERDE CRUZ
ING. J. ANTONIO VILLANUEVA ORTEGA
ING. PASCUAL RIVERA MUÑOZ
POR SUS VALIOSAS APORTACIONES, COMENTARIOS Y SUGERENCIAS,
POR ENRIQUECER MAS ESTE TRABAJO

A NUESTROS MAESTROS

POR LOS CONOCIMIENTOS Y EXPERIENCIAS QUE NOS BRINDARON

A MIS PADRES

POR QUE EL LOGRO DE UNA META MAS EN LA VIDA DE CUALQUIER PERSONA INDUDABLEMENTE ES IMPORTANTE , PERO CUANDO ESTA META INVOLUCRA "ESFUERZO", "DEDICACION", "SACRIFICIO" Y "ENTREGA" SE CONVIERTE EN UNA OCASIÓN MUY ESPECIAL, PERO MAS AUN CUANDO UNO CUENTA CON ALGUIEN CON QUIEN COMPARTIRLA. POR LA VIDA, AMOR EDUCACION Y EJEMPLO. COSAS QUE SOLO USTEDES SABEN DAR.

GRACIAS.

A LA MEMORIA DE MI TIO FERNANDO VARELA

QUIEN SIN DUDA HUBIERA DISFRUTADO MUCHO DE ESTE MOMENTO

A MIS HERMANOS

POR SOPORTAR MI CARÁCTER EN MOMENTOS DIFICILES. A ELLOS CON MUCHO CARIÑO PARA QUE ESTO SEA UN ALICIENTE AL FUTURO

A MIS COMPAÑEROS DE ESCUELA

POR LA FORTUNA DE HABERLOS CONOCIDO Y CONVIVIR MOMENTOS AGRADABLES E INVOLVIDABLES

A CRISTINA

POR SU PACIENCIA, POR SU AMOR Y DEMAS VIRTUDES, POR HACER MAS AGRADABLE MI VIDA

A DIOS

POR REGALARME ESTE MOMENTO

MARIO YORIKO VARELA COBOS

INDICE

INTRODUCCION

I	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
II	OBJETIVO DE LA TESIS	1
III	GENERALIDADES	2

1 ORGANIZACIÓN DE UN DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ELECTRICO

1.1	DEFINICIONES DE MANTENIMIENTO	13
1.2	ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO	15
1.3	OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO	18
1.4	ORGANIGRAMAS DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ELECTRICO	19
1.5	POLITICAS GENERALES DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ELECTRICO	24
1.6	FUNCIONES APLICABLES AL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ELECTRICO	24
1.7	TEORIA Y TIPOS DE MANTENIMIENTO	28
1.8	DESCRIPCION Y FUNCIONES DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	31
1.9	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO	35
1.10	PREVENCION DE ACCIDENTES EN EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ELECTRICO	35
1.11	METODOLOGIA SEGURA PARA LA EJECUCION DEL TRABAJO	37

2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO A TRANSFORMADORES DE POTENCIA

2.1	DESCRIPCION Y FUNCIONAMIENTO DE UN TRANSFORMADOR	44
2.2	CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS TRANSFORMADORES DE POTENCIA	46
2.3	ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LOS TRANSFORMADORES DE POTENCIA	53
2.4	TEORIA DE LOS TRANSFORMADORES	63
2.5	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DINAMICO	69
2.6	PRUEBAS DE CAMPO A TRANSFORMADORES DE POTENCIA	80
2.7	MANTENIMIENTO CORRECTIVO A TRANSFORMADORES DE POTENCIA	90
2.8	ANALISIS DE FALLAS DE TRANSFORMADORES	102
2.9	PROTECCION DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA	103

3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO A INTERRUPTORES DE POTENCIA

3.1	DESCRIPCION Y FUNCIONAMIENTO DE UN INTERRUPTOR	107
3.2	CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS INTERRUPTORES DE POTENCIA	108
3.3	ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LOS INTERRUPTORES DE POTENCIA	113
3.4	TIPOS DE INTERRUPTORES DE POTENCIA	116
3.5	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DINAMICO	121
3.6	PRUEBAS DE CAMPO A INTERRUPTORES DE POTENCIA	138
3.7	MANTENIMIENTO CORRECTIVO A INTERRUPTORES DE POTENCIA	148
3.8	ANALISIS DE FALLAS DE INTERRUPTORES DE POTENCIA	162

4 EL CONTROL DE ALMACEN Y EL CONTROL DE CALIDAD DOS ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

4.1 IMPORTANCIA DEL CONTROL DE ALMACEN	165
4.2 SUSTITUCION DE COMPONENTES	166
4.3 CLASIFICACION DE REPUESTOS	166
4.4 HERRAMENTAL	167
4.5 REQUERIMIENTO DE MATERIALES	169
4.6 INVENTARIOS	171
4.7 LA IMPORTANCIA DE LA CALIDAD EN EL MANTENIMIENTO	172
4.8 FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL MANTENIMIENTO	173
4.9 PRINCIPIOS DE LA CALIDAD DE MANTENIMIENTO	174
4.10 SISTEMAS DE CALIDAD	175
4.11 MANTENIMIENTO PREVENTIVO TOTAL (MPT)	177

5 EL ANALISIS ECONOMICO

5.1 ELEMENTOS DE EVALUACION DEL MANTENIMIENTO	181
5.2 LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO	184
5.3 OBJETIVOS DEL ANALISIS DE COSTOS	185
5.4 ESTIMACION DE LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO	186
5.5 REGISTRO DE LOS DATOS ESTADISTICOS	186
5.6 ELABORACION DE REPORTES	188
5.7 EVALUACION DE LA EFICIENCIA DEL PROGRAMA	197
5.8 APLICACIÓN DE RESULTADOS	199
5.9 BENEFICIOS A LARGO PLAZO	200

ANEXOS

I. NOMENCLATURA	202
II. SIMBOLOGÍA ELECTRICA Y DIAGRAMAS UNIFILARES	213
III. DEFINICION DE OPERADORES	222
IV. FORMATO PARA SOLICITAR LICENCIAS	223
V. RIESGO ELECTRICO	226

CONCLUSIONES	236
---------------------	------------

BIBLIOGRAFIA	237
---------------------	------------

INTRODUCCION

I.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La actividad económica nacional gira en torno de diversos factores que involucran el giro industrial de la empresa, el aseguramiento de la calidad en los servicios, el mercado que se tenga que satisfacer (nacional e internacional), el tiempo requerido para una producción determinada, entre otros. Para tal efecto los sistemas de energía eléctrica deben estar disponibles la mayor parte del tiempo posible, pero factores como los paros imprevistos, la falta de mantenimiento en los mismos y el no contar con presupuesto para la adquisición de nuevos equipos, impiden a Luz y Fuerza del Centro cumplir con los compromisos adquiridos con anterioridad. De aquí la necesidad imperante de contar con un programa de mantenimiento confeccionado para las necesidades existentes en las subestaciones eléctricas y capaz de dar solución a problemas reales en las jornadas laborables.

II.- OBJETIVO DE LA TESIS

El objetivo de este trabajo es proporcionar los elementos para establecer las bases de elaboración de un programa de mantenimiento, así como ejemplos prácticos a seguir durante su desarrollo, todo encaminado a preservar los equipos electromecánicos "Transformadores e Interruptores de Potencia" en las subestaciones eléctricas del sector norte de Luz y Fuerza del Centro.

III.- GENERALIDADES

En la vida moderna, prácticamente en todos sus aspectos, depende de la energía eléctrica. Todos conocemos los perjuicios que ocasiona cualquier interrupción en la energía eléctrica, tanto en la industria como en los servicios públicos o el uso doméstico.

Para reducir al mínimo las fallas en el suministro de energía eléctrica es necesario entre otras cosas, una alta confiabilidad en el equipo que integra el sistema.

ELEMENTOS DEL SISTEMA ELECTRICO NACIONAL

Los sistemas fundamentales que definen la estructura de un Sistema de Energía Eléctrica (SEE) son:

- ♦ Sistema de Generación.
- ♦ Sistema de Transporte de Energía Eléctrica.
- ♦ Sistema de Distribución de Energía Eléctrica.

SISTEMA DE GENERACION

El objetivo del sistema de generación es producir la energía eléctrica demandada.

El dispositivo práctico para generar las grandes cantidades de energía eléctrica, es el Generador Síncrono.

En general, el proceso de generación de energía eléctrica es la conversión de energía mecánica en energía eléctrica, donde la energía mecánica es suministrada por una Turbina y la energía eléctrica es la producida por el Generador Síncrono.

El proceso de conversión de energía mecánica en eléctrica se lleva a cabo en sitios conocidos como Centrales Eléctricas o Estaciones Generadoras.

Al conjunto de Centrales que suministra la energía eléctrica a un sistema de energía eléctrica se le conoce como: "Sistema de Generación".

Los dos medios más importantes utilizados para mover las turbinas son el vapor y el agua, aunque existan otros, entre ellos viento y el gas.

Las centrales eléctricas se clasifican en:

- ♦ Termoeléctricas.
- ♦ Hidroeléctricas.

De acuerdo a las fuentes primarias las centrales termoeléctricas se clasifican en:

- ♦ Centrales de combustibles fósiles.
- ♦ Centrales nucleares.
- ♦ Centrales de turbina de gas.
- ♦ Centrales de ciclo combinado.
- ♦ Centrales geotérmicas.

Por su parte las centrales hidroeléctricas utilizan la energía potencial del agua como fuente primaria de energía para generar energía eléctrica. Estas centrales se localizan en sitios tales que exista una diferencia de altura entre la central eléctrica y el suministro de agua.

Las centrales hidroeléctricas se pueden clasificar de acuerdo con dos diferentes criterios fundamentales:

- ♦ Por su tipo de embalse.
- ♦ Por la altura de la caída del agua.

De acuerdo por su tipo de embalse se tiene los siguientes tipos de centrales hidráulicas:

- ♦ Centrales de lecho de río.
- ♦ Centrales de embalse.
- ♦ Centrales de rebombeo.

SISTEMA DE TRANSPORTE DE ENERGIA ELECTRICA

Se denomina sistema de transporte de energía eléctrica al sistema responsable de llevar a los centros de consumo la energía eléctrica producida por el sistema de generación.

Para transmitir grandes cantidades de energía eléctrica y reducir las pérdidas por transmisión, conviene operar la línea de transmisión a niveles de tensión ALTOS.

La cantidad de energía eléctrica a transportar y las distancias geográficas son los dos factores más importantes que define los voltajes a utilizar en un sistema de transporte de energía eléctrica.

Se distinguen tres niveles básicos de transporte de energía eléctrica:

- ♦ Nivel de transmisión.
- ♦ Nivel de subtransmisión.
- ♦ Nivel de distribución.

NIVEL DE TRANSMISION

El objetivo de este nivel es el movimiento de bloques grandes de energía de los Centros de Generación a las subestaciones importantes ubicadas en los principales centros de consumo. Generalmente estos movimientos de energía se realizan entre grandes distancias, por lo que, los niveles de tensión son altos para minimizar las pérdidas de potencia activa.

En el Area de Control Central se utilizan tensiones de 85 hasta 400KV.

NIVEL DE SUBTRANSMISION

El objetivo de este nivel de transporte es el movimiento de cantidades regulares de bloque de energía de las subestaciones de extra y alta tensión a las subestaciones de distribución.

En el Area de Control Central se utilizan voltajes de 85 y 230 KV principalmente.

NIVEL DE DISTRIBUCION

Su objetivo es el transporte de energía eléctrica de las subestaciones a los consumidores. En el Area de Control Central se utiliza voltaje de 23 y 6 KV, y en algunas zonas rurales 13.2KV.

SISTEMA DE DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA

Un sistema de distribución de energía eléctrica: es el conjunto de dispositivos eléctricos cuya finalidad principal es conducir energía eléctrica desde el lugar de suministro en la subestación de potencia hasta la zona de consumo.

El sistema de Distribución de Energía comprende:

- ♦ Las subestaciones de distribución.
- ♦ La red de distribución Primaria-Alimentadores.
- ♦ Los Transformadores de Distribución.
- ♦ La red de distribución Secundaria Baja Tensión.
- ♦ Acometida y Medición del servicio al cliente.

CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE DISTRIBUCION PRIMARIA O ALIMENTADORES

Las características principales de un alimentador o línea de distribución aérea de 23KV son:

Número de conductores	3
Número de fases	3
Capacidad nominal	241.9A con 9 MVA
Capacidad máxima nominal	322.6A con 12 MVA
Voltaje de operación	23KV
Frecuencia	60Hz
Rango de longitud	5 a 50Km
Longitud promedio	16Km

Red de distribución primaria se caracteriza por su sencillez y economía, razón por la cual su empleo esta muy generalizado, se adapta principalmente para:

♦ **Zonas urbanas con:**

- Carga residencial
- Carga industrial
- Carga comercial

♦ **Zonas rurales con:**

- Carga doméstica
- Carga pequeña industria

CLASIFICACION DE LA RED DE DISTRIBUCION PRIMARIA O ALIMENTADORES

♦ **De acuerdo a su tipo de construcción:**

- Sistemas aéreos
- Sistemas subterráneos
- Sistemas mixtos

♦ **De acuerdo a su tipo de operación:**

- Sistema radial
- Sistema paralelo

♦ **Por su importancia y de acuerdo a su tipo de carga:**

- *Color blanco.*- Los que llevan carga de suma importancia, como hospitales, sistemas de bombeo de agua potable y aguas negras, sistema de transporte colectivo, etc.

- *Color azul.*- Los que llevan carga industrial predominante.

- *Color amarillo.*- Los que llevan carga residencial, comercial o doméstica.

ELEMENTOS DE LA RED DE DISTRIBUCION DE UN ALIMENTADOR

La configuración más sencilla empleada para los alimentadores es la de tipo arbolar, la cual consiste en conductores de grueso calibre en el troncal y de menor calibre en las derivaciones o ramales. En conjunto con el troncal y los ramales están los elementos de la red de distribución que son:

Cuchillas de navaja
Interruptores operados en aire
Restaurador automático
Seccionador automático
Banco de capacitores
Conductores
Aisladores
Postes y herrajes
Transformadores de distribución
Portafusibles y fusibles
Apartarrayos

RED DE DISTRIBUCION SECUNDARIA O BAJA TENSION

Características:

Número de fases	3
Número de conductores	4
Voltaje entre fases	220V
Voltaje fase a neutro	127V
Frecuencia	60Hz

Esta red secundaria de distribución se instala en la misma posteria de la red primaria o en posteria independiente pero en serie con la primera.

Su instalación es de dos tipos:

- ♦ En línea abierta.
- ♦ En BMCU.

ACOMETIDA Y MEDICION DEL SERVICIO

L y FC proporciona a los usuarios distintos voltajes de suministro, quedando esto, a elección del consumidor.

El consumidor puede elegir entre la alta y baja tensión. Si opta por la alta tensión, L y FC define el voltaje de suministro en 6 y 23 KV.

Las acometidas son encargadas de conectar las instalaciones particulares de los consumidores a las líneas de suministro. Esta conexión siempre debe ser realizada por personal de L y FC y en todo caso debe ir provista por su equipo de medición, lo cual requiere la celebración previa de un contrato. Las acometidas son del voltaje estipulado por el contrato del servicio y de magnitud adecuada al monto del mismo.

Las acometidas de baja tensión a diferencia de las de alta tensión, no se protegen en ninguna forma, la única protección la proporciona el fusible del primario del transformador de distribución. Los servicios de menor magnitud se suministran en acometidas aéreas.

SUBESTACIONES

Los puntos donde se realizan las interconexiones de los elementos de un sistema de energía eléctrica y los procesos de elevación y reducción de tensión en los diferentes niveles de transporte de energía se llaman subestaciones.

Sirven de punto de interconexión para facilitar la transmisión y distribución de energía eléctrica.

Pueden clasificarse de acuerdo a:

a) Funciones que desempeñan

Elevadoras.- Son aquellas donde se eleva la tensión suministrada por los generadores; en ellas la fuente de energía alimenta el lado de baja tensión de los transformadores de potencia.

Reductoras.- Son aquellas donde se reduce la tensión para suministrar a otras subestaciones o alimentar redes de distribución, en ellas la fuente de energía se conecta del lado de alta tensión de los transformadores de potencia, encontrándose la carga de lado de baja tensión.

b) Por su tipo de construcción

Tipo Interior.- El equipo se instala dentro de un edificio. No son aptas para operar expuestas a condiciones atmosféricas, por su alto costo son utilizadas en lugares densamente poblados donde no hay posibilidad de contar con extensiones grandes de terreno o bien en lugares con alta contaminación.

Tipo Intemperie.- El equipo se instala a la intemperie para operar expuestas a las condiciones atmosféricas y ocupan grandes extensiones de terreno.

Blindadas.- El equipo se instala en gabinetes blindados y estos a la intemperie.

c) Por su forma de operación

Automatizadas.- Las que cuentan con equipo computarizado para operarlas a control remoto desde un centro de operación.

Convencionales.- Aquellas que tienen personal de base para ejecutar las maniobras de operación. Cuenta con equipo para control remoto desde el salón de tableros.

Rurales.- En las que es necesario enviar personal para ejecutar las maniobras, ya que además de no contar con personal de base tampoco cuentan con equipo para operar a control remoto. Estas tienden a desaparecer por el programa de cambio de voltaje 6-23KV.

d) Por arreglo de los buses

Se indican como ejemplo los siguientes:

- ♦ Barra sencilla.
- ♦ Arreglo de doble barra con interruptor de amarre.
- ♦ Arreglo de interruptor y medio.
- ♦ Doble barra con barra de transferencia.
- ♦ Arreglo de doble barra con dos interruptores.
- ♦ Bus seccionado.

COMPONENTES DE UNA SUBESTACION

Los principales componentes de una subestación son:

- Transformadores de potencia
- Interruptores
- Cuchillas desconectoras
- Cuchillas de puesta a tierra
- Transformadores de instrumento:
 - a) de potencial
 - b) de corriente
- Apartarrayos
- Barras colectoras
- Estructuras de soporte
- Aisladores y herrajes
- Sistema de alimentación de corriente directa y alterna
- Sistema de protección, control, señalización y medición
- Red de tierra
- Trincheras, ductos y drenajes
- Alumbrado normal y de emergencia
- Trampa de onda
- Sistema de aire comprimido
- Planta de emergencia

Las Subestaciones eléctricas telecontroladas o convencionales las operan en forma primaria y directa el personal del departamento de operación de la Gerencia de Producción, y en forma indirecta y/o telecontrolada:

- *El personal de Operación Sistema de la Gerencia de Producción (el equipo correspondiente a generación y transmisión).*
- *El personal de Operación Ciudad de la Gerencia de Transmisión y Transformación (el equipo correspondiente a distribución).*

Son estos operadores quienes reportan y autorizan al departamento de mantenimiento eléctrico todas las actividades para poder llevar a cabo el mantenimiento preventivo y correctivo a los equipos electromecánicos de las subestaciones eléctricas.

Se debe mencionar que todos los elementos de una subestación eléctrica tienen una función que desempeñar y cada uno es importante de acuerdo a su ubicación que guardan dentro de la instalación, sin embargo es necesario conocer con cierto detalle aquellos elementos que por la función que desempeñan resultan de mayor importancia.

Es por ello que este trabajo esta orientado en forma general al mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de potencia "Transformadores e Interruptores" y en particular al instalado en las subestaciones del sector norte de Luz y Fuerza del Centro.

El presente trabajo lo he intitulado: "Mantenimiento Eléctrico a equipos de potencia 'Transformadores e Interruptores' de las subestaciones eléctricas de alta tensión del sector norte de Luz y Fuerza del Centro", por lo cuál pretendo hablar en términos generales de la función y de la contribución del departamento de mantenimiento, hacia mejorar la confiabilidad del servicio de las subestaciones eléctricas, comentando brevemente la importancia del mantenimiento preventivo y correctivo, hacia los equipos de potencia transformadores e interruptores, tomando como aspectos fundamentales para el buen funcionamiento de los programas de mantenimiento, el control de almacén y el control de calidad, para así poder hacer un análisis económico que ayude a mejorar los costos de mantenimiento.

CAPITULO I

ORGANIZACION DE UN DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ELECTRICO

1.1 Definiciones de Mantenimiento

Mantenimiento: es una palabra compuesta por trece fonemas, siendo cada una de estas, las letras que lo componen, así mismo posee dos partes principales el lexema *Manten*, que significa conservar una cosa en su ser, darle vida y permanencia; y el gramema *imiento* que es la parte significativa y variable de la palabra que quiere decir - lugar donde -.

Mantenimiento industrialmente hablando: es la función que provee todos los medios necesarios para mantener en óptimas condiciones de uso y servicio las unidades, instalaciones y equipos de una empresa, para incrementar su productividad y rendimiento, para así permitir una operación continua con el máximo de eficiencia, seguridad y economía.

Mantenimiento: dentro de las subestaciones eléctricas de Luz y Fuerza del Centro, es la serie de actividades que se deben de desarrollar y/o poner en práctica para garantizar, en los equipos electromecánicos e instalaciones, un máximo de servicio, a un costo mínimo de operación y máxima eficiencia, reduciendo al mínimo su depreciación tecnológica.

Para que los equipos instalados en las subestaciones eléctricas, bajo los lineamientos al personal y al mismo equipo, se encuentren en operación o servicio, el tiempo y bajo las condiciones requeridas, por lo menos de acuerdo a lo garantizado por su fabricante y si es posible un tiempo mayor.

Por lo que se obtiene una amortización del costo del equipo y si es posible una revalorización del mismo con respecto al tiempo.

Con el fin de profundizar más adelante en el dominio del mantenimiento, será útil la comparación práctica entre la "Salud humana" y la "Salud máquina". Véase cuadro 1.

El mantenimiento es la medicina de las máquinas

Existe una analogía, puesta en evidencia en el siguiente cuadro 1

Salud del hombre	Analogía	Analogía	Salud de las máquinas
Conocimiento del hombre	Nacimiento	Puesta en servicio	Conocimiento de la tecnología
Conocimiento de las enfermedades	Longevidad	Durabilidad	Conocimiento de los tipos de fallas
Carnet de salud			Histórico
Dossier médico			Dossier máquina
Diagnóstico, examen, visitas	Buena salud	Fiabilidad	Diagnóstico, prueba, inspección
Conocimiento de los tratamientos			Conocimiento de las acciones curativas
Tratamiento curativo			Arreglo, reparación
Operación			Renovación, modernización
	Muerte	Rechazo	

1.2 Administración del mantenimiento

La administración del mantenimiento tiene dos fases que se clasifican de la siguiente manera:

Fase de la administración mecánica:	a) Previsión b) Planeación c) Organización
Fase de la administración dinámica:	a) Integración b) Dirección c) Control

ADMINISTRACION MECANICA

a) **Previsión:** Consiste en la determinación, técnicamente realizada, de lo que se desea lograr por medio del departamento de mantenimiento eléctrico, y la investigación y valoración de cuáles serán las condiciones futuras en que dicho departamento de mantenimiento habrá de encontrarse hasta determinar los diversos cursos de acción posibles.

Comprende tres etapas:

- ♦ **Objetivos:** En este punto se fijan los fines.
- ♦ **Investigaciones:** Se refiere al descubrimiento y análisis de los medios con que puede contarse.
- ♦ **Cursos alternativos:** Trata de la adaptación genérica de los medios encontrados, a los fines propuestos, para ver cuántas posibilidades de acción distintas existen.

b) Planeación: Consiste en la determinación del curso concreto de acción que se habrá de seguir, fijando los principios que lo habrán de presidir y orientar, la secuencia de operaciones necesarias para alcanzarlo, y la fijación de tiempos, unidades, etc., necesarios para su realización.

Comprende tres etapas:

- ♦ **Políticas:** Principios para orientar la acción.
- ♦ **Procedimientos:** Secuencia de operaciones o métodos.
- ♦ **Programas:** Fijación de tiempos requeridos.

c) Organización: Se refiere a la estructuración técnica de las relaciones, que deben darse entre las jerarquías, funciones y obligaciones individuales necesarias en el departamento de mantenimiento para su mayor eficiencia.

Comprende tres partes:

- ♦ **Jerarquías:** Fijar la autoridad y responsabilidad correspondiente a cada nivel.
- ♦ **Funciones:** Determinación de cómo deben dividirse las grandes actividades especializadas, necesarias para lograr el fin general.
- ♦ **Obligaciones:** Las que tienen en concreto cada unidad de trabajo susceptible de ser desempeñada por cada individuo.

ADMINISTRACION DINAMICA

a) **Integración:** Consiste en los procedimientos para dotar al departamento de todos aquellos medios que la mecánica administrativa señala como necesarios para su más eficaz funcionamiento, escogiéndolos, introduciéndolos, articulándolos y buscando su mejor desarrollo.

Comprende tres etapas:

- ♦ **Selección:** Técnicas para encontrar y escoger los elementos necesarios.
- ♦ **Introducción:** La mejor manera para lograr que los nuevos elementos se articulen lo mejor y más rápidamente que sea posible al departamento.
- ♦ **Desarrollo:** Todo elemento en un departamento busca y necesita progresar, mejorar.

b) **Dirección:** Es impulsar, coordinar y vigilar las acciones de cada miembro y grupo del departamento de mantenimiento con él propósito de que el conjunto de todos ellos realice del modo más eficaz los planes señalados.

Comprende tres etapas:

- ♦ **Mando o autoridad:** Es el principio del que deriva toda la administración y, por lo mismo, su elemento principal, que es la dirección, se estudia cómo delegarla y cómo ejercerla.
- ♦ **Comunicación:** Es como el sistema nervioso del departamento; lleva al centro (director) todos los elementos que deben conocerse, y de este, hacia cada órgano y célula, las órdenes de acción necesarias, debidamente coordinadas.
- ♦ **Supervisión:** La función última de la administración es el ver si las cosas se están haciendo tal y cómo se habían planeado y mandado.

c) **Control:** Consiste en el establecimiento de sistemas que nos permitan medir los resultados actuales y pasados en relación con los esperados, con el fin de saber si se ha obtenido lo que se esperaba, corregir, mejorar o formular nuevos planes.

Comprende tres etapas:

- ♦ **Establecimiento de normas:** Porque sin ellas es imposible hacer la comparación, base de todo control.
- ♦ **Operación de los controles:** Esta suele ser una función propia de los técnicos especiales en cada uno ellos.
- ♦ **Interpretación de resultados:** Esta es una función administrativa, que vuelve a constituir un medio de planeación.

Todos los lineamientos de las dos fases responden a cuestionamientos:

Previsión:	¿Qué se puede hacer?
Planeación:	¿Qué se va a hacer?
Organización:	¿Cómo se va a realizar?
Integración:	¿Con qué y quién lo va a hacer?
Dirección:	Ver que se haga
Control:	¿Cómo se ha realizado?

1.3 Objetivos del mantenimiento

Objetivo técnico.- Tiene la finalidad de mantener en operación continua, confiable y segura los inmuebles, instalaciones y equipos electromecánicos con que cuentan las subestaciones para no interrumpir los servicios de la misma.

Objetivo económico.- Se basa en utilizar los medios de los que se dispone para sostener lo más bajo posible los costos de mantenimiento del equipo e instalaciones.

1.4 Organigramas del departamento del mantenimiento eléctrico

Del organigrama de ubicación del departamento de mantenimiento eléctrico del cuadro 2, se observa que:

- ♦ Este departamento es dependiente de la Gerencia de Transmisión y Transformación.
- ♦ El Sector Norte Area Nonoalco se encarga de dar mantenimiento a las subestaciones eléctricas que se mencionan a continuación:

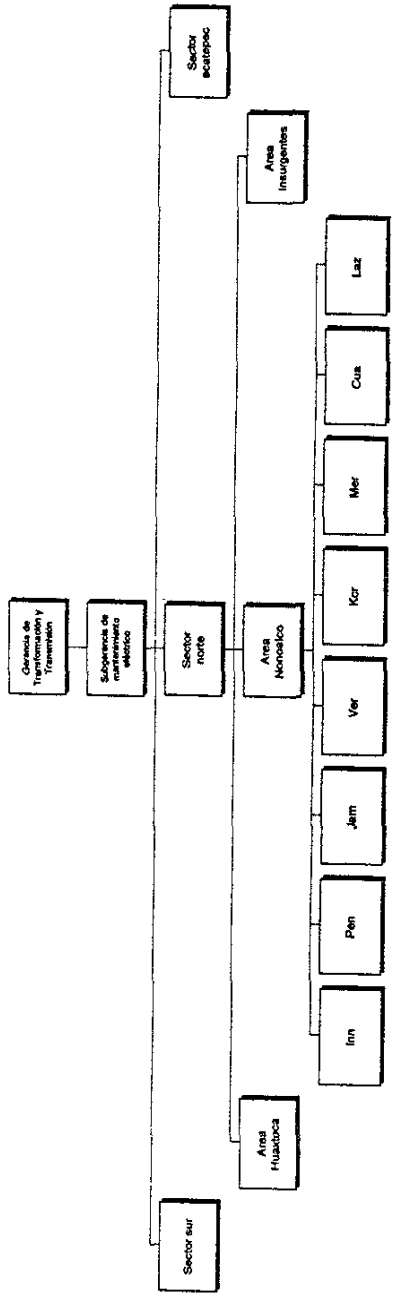
<ul style="list-style-type: none">- Cuahutemoc- Indianilla- Jamaica- Kilometro Cero- Pensador Mexicano- Merced- San Lázaro- Vértiz

Del organigrama interno del departamento de mantenimiento eléctrico del cuadro 3 se observa que:

- a) **Superintendente.-** Será responsable ante la gerencia del desarrollo total del programa, debiendo tener seguridad de que la organización, control y ejecución del trabajo es efectiva.
- b) **Ingeniero de mantenimiento.-** Será el responsable directo del centro de trabajo.
- c) **Auxiliar administrativo.-** Tiene como responsabilidades primordiales:
 - ♦ Mantener los archivos, controles y documentos establecidos.

Organigrama de ubicación del departamento de mantenimiento eléctrico

Sector Norte Area Nonoalco cuadro 2



- ♦ Preparar la lista semanal de actividades.
- ♦ Controlar la marcha diaria de actividades.
- ♦ Efectuar resúmenes y acumulación de datos.
- ♦ Anotar las desviaciones ocurridas.
- ♦ Incorporar modificaciones al programa.

d) Supervisor.- Tiene entre otras responsabilidades:

- ♦ Dirigir a las cuadrillas, en orden a conseguir una eficiente realización de los trabajos.
- ♦ Controlar las entregas y utilización de material, repuestos y herramientas.
- ♦ Disponer las actuaciones según las prioridades.
- ♦ Mantener las listas de trabajos actualizadas y en orden.
- ♦ Sugerir cambios cuando la experiencia lo aconseje.
- ♦ Asegurar orden y limpieza en el lugar de trabajo.
- ♦ Vigilar la práctica de normas de seguridad.
- ♦ Realizar inspecciones finales de los trabajos efectuados.

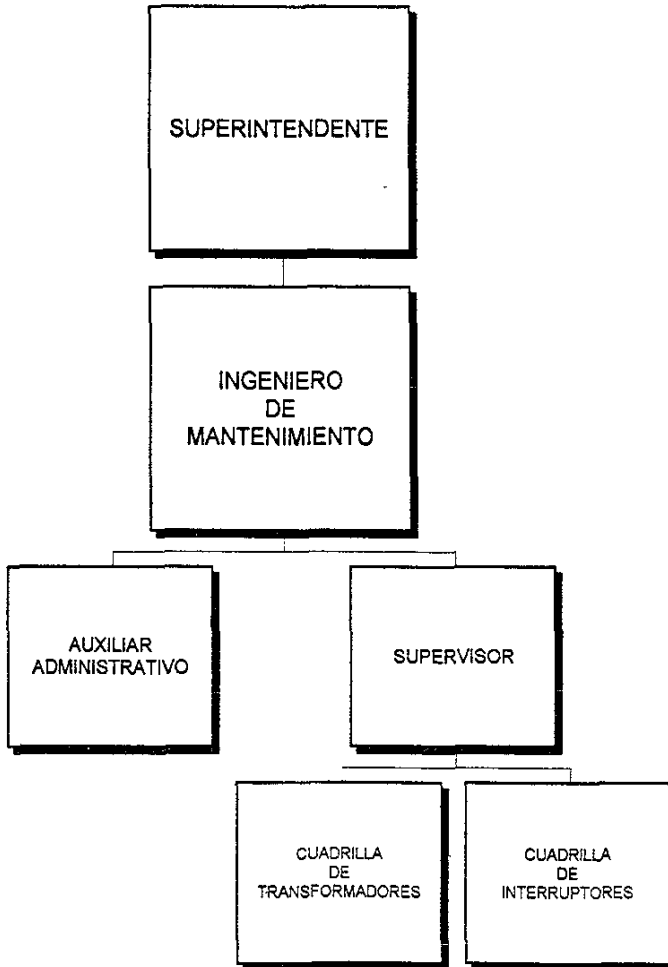
e) Cuadrillas.- Tiene como responsabilidades prioritarias.

- ♦ Ejecutar los trabajos según las ordenes recibidas.
- ♦ Notificar las anomalías o defectos, surgidos durante la realización.
- ♦ Aportar los datos requeridos.
- ♦ Avisar cuando un trabajo está complementado.
- ♦ Notificar cuando exista imposibilidad de continuar el trabajo.

Organigrama del departamento de mantenimiento eléctrico

22

sector norte area nonoalco cuadro 3



El organigrama del departamento de mantenimiento eléctrico, fija la acción y responsabilidad de cada trabajador, además muestra las relaciones de mando del personal e indica que la autoridad máxima del departamento la posee el ingeniero de mantenimiento, quién es el responsable de la organización del personal, la planeación, la orientación de los sistemas y procedimientos del trabajo y todo lo relacionado con este.

PERFIL DEL INGENIERO DE MANTENIMIENTO ELECTRICO

El ingeniero de mantenimiento eléctrico debe tener las siguientes cualidades:

- ♦ Ser un experto ingeniero electricista.
- ♦ Tener algunos conocimientos de ingeniería mecánica.
- ♦ Tener habilidad manual e ideas para zanjar dificultades.
- ♦ Tener un amplio sentido de responsabilidad.
- ♦ Ser metódico y ordenado.
- ♦ Portarse en todos sus actos con seriedad y honradez.
- ♦ Tener don de mandar sin altivez ni grosería.

El ingeniero de mantenimiento eléctrico tiene las siguientes responsabilidades:

- ♦ Mantener en perfecto estado de funcionamiento las instalaciones eléctricas, procurando prever las fallas que pudieran presentarse.
- ♦ Localizar y reparar las fallas, siempre procurando que la reparación sea efectiva y no provisional.
- ♦ Deberá proponer a su empresa todas las mejoras que se hagan necesarias, seleccionará la calidad de las nuevas máquinas electromecánicas, materiales y repuestos, etc..

1.5 Políticas generales del departamento de mantenimiento eléctrico

- ♦ El superintendente es el responsable del mantenimiento y conservación del equipo electromecánico de potencia, esta responsabilidad la comparte con el ingeniero de mantenimiento eléctrico, aunado a esto le delega también la autoridad sobre el personal de la oficina y de campo.
- ♦ El superintendente del departamento tiene la responsabilidad de prever ininterrumpidamente de todos los recursos necesarios para su buen funcionamiento.
- ♦ Los reportes de anomalías y solicitudes de servicio de mantenimiento, deberán ser canalizadas directamente al ingeniero de mantenimiento por los conductos y personas que autorice la Gerencia de Transmisión y Transformación.
- ♦ El ingeniero de mantenimiento proporcionará semanalmente los informes del servicio al superintendente.

1.6 Funciones aplicables al departamento de mantenimiento eléctrico

La función del departamento de mantenimiento es proporcionar los servicios técnicos de ingeniería requeridos para la operación segura y eficiente de los equipos electromecánicos de potencia de las subestaciones eléctricas del sector norte.

El departamento de mantenimiento se responsabiliza de:

- ♦ Trabajo de ingeniería de mantenimiento planeado, reparaciones, instalaciones y reemplazos.

Los principales objetivos de la ingeniería de mantenimiento son:

- ♦ Proporcionar seguridad de que no va a haber paros durante las operaciones de los equipos electromecánicos de potencia.

- ♦ Mantener el equipo en una condición satisfactoria para lograr seguridad en las operaciones.
- ♦ Mantener el equipo a su máximo de eficiencia de operación.
- ♦ Reducir al mínimo el costo de mantenimiento.

La obtención de estos fines requiere:

- ♦ La provisión de un grupo de ingeniería adecuadamente asesorado y supervisado.
- ♦ Un programa firme de mantenimiento preventivo.
- ♦ El mantenimiento de repuestos adecuados, de acuerdo con las condiciones normales.
- ♦ Investigación continua de las causas y remedios de los paros de emergencia.
- ♦ Mantenerse informado acerca de las prácticas de la empresa, avances técnicos, nuevos métodos, equipo y programación.
- ♦ Estrecha cooperación con la operación de supervisión, para satisfacer los requisitos de equipo y programación.

La función del mantenimiento es importante en proporción directa de los siguientes factores:

- ♦ **Nivel de riesgo.**- Son las pérdidas que ocasionaría un equipo si éste estuviera parado.
- ♦ **Nivel de especialidad.**- Es el grado de conocimiento que el técnico pudiera tener para reparar el equipo electromecánico de potencia.
- ♦ **Volumen.**- Es la cantidad de horas-hombre que se necesita para proporcionar un mantenimiento económico.

Estas funciones se basan principalmente en la cuadrilla del personal de mantenimiento enfocada a las necesidades del departamento, hacia los equipos electromecánicos de potencia.

Para alcanzar estos tres puntos se requiere de los siguientes recursos necesarios para el mantenimiento del equipo electromecánico de potencia:

- ♦ **Recursos humanos.-** Es el elemento más importante de este departamento es indispensable para que ésta exista como tal, para su selección se incluyen factores como escolaridad, experiencia, capacidad, responsabilidad, etc.; para asignar puestos desde instructores, supervisores, sobrestantes y hasta el último empleado en el escalafón, ya que cada uno tiene sus actividades específicas e importantes que se entrelazan de diversas maneras dentro de este sistema de servicios.

- ♦ **Recursos financieros.-** Se refiere a obtener los recursos económicos para efectuar el mantenimiento, su obtención dependerá de la habilidad del Superintendente y de las necesidades del servicio de los equipos electromecánicos de potencia.

- ♦ **Recursos materiales.-** Son diferentes repuestos del equipo electromecánico de potencia, indispensables para el logro de los objetivos de la función de mantenimiento, sus beneficios dependen de la oportunidad de abastecimiento y la calidad de sus propiedades físicas.

- ♦ **Recursos de información.-** Tiene especial importancia, de ella dependerá la facilidad de implantar el mantenimiento preventivo y la reparación pronta y sin complicaciones de alguna falla imprevista.

- ♦ **Captación de anomalías.-** Esta captación de anomalías y necesidades de conservación en su mayor parte lo realizará la oficina de mantenimiento por medio de un sistema de programación y revisión que se llevará a cabo por su personal, pero será indispensable que todos los reportes y solicitudes de servicio de otros departamentos se canalicen precisamente a través de su oficina y que no se tramitan dichas solicitudes directamente al personal de mantenimiento, ya que el ingeniero y su auxiliar administrativo deben ser los responsables de saber que rutinas de trabajo tiene cada cuadrilla, cuanto tiempo se llevará en realizarlos, quién lo debe realizar y cuales solicitudes tienen prioridad con respecto a otras.

ASISTENCIAS Y SERVICIOS

Las asistencias y relaciones que se identifican como precisas para el buen funcionamiento del departamento de mantenimiento eléctrico son:

- ♦ **Gerencia.-** A quién se expondrá el plan de trabajo y las necesidades del mismo, se comentará mensualmente la marcha del mismo, así como los desvíos habidos.
- ♦ **Almacén General.-** Que proporcionará el soporte adecuado, manteniendo los niveles de stock establecidos, así como las herramientas precisas.
- ♦ **Finanzas.-** Que dará aprobación y controlará la marcha de los presupuestos parciales, que como consecuencia del plan de trabajo se hubieran confeccionado.
- ♦ **Transporte.-** Este servicio es fundamental, siempre y cuando el personal de mantenimiento se vea obligado a desplazarse distancias largas para la realización de su cometido.
- ♦ **Teléfono.-** Es importante una buena comunicación interna, que permita localización y contacto rápido.

1.7 Teoría y tipos de mantenimiento

El establecimiento de un método de ingeniería de mantenimiento que asegure la disposición del equipo electromecánico de potencia que se requieran en este departamento, es indispensable; las políticas existentes para este fin son:

- ♦ **Basada en el tiempo.-** Dar mantenimiento preventivo cada determinado lapso de tiempo. Por ejemplo cada dos meses, semestral, anual, etc., la frecuencia dependerá del trabajo, riesgo e importancia del equipo.

- ♦ **Basada en la oportunidad.-** Esta política desecha por completo el mantenimiento preventivo, ya que puede pasar bastante tiempo y generar demasiada producción, antes de que quede fuera de programa y sólo hasta entonces darle mantenimiento que no sólo será preventivo sino también correctivo.

- ♦ **Basada en una condición.-** Dar mantenimiento cuando el parámetro A este en el nivel P. Por ejemplo si en un transformador el nivel de aceite del devanado esta por debajo de 25° deberá procederse a llenar el compartimiento de aceite dieléctrico.

- ♦ **Basada en emergencias.-** Esta política considera que el equipo debe operar hasta que se presente una falla que no permita trabajar al equipo y sólo hasta ese momento dar mantenimiento que necesariamente será correctivo.

CLASIFICACION DE MANTENIMIENTO

Mantenimiento Correctivo.- Es el sistema de mantenimiento que más se ha utilizado, es el conjunto de operaciones que tiene como objetivo corregir o eliminar la causa de que una máquina o equipo este fuera de operación durante el tiempo productivo, es realizado después de la falla y por tanto fuera de programa, la ejecución inmediata es de suma importancia.

Entendiéndose por falla la incapacidad para producir trabajo en forma apropiada y no simplemente como la incapacidad para producir. Así, de un equipo que se deteriora y por consecuencia produce trabajo de muy baja calidad a un costo demasiado elevado, se dice que esta fallando.

Al trabajo que se realiza después de la falla se le llama mantenimiento correctivo, trabajo de reparación, restauración o de emergencia.

En ocasiones el trabajo de mantenimiento puede realizarse aunque un equipo haya fallado pero continua produciendo. Al llegar la falla implica la posibilidad de haber afectado otros elementos del conjunto.

El empleo de mantenimiento correctivo, origina cargas de trabajo incontrolables, que causan actividad intensa y lapsos sin trabajo, cuando las necesidades son urgentes, obliga el pago de horas extras, no se controla la productividad, se interrumpen los servicios con gran frecuencia, hay necesidad de comprar todos los repuestos en un momento dado.

La forma de aplicar este tipo de mantenimiento impide el diagnóstico exacto de las causas que provocaron la falla, pues se ignora si falló por maltrato, por abandono, por desconocimiento de manejo, por tener que depender del reporte de una persona para proceder a la reparación, o por desgaste natural.

Mantenimiento Preventivo.- Fue en 1930 cuando se mostraron los primeros indicios de este otro sistema de mantenimiento. Es tan bien aceptado que el concepto se reconoce por las siglas M.P. Su característica principal radica en realizar todas aquellas actividades de mantenimiento con el equipo en operación o que pueden ser programadas para un paro, sin causar durante este lapso demoras, disminución o baja calidad en la producción, además que no propicie una reparación de mayor gravedad en el equipo. El M.P. se emplea para reducir la frecuencia y la magnitud de las reparaciones mayores.

Un buen programa de mantenimiento preventivo puede hacer más lento el desgaste pero no lo elimina se lleva a cabo por medio de inspecciones periódicas, cuya finalidad es reducir al mínimo las interrupciones y una depreciación excesiva del equipo.

Se le llama inspección a la actividad que consiste en examinar el equipo e instalaciones con el objeto de detectar una posible falla declarada; éstas se dividen en ligeras y profundas

Para las primeras, sólo se utilizan los sentidos naturales como: oídos, vista, tacto y olfato. Para las segundas se requiere de equipo sofisticado, costoso y en algunas ocasiones complicados para su operación y análisis.

Este mantenimiento requiere para ser efectuado, un alto grado de conocimientos y de experiencia, para determinar las causas de las fallas repetitivas o tiempos de operación seguros de algunos componentes, o bien, se llega a conocer puntos débiles de instalaciones, equipos y máquinas.

Para ponerlo en práctica, se prepara un plan de trabajo que abarque por lo menos doce meses, de tal forma que ninguna sección de mantenimiento quede sobrecargada o descubierta.

Mantenimiento Predictivo.- El mantenimiento predictivo es más bien una filosofía que un método de trabajo, se basa fundamentalmente en detectar una falla antes de que suceda, usando para ello la aplicación de diversas técnicas, para diagnosticar su existencia.

Una de estas técnicas es la experiencia, el sobrestante que detecta una gota de aceite de alguna de las válvulas de descarga o muestreo de los equipos o el que revisa con la mano que tan caliente están los tanques, una excesiva acumulación de materias carbonosas en las boquillas, esta haciendo mantenimiento predictivo; todo esto para dar tiempo a corregirla en forma programada sin perjuicio de los servicios.

1.8 Descripción y funciones del programa de mantenimiento preventivo

El objetivo de un programa de mantenimiento preventivo es el de maximizar la capacidad productiva de los equipos y de los servicios, manteniéndose mínimos los gastos de mano de obra y materiales de mantenimiento, gastos administrativos, pérdidas originadas por fallas de equipo y diferentes costos fijos de material.

El objetivo tendrá dos bases principales: el concepto técnico con el que se llegará al objetivo inmediato y el económico con el que se llegará al objetivo básico.

El mantenimiento preventivo puede desarrollarse desde no permitir descomposturas en ninguno de los equipos y la concepción de seguir operando el equipo hasta que falle para aplicar mantenimiento correctivo.

Factores del mantenimiento preventivo

El ingeniero de mantenimiento preventivo deberá procurar seguir los pasos siguientes:

- ♦ Conocer y analizar los objetivos de la empresa para poder definir el objetivo de mantenimiento.
- ♦ Conocer a fondo el equipo que se maneja y tener conocimiento de las necesidades, planes, periodos y ritmos de trabajo.
- ♦ Estudiar y tomar en cuenta la capacidad y la habilidad del personal de mantenimiento y del personal de producción que tenga que operar el equipo.
- ♦ Establecer programas de adiestramiento en caso de ser necesario.
- ♦ Estudiar los diferentes planes de mantenimiento aplicables a las subestaciones eléctricas en general y a cada uno de los equipos en particular.
- ♦ Establecer los controles necesarios e indispensables para que el plan prefijado se cumpla.

- ♦ Estudiar cada 12 meses, beneficios, dificultades y fracasos del periodo próximo pasado.
- ♦ Tomando en cuenta las conclusiones obtenidas en el punto anterior, iniciar una nueva acción que afine, corrija o modifique el plan inicial.

Planeación del mantenimiento correctivo

Se elabora un plan a desarrollar para la implantación del mismo, que es observar que tipo de operaciones deben realizarse y con que frecuencia deben efectuarse. Para elaborar esta programación debemos tener en cuenta lo siguiente:

- ¿Qué debe inspeccionarse?
- ¿Con qué frecuencia debe inspeccionarse?
- ¿A qué debe dársele servicio?
- ¿Con qué frecuencia debe dársele servicio?
- ¿A qué componentes debemos asignarles vida útil?
- ¿De cuánto tiempo debe ser esta vida útil?

Para determinar los puntos anteriores debemos basarnos en los siguientes recursos técnicos:

- ♦ Recomendaciones del fabricante.
- ♦ Experiencia propia.
- ♦ Experiencia del trabajador.
- ♦ Análisis de ingeniería.

Planeación de la frecuencia de inspección

- ♦ **Frecuencia.-** Es el periodo o intervalo ideal que existe entre la ejecución de las actividades de mantenimiento.
- ♦ **Programa.-** Es la fijación de las fechas escogidas para llevar a cabo las actividades de mantenimiento.

Para establecer la frecuencia debemos tener en cuenta los siguientes puntos:

- ♦ Antigüedad de la maquinaria o equipo (condición y valor del equipo).
- ♦ La carga o seguridad del servicio del equipo.
- ♦ Registro de seguridad del equipo.
- ♦ Susceptibilidad de siniestros (abusos del equipo, desajustes etc...)

Diferentes formas de desgaste de los componentes del equipo:

- ♦ **Tiempo de operación.**- Es el lapso comprendido desde que la máquina es instalada, hasta que ésta es suspendida para su reparación en general.
- ♦ **Tiempo calendario.**- Es el tiempo preestablecido de acuerdo al programa y condiciones de operación.
- ♦ **Operaciones simples.**- Dentro de esta clasificación se señalan los equipos que no operan constantemente tomando únicamente el lapso de operación.

Inspecciones de mantenimiento preventivo

Ejecutada por las cuadrillas, supervisores y el ingeniero de mantenimiento y debe realizarse durante un periodo preestablecido.

Se debe inspeccionar por ejemplo:

- ♦ Partes expuestas a fallas mecánicas progresivas.
- ♦ Partes expuestas a fallas por acumulación de cuerpos o materias extrañas.
- ♦ Partes expuestas a falla por fuga de aceite.
- ♦ Donde existen indicadores.
- ♦ Elementos que se inspeccionan funcionando.

Control de mantenimiento preventivo

Se enfoca sobre los siguientes puntos:

- ♦ **El control de actividades programadas.-** Son las que han sido elaboradas por el departamento, para proporcionar mantenimiento preventivo a los elementos físicos, programas anuales, mensuales, de inspección, de servicio, etc.
- ♦ **El control de actividades realizadas.-** Se llevará a cabo por medio de la supervisión directa del ingeniero del departamento de mantenimiento, supervisores y en ocasiones por el superintendente; sobre los trabajos que estén ejecutando las cuadrillas del departamento de mantenimiento.

Algunas ventajas del mantenimiento preventivo

- ♦ **Estadísticas.-** Proporcionan un historial del equipo así como de las reparaciones efectuadas, con lo que podemos estimar el período de falla; permite tener un presupuesto muy aproximado del mantenimiento real y partes de reemplazo en almacenes que podría ocasionar un paro mayor.
- ♦ **Confiabilidad.-** Las propiedades físicas sujetas a mantenimiento operan en mejores condiciones de seguridad, puesto que se conoce mejor su estado físico y sus condiciones de funcionamiento.
- ♦ **Disminución de tiempo muerto.-** El tiempo que los equipos de potencia de las subestaciones permanece fuera de servicio llega a ser menor cuando se aplica M.P en comparación con M.C. Los equipos e instalaciones sujetas a M.P tendrán una vida útil considerablemente mayor.
- ♦ **Disminución de las existencias en el almacén.-** Se reduce la inversión pasiva en los materiales y repuestos nuevos almacenados, empleando el sistema de M.P, ya que se determina en forma más precisa su consumo.

1.9 Programa de mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo se da cuando se presenta anomalías mayores en nuestro equipo y es necesario una inspección más profunda, generalmente las fallas se presentan en elementos que no tienen un fácil reemplazo, esto es, es necesario desarmar todo el equipo para llegar a ellas.

La presencia de estas fallas hacen que nuestro equipo no brinde ni en un mínimo necesario sus características técnicas de funcionamiento.

Aunque lo más apropiado en la realización de un mantenimiento correctivo es la sustitución de las piezas que presentan deficiencias, se debe recurrir al recurso de reacondicionamiento para volver a usar esa pieza y obtener de ella el máximo rendimiento; para ello es necesario que cuando se tome esta decisión se este completamente seguro que de la reparación de la misma obtendremos el mismo desempeño de una pieza nueva y por consiguiente no afectará a ninguna otra pieza o piezas.

Con el adecuado empleo del recurso de reacondicionamiento también estaremos aprovechando correctamente nuestro inventario de piezas nuevas, ya que se utilizarán únicamente en casos en que la pieza se encuentre con desgaste severo.

1.10 Prevención de accidentes en el departamento de mantenimiento eléctrico

Dado la naturaleza del trabajo del personal de mantenimiento, es en esta área sin menosprecio de otras, en donde hay más riesgo de tener accidentes de trabajo, debido a este detalle es necesario crear conciencia adecuada en el personal, en el desarrollo de cualquiera de sus actividades en mantenimiento, debe usar apropiado equipo de protección personal, y adoptar algunas medidas que prevengan los accidentes al estar trabajando en sus labores cotidianas.

En lo concerniente a equipo de protección individual se enlistan los siguientes artículos de uso común:

- ♦ Casco contra golpes y/o dieléctrico.
- ♦ Uniforme de seguridad.
- ♦ Calzado de seguridad.
- ♦ Faja
- ♦ Guantes de hule y/o cuero etc.

De las labores de inspección rutinaria, emanadas de los planes de M.P, le permitirán a éste departamento cooperar en gran parte con las actividades de la Comisión Mixta de Seguridad e Higiene. De las mismas inspecciones rutinarias es factible determinar el estado y colocación de los elementos de protección y elementos análogos tendientes a evitar accidentes en el trabajo.

Una inspección bien planeada y sistemáticamente realizada, constituye un medio eficaz para detectar circunstancias que entrañen peligro, las ventajas son:

- Descubrimiento de los riesgos físicos latentes.
- Determinación de las cualidades que se necesitan para un desempeño seguro del trabajo, tales como buena condición física, coordinación de movimientos, capacidad especial, etc.
- Determinación del equipo y herramientas necesarias para garantizar la seguridad.
- Establecimiento de las normas, necesarios para la seguridad, inclusive la instrucción y adiestramiento de los trabajadores.

Algunas recomendaciones para la eficiente administración de los recursos humanos en las áreas de seguridad, pueden efectuarse por diversos medios:

- ♦ Enseñanza con la ayuda de proyecciones, conferencias, manuales, etcétera.
- ♦ Publicidad mediante carteles, campañas de seguridad, etcétera.
- ♦ Emulación suscrita por sugerencias o concursos.

En el cuadro 4 se explica como se debe de ejecutar una orden de trabajo con seguridad.

1.11 Metodología para la ejecución segura del trabajo

A) Generación de ordenes de trabajo

- ♦ Existencia de una orden de trabajo escrita o verbal.
- ♦ Describir, transmitir y explicar la orden de trabajo por el ingeniero de mantenimiento en forma clara y precisa al personal de mantenimiento encargado de ejecutarla, confirmando que la orden se ha comprendido.
- ♦ Tener presente que para la atención correcta de cualquier trabajo, es básico aplicar el principio de actuar en equipo, aportando cada quién sus conocimientos y experiencias al esfuerzo colectivo.

B) Planeación

- ♦ Analizar en la oficina conjuntamente entre quién da y recibe la orden, lo que se va a hacer, equipo donde se trabajará, su ubicación, recursos requeridos, fecha, hora y lugar del trabajo a ejecutar, aclarando las dudas existentes.
- ♦ Inspeccionar visualmente en campo las condiciones de la zona y equipo, por el ingeniero de mantenimiento que transmite la orden, conjuntamente con la cuadrilla responsable de ejecutarla y confirmar lo analizado en la oficina.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ELECTRICO

ANALISIS DE SEGURIDAD EN EL TRABAJO CUADRO 4

RESPONSABLE ING EN TURNO

TRABAJO. REVISION DE CUCHILLAS 98ST82A

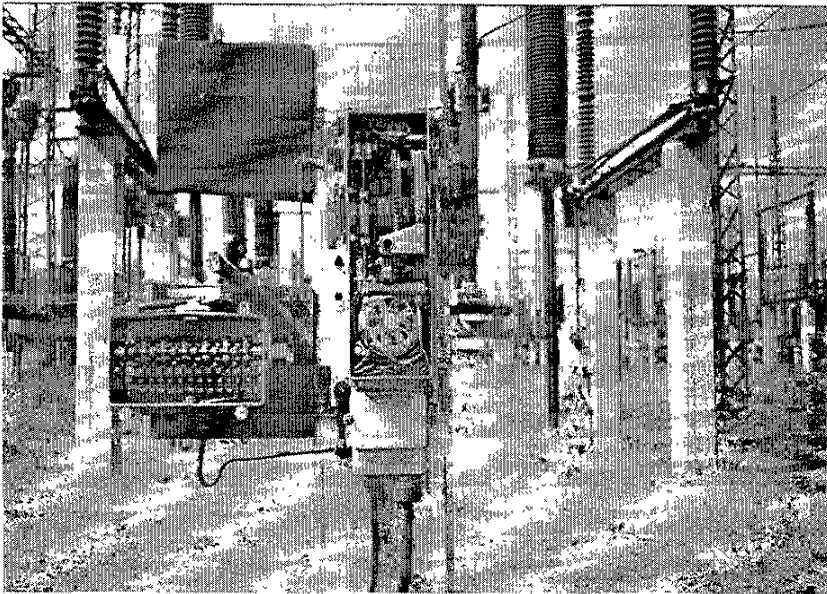
PERIODO ABRIL 98

DEPARTAMENTO MANTO ELECTRICO

No.	SECUENCIA DEL TRABAJO	RIESGOS	MEDIDAS DE SEGURIDAD
1	El jefe de turno abrirá el interruptor 58ST82A y colocará un candado	ninguno	Concentrar el personal en un área aislada
2	Utilizando un detector de potencial verificar que no hay voltaje en las cuchillas. Descargar y cortocircuitar la entrada a las cuchillas	Posible descarga de corriente eléctrica	Usar guantes para alta tensión y pertigas
3	Proceder a revisar las cuchillas utilizando escalera	Caerse	Asegurar escalera con cuerda
4	Probar funcionamiento de las cuchillas y dejarlas cerradas	Desenganche entre pértiga y cuchillas	Colocar correctamente la pértiga en la argolla de las cuchillas
5	Retirar herramienta y asear el área	Caer alguna herramienta y golpear a alguien	Avisar que no se transite por esa área mientras se realiza el trabajo
6	Quitar el cable que cortocircuita la entrada de las cuchillas y retirar la escalera	Caerse	Asegurar la escalera. El jefe revisará que no haya algún material ajeno en el área y avisará que se va a restablecer la energía
7	El jefe de turno retirará el candado y cerrará el interruptor, dejando restablecida la energía	ninguno	Concentrar el personal en un área aislada



CUCHILLAS



MECANISMO DE OPERACION

- ♦ Identificar los requerimientos técnicos y los puntos de riesgo, para adoptar las medidas preventivas necesarias.
- ♦ Ajustar lo necesario en la mesa de trabajo, considerando las observaciones de campo; definir los recursos a utilizar y el establecimiento de cuadrillas que vayan a intervenir.
- ♦ Establecer el programa de trabajo que contemple un ordenamiento prioritario y secuencial de las actividades; el tiempo para realizarlas y las responsabilidades de coordinación , supervisión, y ejecución.
- ♦ Cuando los trabajos en instalaciones o equipos requieran solicitud y autorización de licencia, deberán apegarse al procedimiento establecido en el reglamento de operación.

C) Organización

- ♦ Organizar oportunamente por los responsables del trabajo, los recursos humanos, es decir cuadrillas que intervendrán, según lo planeado para su óptimo aprovechamiento.
- ♦ Asignar y distribuir las tareas de coordinación, supervisión y operativas, de carácter individual y de grupo.
- ♦ Reunir los materiales, herramientas y equipos, por el personal encargado del trabajo con apoyo del personal de abastecimientos, conforme a lo planeado.
- ♦ Revisar conjuntamente entre el ingeniero de mantenimiento y el personal de abastecimientos, la dotación de los útiles y equipos de seguridad en calidad y cantidad suficientes para el trabajo a ejecutar.
- ♦ Disponer en campo de la siguiente información escrita: orden de trabajo, solicitud de licencia autorizada, diagramas y planos, folletos e instructivos técnicos requeridos, normas para la ejecución segura del trabajo, etc.
- ♦ Tener a tiempo en el lugar de trabajo los recursos humanos, materiales, herramientas y equipos necesarios para la realización de los trabajos conforme a lo planeado.

D) Ejecución y supervisión

♦ Efectuar ya el en campo, antes de cualquier trabajo, la platica de 5 minutos por el ingeniero de mantenimiento, con las cuadrillas a fin de:

a) Revisar las actividades conforme a lo planeado y resolver los imprevistos.

b) Comprobar la correcta comprensión de las tareas a desarrollar por cada integrante de la cuadrilla, aclarando toda duda existente.

c) Identificar los puntos de riesgo, adoptando las medidas preventivas que proceden en cada caso.

♦ Cuando se vaya a trabajar en equipo con o sin potencial, el personal autorizado deberá solicitar la licencia o permiso respectivo, conforme al "Reglamento de Operación", si el trabajo es sin potencial, una vez autorizada la licencia, el personal de mantenimiento deberá exigir que se le demuestre o demostrarse por sí mismo en su caso, la ausencia de potencial para conectar tierras de protección, aplicar bloqueos o instalar otras protecciones requeridas.

♦ Delimitar invariablemente la zona de trabajo con señalizaciones apropiadas.

♦ Proceder a la ejecución del trabajo apegándose estrictamente a lo planeado de acuerdo con la orden de trabajo recibida, apoyándose en las normas técnicas existentes para la ejecución segura del trabajo.

♦ Supervisar el desarrollo de las labores permanentemente por el ingeniero de mantenimiento, involucrando a todos en la vigilancia de la acción integrada de la cuadrilla, el uso correcto de útiles y equipos de seguridad, herramientas y otros equipos, así como la ejecución segura del trabajo, en cumplimiento a lo planeado.

- ♦ Concluido el trabajo, retirar materiales sobrantes, equipos de medición, herramientas, tierras, bloqueos, otras protecciones y la señalización de la zona de trabajo.
- ♦ Cuando se haya trabajado en equipos con o sin potencial, el personal autorizado deberá devolver la licencia o permiso respectivo, conforme al reglamento de operación.

E) Control

- ♦ Evaluar por todo el personal, el grado de cumplimiento alcanzado en el trabajo efectuado, con base a lo planeado.
- ♦ Elaborar un informe por el personal responsable, a la autoridad superior, con las anotaciones pertinentes sobre la conclusión del trabajo, anotar en su caso las desviaciones y causas, observaciones y sugerencias.
- ♦ Revisar y evaluar el informe mencionado por el ingeniero de mantenimiento responsable de la coordinación, dirección, supervisión y ejecución del trabajo para las decisiones que procedan.
- ♦ Reconocer en todos los casos el esfuerzo realizado por el personal tomando como referencia los resultados alcanzados.

F) Observaciones generales

- ♦ Durante la ejecución de los trabajos planeados, cuando se presenten imprevistos de campo, el ingeniero de mantenimiento solicitará apoyo a las áreas que procedan para solucionar lo conducente, manteniendo informados a sus superiores.
- ♦ En los trabajos urgentes que no den oportunidad de planear detalladamente en la oficina un programa de trabajo a ejecutar, esta acción será directamente de campo, apoyándose en los principios antes descritos, pero sobre todo, ejecutar las actividades integrando la seguridad al trabajo.

CAPITULO II

MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO A TRANSFORMADORES DE POTENCIA

2.1 Descripción y funcionamiento de un transformador

Antecedentes

A principios del siglo XIX, en los inicios del uso de la electricidad, la energía eléctrica era generada y distribuida con corriente directa, es decir, corriente que va de un polo negativo a un polo positivo manteniéndose invariable la polaridad de la fuente de voltaje.

Debido a la caída de voltaje a lo largo de las líneas de transmisión, los circuitos eléctricos de este tipo debían ser relativamente cortos a fin de aprovechar al máximo la energía. Esto requería tener plantas generadoras cercanas a los centros de consumo, lo que resultaría poco práctico y muy costoso.

En 1831, al descubrir Michael Faraday el principio de funcionamiento del transformador, se inicia una nueva era en el desarrollo de la industria eléctrica.

Un transformador es un dispositivo que recibe energía eléctrica de una fuente a determinado voltaje y entrega prácticamente la misma energía con un voltaje diferente, que puede ser mayor o menor que el primero. Este dispositivo tiene la particularidad de que funciona de esta manera solamente con corriente alterna, o sea, cuando la polaridad de la fuente de voltaje es cambiante.

Con el uso del transformador, el voltaje del generador, que es relativamente bajo, es elevado a un valor tal que pueda transmitirse a largas distancias y recibirse en otro transformador que reduzca este voltaje a un nivel en que pueda distribuirse y utilizarse de manera segura. Esto permite localizar las plantas generadoras en lugares con recursos adecuados para su operación económica, sin importar su lejanía de los centros de consumo.

En 1886, se instala el primer transformador en Grata Barrington, Massachusetts. Con esto se inicia el uso de circuitos de transmisión en corriente alterna. A partir de entonces, este ingenioso dispositivo se convierte en una pieza clave en el proceso de transmisión y distribución de la energía eléctrica.

Principio de operación

El efecto que permite al transformador funcionar como tal, se conoce como inducción electromagnética, como se mencionó anteriormente, este efecto sólo se presenta en circuitos de corriente alterna.

El efecto de inducción electromagnética se ilustra en la figura 1, en ella se observa que al aplicar un voltaje alterno V_1 al devanado primario, circula por éste una corriente I_1 que produce un flujo alterno ϕ . Este flujo, viajando a través del núcleo, enlaza al devanado secundario induciendo en éste un voltaje V_2 que puede ser utilizado conectando una carga que demandará una corriente I_2 .

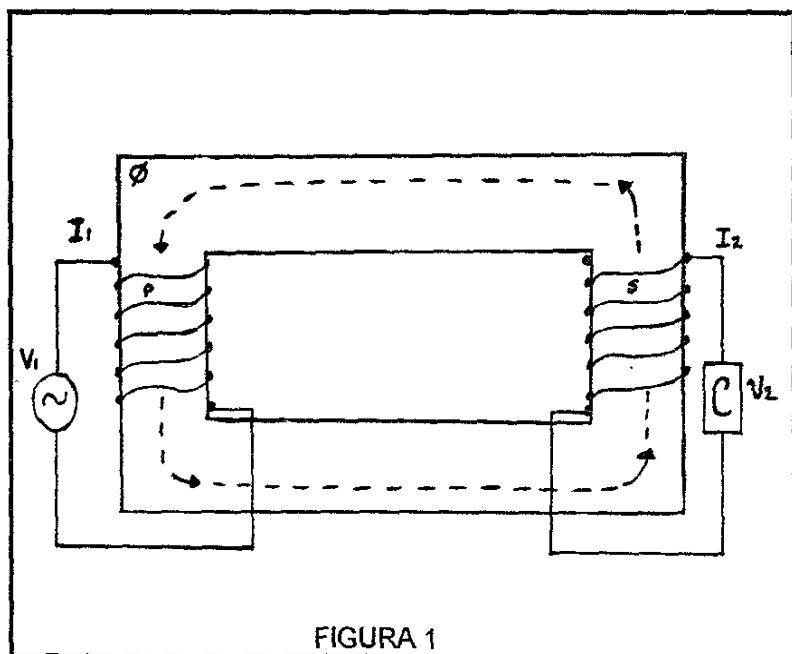


FIGURA 1

Así un transformador elemental esta compuesto por una parte eléctrica y una parte magnética.

- ♦ La parte eléctrica esta integrada por los devanados primario y secundario.
- ♦ La parte magnética esta formado por un núcleo de acero que enlaza a los dos devanados.

Estas tres partes fundamentales, generan durante su operación calor, el cual puede ser disipado por los medios que son:

- ♦ **El contacto con el aire.**
- ♦ **Sumergiéndolos en aceite dieléctrico.**

Estos medios refrigerantes, los dispositivos adicionales que requieren para su utilización, y los empleados para protección del transformador, así como otras partes necesarias para su ensamble, son sus elementos constitutivos llamados elementos auxiliares, del cuyo adecuado funcionamiento depende la vida y rendimiento óptimo del mismo.

Las características generales y particulares de cada transformador son factores que deben definirse por su construcción y operación indicadas en las normas vigentes nacionales e internacionales.

2.2 Características generales de los transformadores de potencia

Los transformadores están constituidos por dos o más bobinas de alambre, aisladas entre si eléctricamente y arrolladas alrededor de un mismo núcleo de material ferromagnético. La única conexión entre las bobinas lo constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo.

Uno de los devanados del transformador se conecta a una fuente de potencia de C.A, y el segundo (y a veces el tercero) devanado entrega potencia eléctrica a las cargas. Al arrollamiento que se conecta a la fuente suele llamársele devanado primario o devanado de entrada y al arrollamiento que se conecta a la carga se le designa devanado secundario o devanado de salida. Si llegará a existir un tercer arrollamiento en el transformador, a éste se le denominaría devanado terciario.

Para consolidar la trascendencia del uso de transformadores, cabe mencionar que actualmente, por cada unidad generada se requiere un mínimo de cuatro unidades en transformadores de aproximadamente similar capacidad.

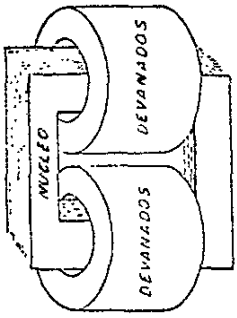
- ♦ El primero en un transformador que eleva el voltaje de generación a un valor adecuado para transmisión.
- ♦ El segundo reduce el valor anterior a uno de subtransmisión para su entrada a las áreas urbanas.
- ♦ El tercero reduce a un valor de tensión de distribución urbana.
- ♦ El cuarto reduce el voltaje a los valores de utilización usual en los centros de consumo.

Lo anterior es posible, ya que un transformador es un aparato muy eficiente, que es capaz de reducir la potencia eléctrica a un valor determinado de voltaje y entregarla en casi idéntica magnitud a un voltaje diferente; de este modo, si en el secundario tenemos más vueltas que en el primario, estaremos elevando el voltaje y si por el contrario tenemos menos vueltas en el secundario que en el primario, estaremos reduciendo el voltaje.

Construcción

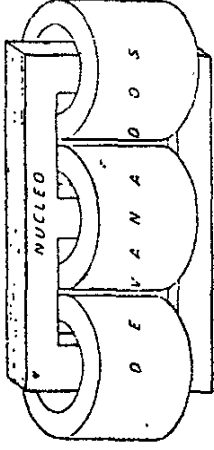
Los transformadores de potencia se fabrican en dos tipos de núcleos:

- a) Tipo Columnas
- b) Tipo Acorazado

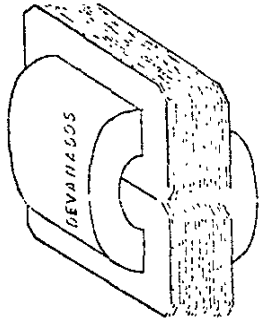


A.- TRANSFORMADOR MONOFASICO
TIPO NUCLEO

FIGURA 2

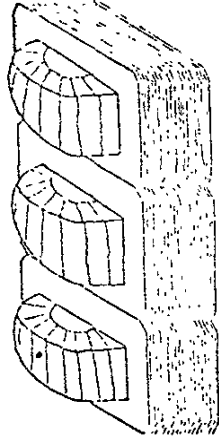


B.- TRANSFORMADOR TRIFASICO
TIPO NUCLEO



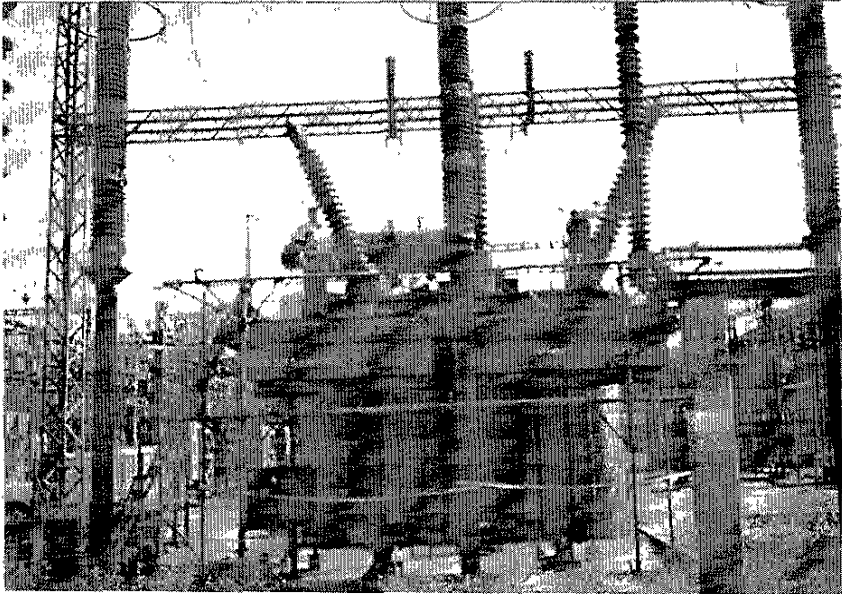
C.- TRANSFORMADOR MOFASICO
TIPO ACORAZADO

FIGURA 3

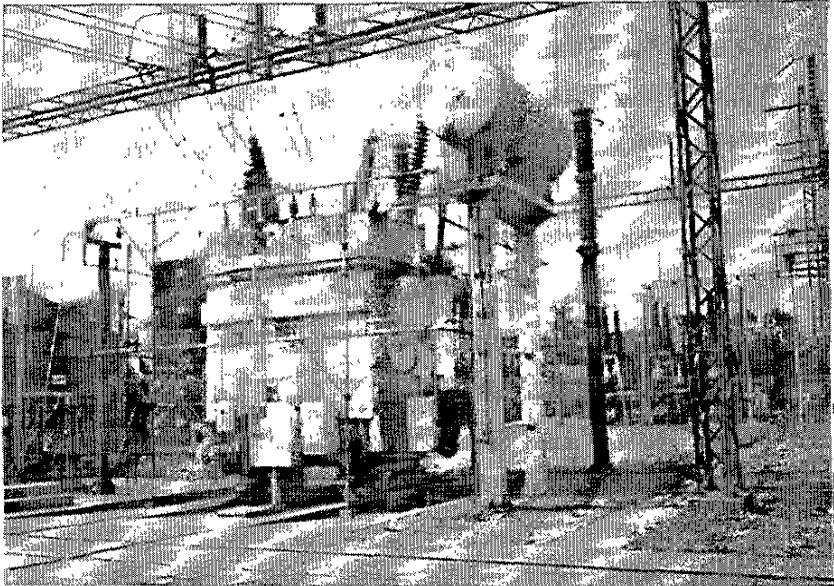


D.- TRANSFORMADOR TRIFASICO
TIPO ACORAZADO

TIPOS DE NUCLEOS



TIPO NUCLEO



TIPO ACORAZADO

Transformadores de potencia.- Los que tienen capacidad de 501KVA y mayores.

♦ *Utilización.-* De acuerdo a la posición que ocupan dentro del sistema se clasifican como:

Transformador de generador.- Son transformadores de potencia que van conectados a la salida del generador. Proporcionan la energía a la línea de transmisión.

Transformador de subestación.- Son transformadores de potencia que se conectan al final de la línea de transmisión para reducir el voltaje a nivel de subtransmisión.

Transformador de distribución.- Son transformadores que reducen el voltaje de subtransmisión a voltajes en zonas de consumo.

Transformador de estación.- Están diseñados para distribución trifásica local, o sea, en el sitio de consumo dentro de la subestación.

Transformadores de instrumento.- Son los que se emplean para alimentación de equipos de medición, control o protección, y se dividen en:

♦ **Transformadores de corriente**

♦ **Transformadores de potencial**

♦ *Número de fases.-* De acuerdo a las características del sistema al que se conectará, se clasifican en:

Monofásico.- Transformadores de potencia o de distribución que son conectados a una fase y una tierra. Tiene un sólo devanado de Alta Tensión y uno de Baja Tensión. Se simbolizan como 1ϕ .

Trifásico.- Transformadores de potencia o de distribución que son conectados a tres fases y pueden estar o no conectados a un neutro común. Tiene 3 devanados de Alta Tensión y 3 devanados de Baja Tensión. Se simbolizan como 3ϕ .

Enfriamiento

Se tratarán solamente con transformadores, cuyo medio refrigerante es el aire y el aceite dieléctrico. La siguiente clasificación corresponde a transformadores sumergidos en aceite dieléctrico.

♦ **OA.-** El enfriamiento ocurre por convención natural del aceite en contacto con el tanque. Las paredes del tanque pueden ser lisas o con radiadores acoplados a ellas. Es el enfriamiento más comúnmente usado.

♦ **OA/FA.-** Es básicamente una unidad en OA a la que se le ha agregado un sistema de circulación forzada de aire a base de ventiladores. Esto se hace para aumentar la disipación de calor, aumentando así los KVA de salida del transformador en un 15, 25 o 33.3%. Se emplea cuando el transformador estará sujeto a sobrecargas cortas, pero periódicas, que deben ser soportadas sin afectar el funcionamiento normal del transformador. El arranque y paro de ventiladores es gobernado por la temperatura del aceite o de los devanados, por medio de controles que permiten la operación manual o automática del enfriamiento forzado.

♦ **OA/FA/FA.-** Es similar al OA/FA, pero con 2 pasos de ventilación forzada. Proporciona un aumento de capacidad de 33.3% en el primer paso y 66.6% en el segundo paso.

♦ **OA/FA/FOA.-** Es similar al OA/FA/FA, solo que en el segundo paso el enfriamiento se realiza por circulación forzada de aceite mediante bombas. Proporciona un 33.3% de incremento de capacidad en el primer paso y 66.6% en el segundo. El arranque y paro de bombas también es gobernado por la temperatura del aceite o de los devanados.

- ♦ **OA/FOA/FOA.-** El régimen de OA es aumentado empleando ventiladores y bombas en 2 pasos. En cada paso se utilizan tanto ventiladores como bombas simultáneamente. El aumento de capacidad es de 33.3% en el primer paso y 66.6% en el segundo.

- ♦ **FOA.-** El enfriamiento se lleva a cabo por circulación forzada de aceite, mediante bombas, a través de cambiadores de calor enfriados por aire colocados fuera del tanque. Su diseño es para trabajo continuo del sistema de enfriamiento, pudiendo mantener así la totalidad de su carga nominal.

2.3 Elementos constitutivos de los transformadores de potencia

- Tanque conservador
- Indicador de nivel de aceite
- Buchholz
- Termómetro de aceite
- Termómetro de devanado
- Bushings A.T
- Cristal
- Corneta
- Bushings B.T
- Cambiador de derivaciones sin carga
- Radiadores
- Ventiladores grupo 1
- Bombas grupo 1
- Indicador de flujo
- Equipo inerte
- Gabinete de alarmas
- Gabinete de control de auxiliares
- Cambiador de derivaciones bajo carga
- Válvulas de muestreo
- Bushing neutro
- Herrajes y accesorios varios

Componentes más importantes del transformador

Se ha mencionado que un transformador es una máquina electromagnética cuya función principal es cambiar la magnitud de las tensiones eléctricas.

Se puede considerar formado por tres partes principales:

- a) **Parte activa**
- b) **Parte pasiva**
- c) **Accesorios**

a) **Parte activa.**- Es formada por un conjunto de elementos separados del tanque principal y que agrupa las siguientes partes:

♦ **Núcleo.**- Es el conductor del flujo magnético. Dirige y confina este flujo a una trayectoria dentro del material del núcleo, que es acero al silicio. Las líneas del flujo producen, a su alrededor, pequeñas corrientes que son indeseables ya que consumen parte de la energía del transformador. Para reducir al mínimo estas corrientes, llamadas de "Eddy", el núcleo se construye con láminas muy delgadas con espesores de 9 a 11 milésimas de pulgada.

♦ **Devanados.**- Como parte del transformador, su función es recibir cierto voltaje y cierta corriente para entregarlos transformados a diferentes valores. Son fabricados con conductores aislados eléctricamente y enrollados sobre moldes para darles la forma requerida, que puede ser rectangular o cilíndrica según la capacidad y aplicación de cada transformador.

A fin de aislar física y eléctricamente los devanados, se colocan barreras, separadores y cuñas entre ambos devanados o entre estos y el núcleo, lo que adicionalmente permite libre circulación de aceite o aire, contribuyendo en esta forma a una correcta disipación del calor generado. Además, deben tener apoyos y sujeciones para soportar los esfuerzos mecánicos debido a su propio peso, y sobre todo los de tipo electromagnético que se producen durante los cortocircuitos.

♦ Aislamientos.- Son elementos que integran el corazón del transformador, ya que la vida útil de éste depende del estado que guarden los aislamientos. Su función es la de impedir el contacto eléctrico entre partes conductoras y entre éstas, y partes tales como núcleo, herrajes o tanque. Pueden ser sólidos o líquidos. Los sólidos además proporcionan soporte a los devanados para darles mayor rigidez mecánica. Se clasifican en dos tipos:

- *Aislamientos menores*.- Van colocados entre conductores de una misma vuelta; entre conductores de una vuelta a otra, entre grupos (capas) de vueltas de un mismo devanado; en guías de conexión internas. Pueden ser de papel, cartón y barniz.

- *Aislamientos mayores*.- Van colocados entre grupos de A.T y grupos de B.T; entre bobinas de diferente fase; entre bobinas y núcleo, herrajes y tanque. Pueden ser de cartón, madera o micarta.

b) **Parte pasiva**.- Consiste en el tanque que es el recipiente que contiene el conjunto núcleo-bobinas y líquido refrigerante. Se construye con lámina de acero estructural para proporcionar soporte mecánico, superficie de disipación de calor y protección contra elementos ambientales que pudieran afectar al transformador en su operación.

♦ Medio refrigerante.- La corriente que circula por los devanados produce calor, este calor debe ser disipado eficientemente a fin de prolongar la vida útil de los aislamientos ya que éstos se degradan con los efectos de la temperatura. La acción de disipación se lleva a cabo a través de un medio refrigerante que puede ser el aire o el aceite dieléctrico.

c) **Accesorios**.- Como auxiliares para su adecuada operación, el transformador cuenta con un buen número de accesorios. Aquí mencionaremos sólo los más importantes y que son comunes a la mayoría de los transformadores.

♦ Boquillas.- Conocidas también como "Bushings", permiten la entrada y la salida de los conductores o guías de cada bobina a través del tanque. Están formadas por un cuerpo aislador y un conector o terminal. El aislador puede ser de porcelana o de resina epóxica.

♦ Cambiador de derivaciones sin carga.- Por diferentes razones, el voltaje que llega al primario del transformador es diferente al esperado y esto nos provoca que el voltaje secundario no sea el adecuado. Para evitar esta situación, se utiliza un dispositivo que nos permite ajustar el voltaje secundario al valor deseado, aumentando o disminuyendo vueltas en el devanado primario. Este dispositivo es el cambiador de derivaciones sin carga y va conectado generalmente a derivaciones o "taps" del devanado de A.T. El cambiador de derivaciones más empleado es el de cinco posiciones y su operación se ilustra en la figura 4. Normalmente se emplean cambiadores de derivaciones para operar manualmente y con el transformador desenergizado, aunque existen también de operación automática estando el transformador energizado.

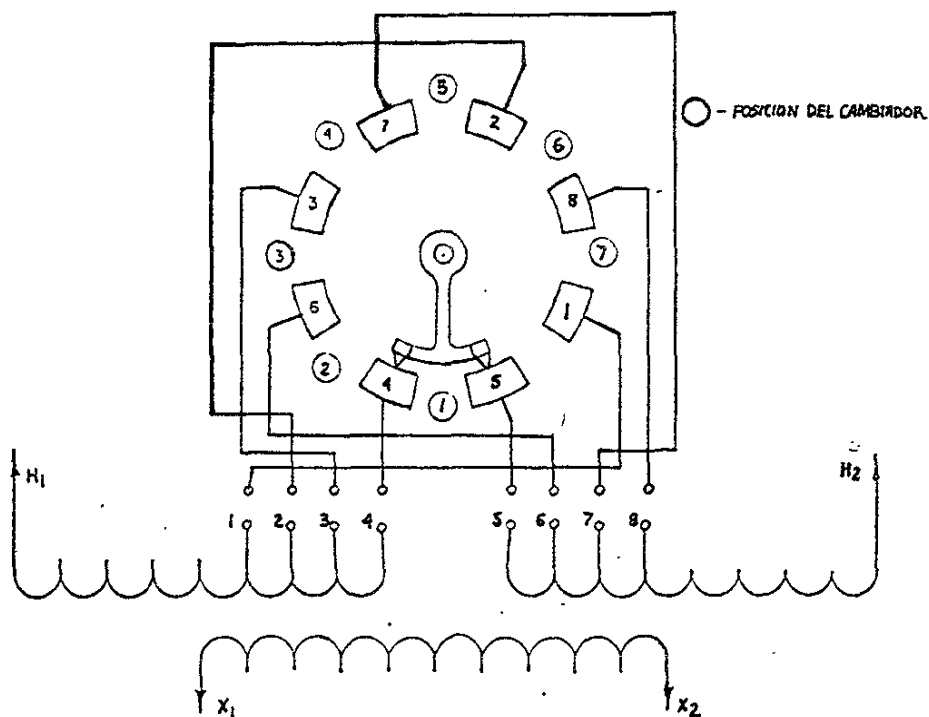
♦ Cambiador de derivaciones bajo carga.- El cambiador de derivaciones bajo carga puede operar en forma mecánica o eléctrica, por medio de un motor, el cual actúa sobre un reductor de vueltas (150/1), para abrir y cerrar el switch de transferencia y el switch selector de contactos en su secuencia adecuada.

Cuando el selector va de una posición a otra, el switch de transferencia abre primero, mediante un resorte de aceleración.

Esta operación es seguida por el propio selector, pasando de un contacto fijo a otro, enseguida, el switch de transferencia vuelve a cerrar.

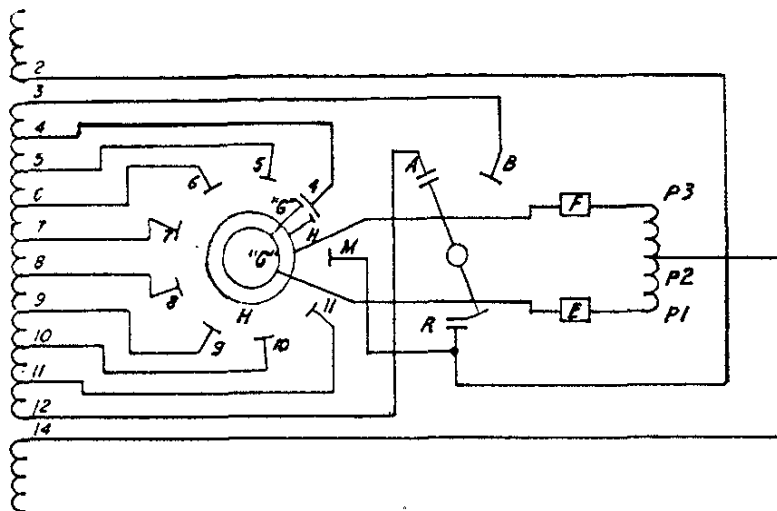
Unas levas actúan sobre el contactor del motor, sellando su alimentación hasta que se termina la operación.

El movimiento del switch de cambio de polaridad ocurre en dos partes. La inicial o primer movimiento, cuando se mueve en dirección de bajar, ocurre entre la posición 1R y N, y el segundo movimiento ocurre entre posición N y 1L, como se ilustra en la figura 5.



DEVANADO	TENSION	POS.	CONECTA
ALTA	97 700	1	5 CON 4
	93 200	2	6 CON 4
	88 900	3	6 CON 3
	86 700	4	7 CON 3
	84 600	5	7 CON 2
	82 400	6	8 CON 2
	80 800	7	8 CON 1
BAJA	13 200		

FIGURA 4 CAMBIADOR DE DERIVACIONES SIN CARGA



CONTACTO	POSICION																																
	L (SUBIR)														N		R (SUBIR)																
	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
P1 (G)																																	
CONECTA A	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	M	M	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11
P3 (H)																																	
CONECTA A	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	M	M	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11
R																																	
CONECTA A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	

FIGURA 5 CAMBIADOR DE DERIVACIONES CON CARGA

♦ Indicadores.- Aún cuando un transformador puede tener bastantes aditamentos, los más importantes son:

- a) *Temperatura del aceite*
- b) *Temperatura de los devanados*
- c) *Indicadores de vacío*
- d) *Indicadores de nivel*
- e) *Indicadores del flujo de aceite*

a) *Temperatura del aceite*.- El indicador es un instrumento tipo carátula, activado por un elemento bimetálico contenido dentro de una funda metálica, indica la temperatura del aceite en la parte superior del transformador. En el indicador de temperatura se tienen contactos que se usan para control de arranque de ventiladores y para enviar señal de alarma cuando la temperatura del aceite del transformador no sea la adecuada para una confiable operación.

b) *Temperatura de los devanados*.- Uno de los factores que afectan seriamente la vida de los aislamientos es la temperatura, cuyo límite permisible está fijado según la clase de materiales que lo constituyen. Los aislamientos sólidos de un transformador están envolviendo directamente los devanados, que es precisamente donde se tiene la temperatura más elevada.

La temperatura del aceite no es un índice para determinar la temperatura en los devanados. Por lo tanto, es importante conocer la temperatura de los devanados para evitar sobrecalentamientos, como no es posible colocar en el interior de las bobinas un detector de temperatura, se utiliza un termómetro similar al del aceite, donde la bobina calefactora recibe una corriente reducida proporcional a la corriente de carga, esta corriente la toma del secundario de un transformador de corriente que está montado en la guía terminal de uno de los devanados del transformador.

La bobina calefactora está dentro del aceite caliente y su devanado trabaja con la misma densidad de corriente que las bobinas principales. Además, el aislamiento del devanado de la bobina calefactora tiene una elevación de temperatura por encima de la temperatura del aceite, igual al de las bobinas del transformador principal. Por estos medios la temperatura en el interior de los devanados del transformador principal se reproducen en el área del elemento bimetálico del indicador.

El indicador lleva integrados interruptores que están ajustados para operar a diferentes niveles de temperatura, los del nivel inferior (55°), operan los circuitos de control de enfriadores y el de nivel superior (105°), controla el circuito de alarma cuando la temperatura excede el rango permitido.

c) *Indicador de vacío.*- Indica la presión positiva o negativa dentro del transformador. Normalmente debe marcar una presión cero o positiva, para evitar la entrada de aire del medio ambiente.

d) *Indicadores de nivel.*- Indican el nivel de aceite aislante en el tanque del transformador, mediante un flotador de corcho acoplado magnéticamente a una aguja indicadora. Normalmente tiene un contacto que se cierra para enviar una señal de alarma cuando el nivel baja al límite inferior que está marcado como LOW, la marca normal es 25°C y como límite superior HIGH:

e) *Indicadores del flujo de aceite.*- Este indicador se instala en el tubo de descarga de las bombas del sistema de enfriamiento y consiste de dos partes, una interior y otra exterior, acopladas magnéticamente. La parte interior es una veleta metálica que cuando no hay flujo su posición es perpendicular al tubo y con flujo gira 90° quedando paralela al sentido del mismo, este movimiento se transmite por medio de la varilla de giro y un imán permanente al dispositivo exterior, controlando la aguja indicadora y un contacto normalmente cerrado en la posición de no flujo para enviar la señal de alarma. Esta señal es controlada de modo que cuando la bomba no es alimentada por el circuito principal de control, queda bloqueada para evitar falsa alarma.

La carátula lleva las marcas de OFF en la posición de no flujo y ON en la de flujo correcto.

♦ Radiador.- Existen casos en que se requiere mayor área de disipación de calor en el tanque. Es entonces cuando se utilizan radiadores, que son grupos de tubos o aletas de acero unidas a dos cabezales que se conectan a las paredes del tanque mediante soldadura o mediante válvulas de acoplamiento. La lámina de estos tubos es de espesor mucho menor al que tienen las paredes del tanque, esto es con el fin de acelerar la disipación de calor.

♦ Equipo Inertaire.- Este equipo se ocupa para mantener una cámara de nitrógeno (gas inertaire) dentro del tanque conservador, que impide que el aceite entre en contacto con el medio ambiente, durante los cambios de volumen por temperatura. El nitrógeno se suministra por un cilindro que inicialmente se llena a una presión de 2000lb/pg² la cual se reduce a través de un regulador, manteniendo una presión de 2lb/pg² dentro del tanque conservador. Además cuenta con una válvula de alivio, que permite que el nitrógeno salga a la atmósfera cuando la presión interna es mayor a 7.5lb/pg², la cual puede operar en caso de una mala calibración o por expansión del aceite en el transformador debido a la temperatura. Tiene una válvula de muestreo para determinar la humedad contenida en el nitrógeno.

♦ Tanque conservador.- Es un cilindro colocado en la parte más alta del transformador en posición horizontal, lo más retirado posible de las boquillas (bushings) de alta tensión. Su función es facilitar la expansión del aceite por temperatura, indicando en su indicador de nivel estos cambios.

Su tamaño se determina por el volumen de aceite del transformador, de tal manera que soporte un cambio de -5°C de ambiente, sin excitarse, hasta que el transformador esté a plena carga y con 40°C de ambiente.

♦ Bombas de circulación de aceite.- Las bombas de circulación de aceite para enfriamiento del transformador, son bombas centrífugas especialmente diseñadas, cada unidad consiste de un motor y bomba acoplados y sellados en su propia carcasa con las características siguientes:

3HP, 220 Volts, 60HZ y 950/1140RPM





♦ Motor-Ventilador.- Los motores utilizados para ventiladores son de 1/4HP, 220Volts, los cuales se instalan en las costillas de los radiadores (8 por cada grupo) forzando el aire para enfriar el aceite ya que traen sus propias horquillas de sujeción y su protección de aspas.

♦ Corneta.- En transformadores herméticamente sellados, podría ser peligroso una generación de gases que alcancen una presión súbita que podría llegar a deformar el tanque del transformador por causa de un cortocircuito interno, para evitar esto, se le instala un tubo de escape o corneta en la parte superior del tanque, la cual lleva una brida de vidrio de 4mm de espesor, que al presentarse la sobrepresión se rompe, aliviando los gases generados.

La parte activa del transformador se encuentra dentro de un tanque que contiene aceite. El aceite desempeña la función de refrigerante pero también debe ser un buen aislante.

Siendo el aceite el elemento más importante en la conservación de los transformadores, su calidad debe estar permanentemente controlada ya que, cualquier cambio en su química produce alteración en sus funciones dieléctricas.

Cabe mencionar que los transformadores generalmente tienen dos devanados (A.T y B.T) y las formas de conexiones trifásicas son dos (delta y estrella), se obtienen cuatro combinaciones posibles.

	A.T	B.T
DELTA ESTRELLA	Δ	
ESTRELLA DELTA		Δ
DELTA DELTA	Δ	Δ
ESTRELLA ESTRELLA		

Las normas de transformadores indican que en estas combinaciones se debe mencionar en primer lugar la conexión en alta tensión, y en segundo lugar la de baja tensión. Igualmente, en el simbolismo los lados de las deltas deben ser paralelas entre si, o las ramas de las estrellas entre sí, pero en el caso delta estrella y estrella delta, las ramas de la estrella deben ser paralelas a los lados de la delta. Esto es porque estos símbolos representan no solamente el tipo de conexiones, sino también los voltajes de alta y baja tensión que deben estar en fase y por tanto dibujarse paralelos.

2.4 Teoría de los transformadores

Parámetros eléctricos

Al hablar de transformadores, nos encontramos con términos eléctricos que conviene manejar adecuadamente. A continuación se menciona el concepto de los parámetros eléctricos más empleados en nuestro caso.

- ♦ *Voltaje o Tensión.* Es la fuerza que origina el flujo de corriente.
- ♦ *Corriente.* Partículas eléctricas (electrones) libres que se mueven en un cierto sentido dentro del conductor del devanado.
- ♦ *Potencia.* Energía necesaria para mantener un cierto flujo de corriente demandado por una carga.
- ♦ *Flujo Magnético.* Líneas de fuerza invisibles que viajan por el núcleo proporcionando el campo necesario para realizar la inducción.
- ♦ *Pérdidas en vacío.* Energía consumida por el núcleo del transformador al estar el primario conectado a la fuente y el secundario sin carga (en vacío).
- ♦ *Corrientes de excitación.* Corriente que circula por el devanado primario al aplicarle su voltaje nominal con el secundario sin carga. Es la corriente necesaria para producir flujo magnético.
- ♦ *Pérdidas con carga.* Energía consumida por los devanados al tener en el secundario una carga demandando la corriente nominal de este devanado.
- ♦ *Impedancia.* Voltaje aplicado al primario, capaz de producir la corriente nominal en el secundario, estando las terminales de éste último en cortocircuito. Se expresa en porcentaje del voltaje nominal del primario y representa la oposición del transformador a la corriente durante un cortocircuito.
- ♦ *Bil.* Es el nivel básico de aislamiento al impulso, y representa la capacidad de un transformador de soportar un sobrevoltaje, producido por una descarga atmosférica o por apertura-cierre del circuito de alimentación del transformador. Indica el voltaje máximo de la sobretensión que debe soportar el equipo.
- ♦ *Eficiencia.* Relación entre la potencia útil de salida y potencia de entrada.

♦ *Regulación.* Variación del voltaje en el secundario, expresada en por ciento del voltaje nominal del mismo, que se produce al conectar una carga y manteniendo constante el voltaje aplicado al primario.

Teoría general

Un transformador es un dispositivo electromagnético transmisor de potencia eléctrica en la modalidad de corriente alterna. Usualmente, esta potencia la recibe a ciertos valores de sus componentes.

$P = V_H I_H \cos \theta$	(Monofásicos)
$P = \sqrt{3} V_H I_H \cos \theta$	(Trifásicos)

Los cuales cambia o transforma como lo indica su nombre para entregarlos como:

$P = V_X I_X \cos \theta$
$P = \sqrt{3} V_X I_X \cos \theta$

en donde:

- ♦ P = Potencia transmitida
- ♦ V_H = Voltaje en A.T
- ♦ I_H = Corriente en la línea de A.T
- ♦ V_X = Voltaje en B.T
- ♦ I_X = Corriente en la línea de B.T
- ♦ $\cos \theta$ = Factor de potencia

En un transformador ideal, se supone que tanto la potencia P como el factor de potencia $\cos \theta$ no se alteran, de modo que los valores de entrada y salida son los mismos.

Se acostumbra usar la letra H para referirse al lado de mayor voltaje, al que se le llama lado de A.T y la letra X para el lado de menor voltaje, llamado lado de B.T. Así:

- VH e IH son voltaje y corriente en el lado de alta tensión.
- VX e IX son voltaje y corriente en el lado de baja tensión.

De cualquiera de las fórmulas siguientes:

$$P = V_H I_H \cos \theta = V_X I_X \cos \theta$$

$$P = \sqrt{3} V_H I_H \cos \theta = \sqrt{3} V_X I_X \cos \theta$$

se deduce que:

$$\frac{V_H}{V_X} = \frac{I_X}{I_H}$$

Lo que significa que por el devanado de A.T, circula una corriente pequeña y por el devanado de B.T, circula una corriente grande.

- ♦ A mayor voltaje, la corriente que circula por el devanado es menor y se requiere una mayor cantidad de vueltas (de menor sección).
- ♦ A menor voltaje, la corriente que circula por el devanado es mayor y se requiere una menor cantidad de vueltas (de mayor sección).

La relación de alta tensión a baja tensión recibe el nombre de relación de transformación y es la misma relación que el número de vueltas del devanado de alta tensión al número de vueltas de baja tensión, por tanto:

$$\frac{V_H}{V_X} = \frac{I_X}{I_H} = \frac{N_H}{N_X} = A$$

Las condiciones ideales que se han planteado no se verifican en un transformador real en operación, debido principalmente a las pérdidas asociadas a todo proceso de transformación de energía, y para el caso del transformador las podríamos clasificar en:

a) Pérdidas eléctricas

b) Pérdidas magnéticas

a) Pérdidas eléctricas

♦ *Pérdidas eléctricas debidas al calentamiento del conductor de los devanados.* El devanado de A.T estará formado por un conductor largo y delgado, debido al número elevado de vueltas y a la corriente baja que circula por él, por tanto debe tener una resistencia apreciable, de acuerdo con la fórmula:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

Esta resistencia según el tamaño del transformador puede estar comprendido entre fracciones de ohm y algunas decenas de ohms. El devanado de baja tensión es de menor longitud y más grueso que el de alta tensión, de manera que su resistencia es apreciablemente menor.

La combinación de estas resistencias y la corriente que circula por ellos, produce calentamiento en los conductores, de acuerdo con el efecto joule:

$$W = R(I^2)$$

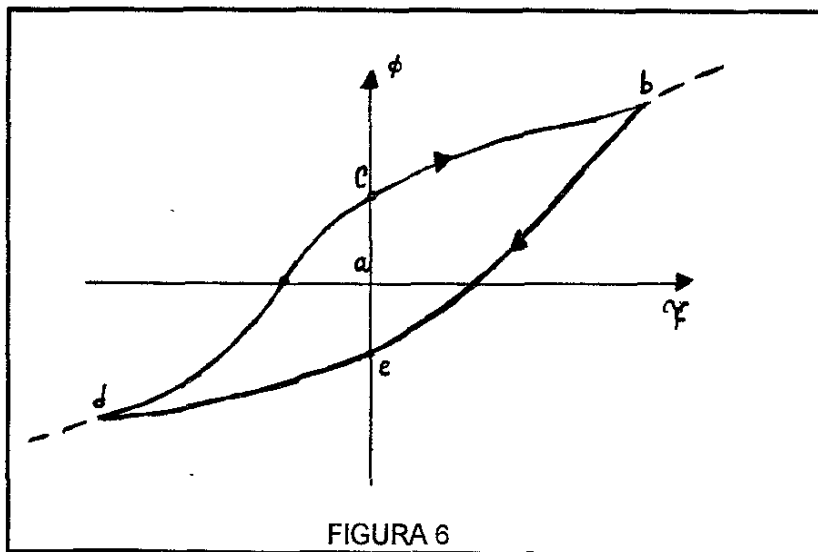
Este calentamiento se traduce en una pérdida de energía apreciable (aunque muy pequeña comparada con la capacidad del transformador) en el devanado de alta tensión por su resistencia elevada y en el de baja tensión por su gran corriente.

♦ *Pérdidas de tensión por flujo disperso.* Aunque el núcleo ferromagnético tiene una permeabilidad elevada, su valor no es tan grande para encerrar el 100% del flujo producido por el embobinado primario de manera que algunas líneas magnéticas se cierran a través del aire, es decir, por fuera del núcleo. Lo mismo sucede con el flujo de oposición motivado por la corriente del devanado secundario. Estos flujos actúan como reactancias incluidas en los circuitos (llamadas reactancias de dispersión) a través de las cuales hay pérdidas de voltaje, pero no de energía.

b) Pérdidas magnéticas

♦ *Pérdidas por histéresis.* En la figura 6 se presenta una curva típica de histéresis.

Se observa que cuando la corriente de excitación es ascendente, el flujo aumenta siguiendo una trayectoria y cuando es descendente el flujo disminuye por otra trayectoria diferente, encerrando un área que representa las pérdidas por histéresis.



♦ *Pérdidas por corrientes parásitas.* Teniendo en cuenta que el material ferromagnético de que está constituido el núcleo, es además conductor eléctrico, el flujo magnético variable en el interior del propio núcleo motiva que se constituyan fibras eléctricas en forma de anillos alrededor de las líneas magnéticas, provocando fuerzas electromotrices inducidas y consecuentemente circulación de corriente que provoca otro calentamiento adicional al núcleo. Estas corrientes se conocen con los nombres de corrientes parásitas, corrientes de Foucault o corrientes de Eddy.

El conjunto de pérdidas motivan que un transformador real en operación difiera algo de las condiciones ideales.

$\frac{VH}{VX}$	$\neq A$	debido a las pérdidas en las resistencias de los embobinados y a las reactancias de dispersión.
$\frac{IX}{IH}$	$\neq A$	debido a las pérdidas magnéticas y a la corriente de excitación.

2.5 Programa de mantenimiento preventivo dinámico

Introducción

El ingeniero de mantenimiento eléctrico junto con su auxiliar administrativo elaboran un programa de M.P, donde asientan los pasos a seguir para la realización de la misma, después de haber hecho un estudio enfocado a los equipos instalados en las siete subestaciones a su cargo.

Se hace un listado de recursos para poder planear y ejecutar el M.P, y se almacenan materiales, equipos de medición, instructivos, herramientas y repuestos en la bodega del área.

Se elabora conforme al programa de M.P una licencia donde se especifica el equipo que se necesita libre del sistema eléctrico para poder llevar a cabo el M.P, se auxilian para esto, con diagramas unifilares de los arreglos de las subestaciones y de la nomenclatura de cada equipo, ver anexos 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

Se envían las licencias a Operación Ciudad u Operación Sistema, para que ellos hagan sus maniobras en conformidad con la licencia en caso contrario la licencia se cancela.

Al confirmarse la licencia, respaldo operativo en conformidad con el ingeniero de mantenimiento y el sobrestante de la cuadrilla, hacen las maniobras necesarias y suficientes en el campo, para dejar el equipo en licencia y de esta manera la cuadrilla pueda trabajar y proceder con el M.P.

Se da una orden de trabajo al sobrestante de la cuadrilla que deberá ser llenada conforme realiza los trabajos de mantenimiento preventivo, e informará diariamente al supervisor todos los detalles que se vayan presentando.

Siendo los transformadores aparatos completamente estáticos y requiriendo de un mínimo de cuidado y atención comparándolo con otros elementos del sistema de potencia, éstos nunca deben ser olvidados durante su operación, Dependiendo de las condiciones de trabajo, se deben establecer programas rígidos de inspección, a fin de conservar los equipos en condiciones de dar un servicio confiable evitando así circunstancias que podrían hacerlos fallar, lo que originaría un paro en el mercado que satisface.

Procedimiento general para ejecutar un M.P

No iniciar el trabajo en algún equipo sin haber realizado antes las siguientes Reglas de Oro:

- ♦ Solicitud de licencia
- ♦ Corte visible de la energía eléctrica
- ♦ Ausencia de tensión
- ♦ Conectar tierras
- ♦ Limitar la zona de trabajo.

Metodología para la ejecución segura del trabajo:

♦ Planeación y Organización:

¿Cuentas con los recursos adecuados para realizar el trabajo?

♦ Generación de la orden de trabajo:

¿Comprendiste con claridad lo que vas a ejecutar?

♦ Ejecución y Supervisión:

¡Asegúrate de llevar a cabo la plática de los cinco minutos antes y después de la ejecución del trabajo!

¿Hubo demostración de ausencia de potencial?

¿Instalaste correctamente las tierras de protección?

¿Delimitaste tu área de trabajo?

♦ Control:

¿Se realizó el trabajo de acuerdo con lo planeado?

Elabora tu informe acerca de lo ejecutado.

Ejemplo de una orden de trabajo de mantenimiento preventivo.

- Observar la licencia del siguiente cuadro 1, elaborada conforme al diagrama unifilar de la subestación Jamaica.
- Observar la orden de trabajo, realizada por el personal de mantenimiento hacia el equipo en licencia.
- Observar las fotografías en donde podemos ver los puntos más importantes de ésta orden de trabajo.

Ejemplo de una orden de trabajo de M.P

Observar la licencia del cuadro 1 elaborada conforme al diagrama unifilar de la S E Indianilla

Luz y Fuerza del Centro

LICENCIA AUT. A: ING. DE TURNO		DEPTO. MANTO. ELECTRICO		FECHA. 16/02/98		No. 388	
EQUIPO EN LICENCIA: T82A LIBRE							
HORARIO: 12:00/15:00 DEL 20-02-98				AUT. POR: OPERACION SISTEMA			
HORAS MANIOBRAS		CLAVE		S.E		TRABAJO AUTORIZADO:	
				INDIANILLA		REVISION DEL CAMBIADOR DE	
						DERIVACIONES BAJO CARGA POR	
						MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	
LICENCIAS RELACIONADAS				NOTAS:			
ORO'S		CENACE		REDES		LIC. PROGRAMADA POR:	
						ING. DE AREA DE MANTENIMIENTO	
						TEL: 523-23-26	

CUADRO 1

Observar la orden de trabajo realizada por el personal de mantenimiento hacia el equipo en licencia.

**ORDEN DE TRABAJO DEL DEPARTAMENTO
DE MANTENIMIENTO ELECTRICO**

I.- DATOS INICIALES

S.E: INDIANILLA EQUIPO: T82 A
 No. O.T.M: 064/INN/162 FECHA DE REPORTE: 16-02-98
 TRABAJO A REALIZAR: REVISION DE CAMBIADOR DE
DERIVACIONES BAJO CARGA POR MANTO. PREVENTIVO

II.- PLANEACION

1.- DATOS EQUIPO

MARCA: IEM TIPO: SL
 KV: 85 A 23 KV No. SERIE: 10050-1

2.- ACTIVIDADES

HOJA DE PROCEDIMIENTOS No. 785
 HOJA DE RECURSOS No. 657

3.- PROGRAMA

RESPONSABLE: SOBRESTANTE DE LA CUADRILLA
 INICIAR: 16-02-98 TERMINAR: 20-02-98
 T/C: 5

III.- ORGANIZACION

	OBSERVACIONES	FECHA
1.- HOJA DE NECESIDADES	<u>ENTREGADA</u>	<u>16/02/98</u>
2.- SOLICITUD DE LICENCIA	<u>CONFIRMADA</u>	<u>16/02/98</u>
3.- VALES F = 152	<u>ENTREGADA</u>	<u>16/02/98</u>
4.- TRANSLADO DE RECURSO	<u>REALIZADO</u>	<u>16/02/98</u>

IV EJECUCION

RESP.	FECHA	RESUMEN DE ACTIVIDADES	AVAN. %	ANEXOS
M.V.C	16/02/98	SE TOMO LICENCIA 388, SE COMPROBO QUE EL EQUIPO ESTUVIERA DESENERGIZADO, SE DIERON PLATICAS DE SEGURIDAD SOBRE EL TRABAJO A REALIZAR, SE COLOCARON TIERRAS DE PROTECCION Y SE DELIMITO EL AREA DE TRABAJO, SE REALIZO UNA REVISION OCULAR AL BANCO, ENCONTRANDOSE VARIAS FUGAS DE ACEITE EN RADIADORES, BOMBAS Y VALVULAS, SE DESCONECTO EL BANCO POR 85 Y 23KV.	10%	1.1
M.V.C	17/02/98	SE ENGRASO EL ENGRANAJE DEL CONTROL DEL CAMBIADOR Y SE HICIERON PRUEBAS DE TTR TRIFASICAS EN CONEXION DELTA-ESTRELLA, SALIENDO SATISFACTORIAS Y SE REALIZARON PRUEBAS DE MEGGER Y FACTOR DE POTENCIA SALIENDO SATISFACTORIAS.	25%	1.2
M.V.C	18/02/98	SE EMPEZO A BAJAR ACEITE DEL PRIMER COMPARTIMIENTO DEL CAMBIADOR DE DERIVACIONES DONDE SE HAYA EL SELECTOR DE CONTACTOS FIJOS Y MOVILES, SE CAMBIO EMPAQUE Y BUJE DE LA VALVULA DE MARIPOSA DE UNA DE LAS BOMBAS, SE SELLARON FUGAS DE ACEITE DE LOS RADIADORES, SE TERMINO DE BAJAR ACEITE.	30%	
M.V.C	19/02/98	SE DESTAPO EL PRIMER COMPARTIMIENTO Y SE EMPEZO A SER LIMPIEZA A LOS CONTACTOS, SE PINTARON CABEZALES DE LAS BOQUILLAS DE ALTA Y BAJA TENSION, SE LE HIZO UNA PRUEBA DE RIGIDEZ DIELECTRICA AL ACEITE, ESTANDO EN BUENAS CONDICIONES, SE EMPEZO A PINTAR EL EQUIPO CONTRA INCENDIO.	40%	1.3
M.V.C	20/02/98	SE PRORROGO LICENCIA HASTA EL DIA 27-02-98, SE PROCEDIO A BAJAR ACEITE DEL COMPARTIMIENTO DOS DONDE SE HAYAN LOS RESORTES DE ACELERACION Y EL ME-	50%	1.4

RESP.	FECHA	RESUMEN DE ACTIVIDADES	AVAN %	ANEXOS
M.V.C	20/02/98	CANISMO DE TRANSFERENCIA , SE TERMINO DE LIMPIAR EL PRIMER COMPARTIMIENTO, SE CONTINUO CON EL EQUIPO CONTRA INCENDIO.	50%	
M.V.C	23/02/98	SE EMPEZO A LIMPIAR EL COMPARTIMIENTO DOS, SE HIZO UNA PRUEBA DE RIGIDEZ DIELECTRICA AL ACEITE DE ESTE COMPARTIMIENTO, HALLANDOSE CONTAMINADO, SE SOLICITO UNA PIPA CON 543 LITROS DE ACEITE NUEVO, SE DESARMARON LAS LEVAS DEL CAMBIADOR PARA HACERLES LIMPIEZA Y SE CONTINUO CON EL EQUIPO CONTRA INCENDIO.	60%	
M.V.C	24/02/98	SE ENCONTRO UNA BRIDA DEL LADO DEL GABINETE DEL MOTOR SUELTA, DONDE SE PERCATO DE QUE LOS ENGRANES DEL MOTOR Y LA TRANSMISION ESTABAN A PUNTO DE DESACOPLARSE POR FALTA DE ESA PIEZA, SE PROCEDIO A REPARARLO, SE CHECARON ALARMAS DEL BANCO Y NO MANDA ALARMA DE BAJO NIVEL DE ACEITE DEL CAMBIADOR , SE CORRIGIO FALLA.	65%	
M.V.C	25/02/98	SE FILTRO EL ACEITE DIELECTRICO DEL PRIMER COMPARTIMIENTO Y SE PROCEDIO A METERLO, SE TERMINO DE LIMPIAR EL COMPARTIMIENTO DOS, SE HIZO UNA PRUEBA DE RIGIDEZ DIELECTRICA AL ACEITE NUEVO ESTANDO EN BUENAS CONDICIONES, SE TERMINO DE LIMPIAR EL EQUIPO CONTRA INCENDIO.	70%	1.5
M.V.C	26/02/98	SE METIO ACEITE AL COMPARTIMIENTO DOS, SE CHECARON ALARMA Y DISPARO BUCHHOLZ, SE HICIERON PRUEBAS FINALES DE TTR, COMPARANDOLAS CON LOS DATOS DEL FABRICANTE Y SE HICIERON PRUEBAS DE FACTOR DE POTENCIA SALIENDO CORRECTAS.	95%	1.6

RESP.	FECHA	RESUMEN DE ACTIVIDADES	AVAN %	ANEXOS
M.V.C	27/02/98	SE RECOGIRON TODOS LOS RECURSOS, Y SE CONECTO POR ALTA Y BAJA TEN- SION, SE DEJO EN CONDICIONES DE RE- GRESAR EL BANCO, SE REGRESO LICEN- CIA A OPERACION SISTEMA.	100%	

V. CONTROL

1.- LICENCIA No. 388 DEL 16-02-98 A 20-02-98

O.(S)C) ING. DE SISTEMA HORA 9:00 A.M

PRORROGAS 20-02-98 AL 27-02-98

DEVUELTA O.S (C): ING. DE SISTEMA FECHA: 27-02-98

2.- FORMA DE REVISION

ELABORO: SOBRESTANTE DE TRANSFORMADORES

ANALIZO: ING. DE TURNO

OBSERVACIONES PARA PROXIMA REVISION: ENERO 1999

3.- AVISO ESTADISTICA

ELABORO: AUXILIAR ADMINISTRATIVO

ANALIZO: SUPERINTENDIENTE DE MANTO. ELECTRICO

4.- DESVIACIONES

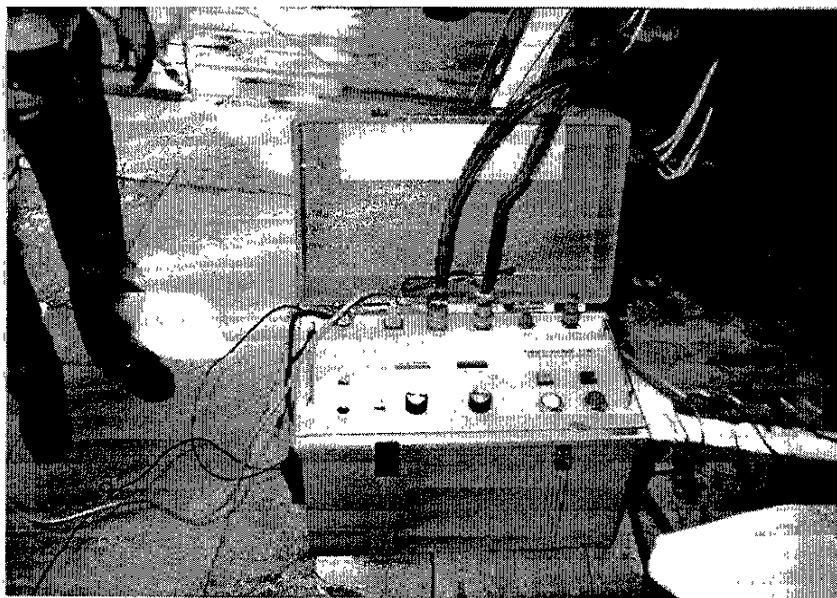
	PROGRAMADO	REAL	MOTIVO DESVIACION
INICIO	16/02/98	16/02/98	FALTA DE RECURSOS
TERMINO	20/02/98	27/02/98	
T/C	5	10	

5.- COSTOS APROXIMADOS

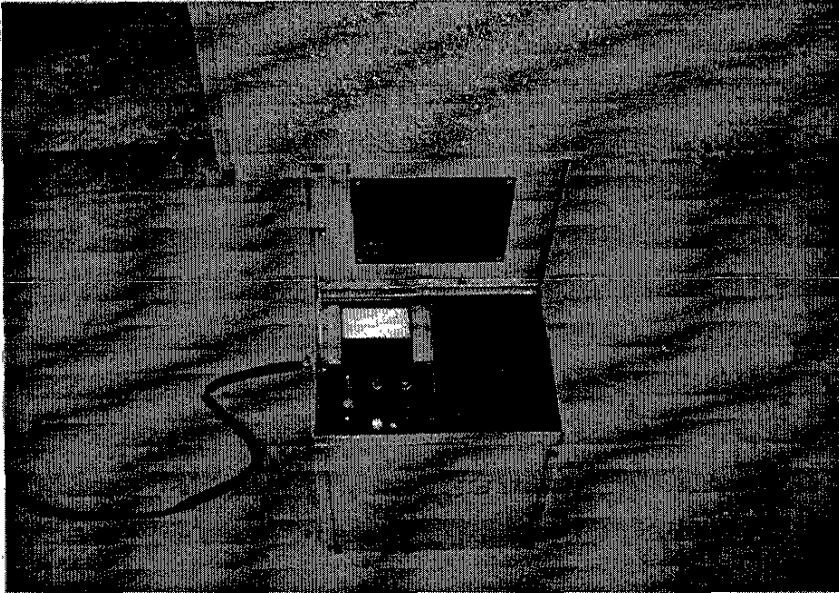
LABOR T/C	<u>10</u>	<u>\$ 462.95</u>	<u>\$4,629.50</u>
MATERIAL		<u>\$ 7,336.00</u>	<u>\$7,336.00</u>
TOTAL			<u>\$11,965.50</u>



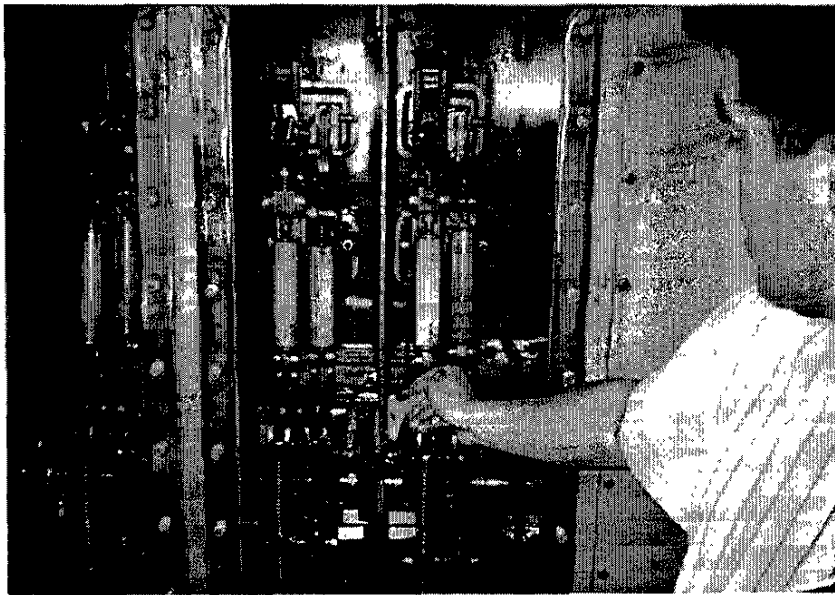
1.1 CUCHILLAS ABIERTAS DEL LADO DE 85KV



1.2 EQUIPO DE MEDICION PARA PRUEBAS DE TTR



1.3 PROBADOR DE ACEITE DIELECTRICO



1.4 LIMPIEZA A LOS RESORTES DE ACELERACION DEL CAMBIADOR DE DERIVACIONES BAJO CARGA



1.5 PRENSA FILTRO PARA REGENERAR EL ACEITE DIELECTRICO



1.6 PRUEBA AL RELEVADOR BUCHHOLZ

2.6 Pruebas de campo a transformadores de potencia

Las pruebas son mucho más que un trámite de aceptación, es una función técnica que permite "saber más", estudiar consecuencias en condiciones controladas, conocer los efectos cuando se introducen cambios o cuando varían parámetros.

Las pruebas son la base para verificar con mayor certeza las condiciones de operación de equipo y materiales; son en consecuencia; determinantes de los requerimientos de mantenimiento.

Las pruebas del equipo deberán considerarse dentro de los programas de mantenimiento.

♦ a) Prueba dieléctrica del aceite

La concentración de humedad, de oxígeno y la presencia de ciertos catalizadores como el cobre y la temperatura, son los principales factores que provocan cambios y deterioro en el aceite lo que obliga a ser muy estrictos en la selección de los límites adecuados por lo que una manera de poder ayudar a tener las características de aceptación es filtrar el aceite y sino cumple con las normas entonces deberá ser reemplazado.

En el caso de transformadores sumergidos en aceite, éste tiene un doble fin, que es servir como medio refrigerante, y como dieléctrico entre todas las piezas sumergidas.

Desde el punto de vista del comportamiento eléctrico del equipo, es importante una alta rigidez dieléctrica del aceite, ya que conocer el voltaje que un aceite soporta es muy valioso, además esta prueba revela cualitativamente la resistencia momentánea de la muestra de aceite al paso de la corriente y el grado de humedad, suciedad y sólidos que aumenta el índice de contaminación del aceite.

Un aceite que muestre baja rigidez no es apropiado para su uso en el transformador, por lo que será necesario someterlo a un proceso de filtrado para eliminar humedad e impurezas.

La prueba consiste en colocar dos electrodos planos o semiesféricos dentro de una muestra de aceite, y aplicarles una diferencia de potencial cuyo valor aumenta gradualmente hasta obtener la ruptura.

La ruptura se caracteriza por una descarga continua entre los electrodos, que hace operar el interruptor de seguridad.

Una vez determinada la ruptura, se vacía la copa a un recipiente limpio, y se llena nuevamente con otra porción de muestra, determinando nuevamente su ruptura.

Si ningún valor de las dos primeras pruebas está por debajo del valor de aceptación, el aceite se considera bueno y no requiere más pruebas.

Cuando un aceite rompe a menos de 25KV debe procederse a su reacondicionamiento por medio de un filtro prensa y una bomba centrífuga para aceite, o una unidad regeneradora de aceite al vacío, o bien si el aceite no alcanza a romper arriba de 25KV, se debe sustituir por uno nuevo.

♦ ***b) Prueba de resistencia de aislamiento***

El aislamiento es uno de los eslabones más débiles es un sistema eléctrico. Su falla casi siempre llega a ocasionar la salida de los equipos, provocando generalmente fallas costosas de reparar. Por ello es una prueba de M.P.

Los conductores con los cuales se devanan los transformadores deben estar perfectamente aislados para evitar que entren en contacto las espiras, las capas y las bobinas de alta y baja tensión entre si, así como las bobinas y el núcleo (frecuentemente identificado como tierra).

La calidad y el estado de los aislamientos son aspectos de especial interés en las pruebas de los transformadores, puesto que de ellos depende la vida útil del equipo.

La primera prueba para detectar el estado de los aislamientos es la medición de su resistencia, cuyo valor debe ser del orden de cientos de megohms. Un valor bajo como resultado de la prueba indicaría posible humedad en los aislamientos, y una lectura de cero ohms indicaría un deterioro grave en algún punto del devanado, por donde se produce una fuga de corriente hacia otro elemento.

Los aislamientos se deben medir:

- ♦ Entre los devanados de alta y baja tensión.
- ♦ Entre el devanado de baja tensión y tierra.
- ♦ Entre el devanado de alta tensión y tierra.

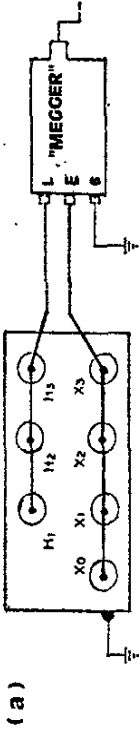
Para ello se emplea un tipo de megóhmetro comercialmente conocido como Megger. Se trata de instrumentos que generan altas tensiones (usualmente 5,000 a 10,000 volts) y de acuerdo a la intensidad de corriente de fuga, marcan directamente en su carátula el valor de resistencia de aislamiento.

En vista que las posibles fluctuaciones en el voltaje generado pueden inducir tensiones en los embobinados del transformador, que involucren algún error en la lectura, se recomienda poner en cortocircuito las terminales de alta tensión entre sí y las de baja tensión entre sí.

♦ ***c) Prueba de factor de potencia.***

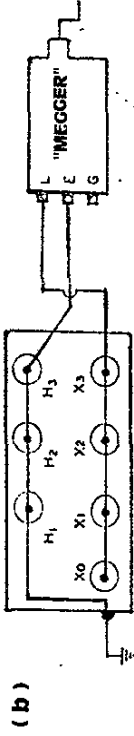
El factor de potencia, es en la actualidad la principal herramienta para juzgar con mayor criterio las condiciones de los aislamientos de los diferentes equipos eléctricos, siendo particularmente recomendada para la detección de la degradación, envejecimiento y contaminación de los mismos. Se puede afirmar,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

ALTA / BAJA

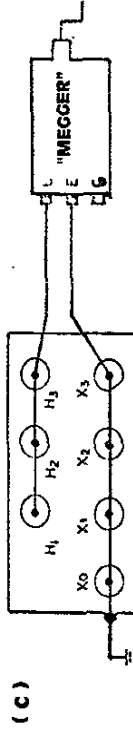


L - LINEA
E - TIERRA
G - GUARDA

BAJA / ALTA + TIERRA



ALTA / BAJA + TIERRA



TRANSFORMADORES DE DOS DEVANADOS

PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

El propósito de esta prueba, es detectar fallas peligrosas en aislamientos antes de que ocurra la falla, lo cual de esta manera previene pérdidas de la continuidad de servicio y permite el reacondicionamiento oportuno de dicho aislamiento.

El principio básico de esta prueba, es la detección de cambios medibles en las características de un aislamiento que puede asociarse con los efectos de agentes destructivos como son: la humedad, el agua, el calor, el efecto corona y en general un incremento apreciable de las pérdidas dieléctricas o factor de potencia, nos da una indicación de una falla probable.

El factor de potencia proporciona una medición global de los aislamientos de los equipos con corriente alterna y a frecuencia normal, siendo independiente del tiempo de duración de la prueba.

Unas cuantas pruebas hechas aplicando un voltaje de corriente alterna y midiendo las pérdidas dieléctricas a tierra, indicarán si el aislamiento está o no en condiciones normales.

Los factores de potencia normales de aislamiento de equipos eléctricos son:

	% F.P. a 20°C
Boquillas tipo condensador o cargadas con aceite	0.5
Boquillas cargadas con materiales aislantes	2.5
Transformador en aceite	1.0 a 2.0

Con el probador de factor de potencia se pueden realizar las mediciones en tres formas diferentes para determinar las características del aislamiento y de esta manera analizar con exactitud la localización de algún punto de falla.

Las mediciones que pueden ser seleccionadas son TIERRA, GUARDA y UST.

- ♦ En la posición Tierra, se mide la suma del total de las corrientes que se derivan por el cable de guarda y por tierra, es decir, $G + T$.

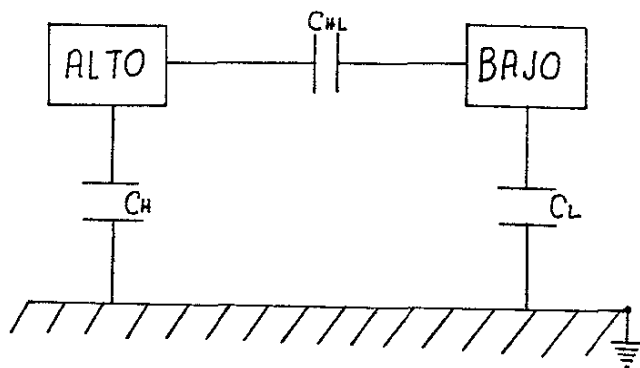
- ♦ En la posición Guarda, la corriente del cable de guarda es despreciada al derivarse sin pasar por el circuito de medición y solamente es medida la corriente que regresa al aparato por su conexión a tierra, sólo se mide T .

- ♦ En la posición UST (prueba de la muestra sin conexión a tierra) se mide solamente la corriente que regresa al aparato por el cable de guarda y queda derivada sin pasar por el circuito de medición la corriente que regresa por tierra, sólo se mide G .

Para efectuar la prueba de factor de potencia se utiliza el equipo denominado M4000 de la marca Doble Engineering. Este equipo es lo más moderno, dada su confiabilidad, precisión y versatilidad para este tipo de pruebas, está diseñado para utilizarse en el campo.

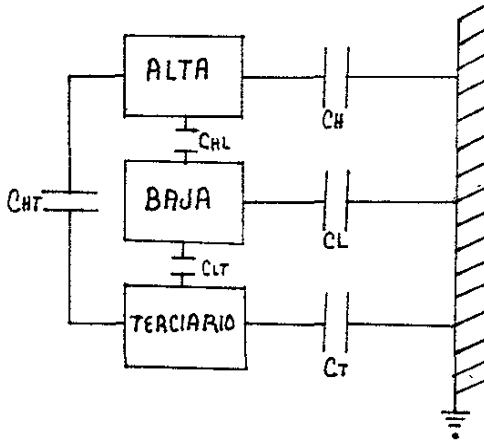
Este probador es un instrumento de corriente alterna, que por medio de una computadora digital y sus transductores puede medir los Volts- amperes, las pérdidas en Watts, factor de potencia, capacitancia, resistencia equivalente de corriente alterna, a un potencial de prueba hasta de 23KV y a una frecuencia de 60 ciclos.

Los aislamientos no están formados de un sólo dieléctrico, ya que intervienen los aisladores, los aislamientos entre alto voltaje y tierra, entre bajo voltaje y tierra, entre alto y bajo voltaje y el aceite entre devanados y tierra.



PRUEBA No.	DEVANADOS CONECTADOS A:			AISLAMIENTO INVESTIGADO	
	CABLE DE PRUEBA	CABLE DE GUARDA			
		GROUND	GUARD		UST
1	A.T.	B.T.		CH + CHL	
2	A.T.		B.T.	CH	
3	A.T.			CHL	
4	B.T.	A.T.		CL + CHL	
5	B.T.		A.T.	CL	
6	B.T.			CHL	

COMPONENTES DE UN TRANSFORMADOR DE DOS DEVANADOS



8 No.	DEVANADOS CONECTADOS SEGUN PRUEBA			AISLAMIENTO INVESTIGADO
	ENERGIZADO	A TIERRA	A GUARDA	
1	A.T.	B.T.	TERCIARIO	CH + CHL
2	A.T.		B.T. Y TERC.	CH
3	B.T.	TERCIARIO	A.T.	CL + CLT
4	B.T.		A.T. Y TERC.	CL
5	TERCIARIO	A.T.	B.T.	CT + CHT
6	TERCIARIO		A.T. Y B.T.	CT
7	TODOS			CH + CL + CT

COMPONENTES DE UN TRANSFORMADOR DE TRES DEVANADOS

♦ **d) Prueba de relación de transformación.**

Mediante la aplicación de esta prueba es posible detectar cortocircuito entre espiras, falsos contactos, circuitos abiertos, etc.

El probador de relación de transformación TTR, es un analizador que está diseñado para determinar con exactitud, la relación de vueltas de los devanados de un transformador, en los cuales la relación de las tensiones nominales de placa, sea la misma que la relación real de vueltas.

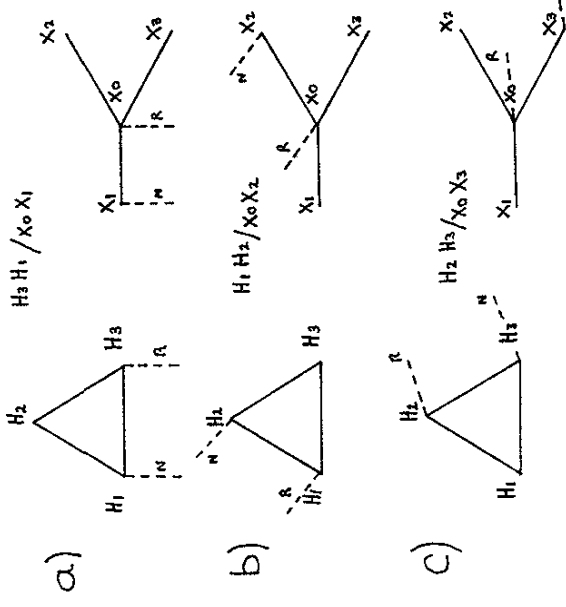
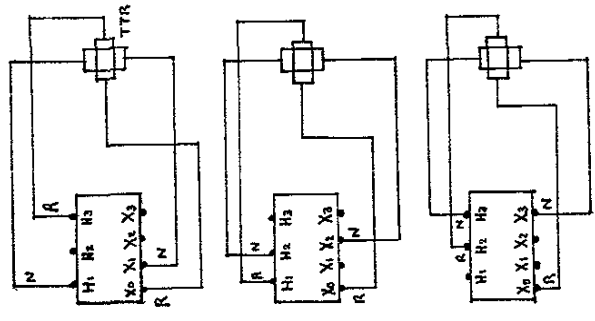
Cuando se prueban transformadores trifásicos, se debe tener en cuenta su diagrama vectorial, el cual indica la conexión interna del transformador, por lo tanto para cada conexión el TTR se conecta de manera distinta.

Si durante la medición no es posible el balanceo del detector, tampoco será posible registrar la lectura correspondiente a la relación de espiras del transformador bajo prueba, esto puede deberse a un cortocircuito en los devanados o bien a algún devanado abierto.

Si durante la medición, la corriente de excitación se manifiesta normal, así como el voltaje de prueba para la aguja del detector de ajuste de aire no manifiesta deflexión, entonces se trata de un circuito abierto en los devanados del transformador bajo prueba.

Cuando se registra una corriente de excitación muy elevada y el voltaje no aumenta entonces se trata de un cortocircuito en el transformador bajo prueba. Sin embargo en ocasiones aún teniendo un devanado en cortocircuito sí se logra el balanceo y se obtiene lectura.

En general, los valores de relación de espiras medidas con el T.T.R., deben encontrarse dentro de un rango de $\pm 0.5\%$ respecto a la relación de placa del transformador, para considerar que éste se encuentra en buenas condiciones, si la relación medida es menor que la de placa entonces el corto circuito lo tenemos en la bobina de alta tensión, si la relación medida es mayor a la de la placa, el corto circuito lo tenemos localizado en la bobina de baja tensión.



R = ROJO
N = NEGRO

PRUEBA DE RELACION DE TRANSFORMACION

No obstante lo anterior y a pesar de tener un transformador cuidadosamente diseñado y que cuente con la adecuada protección, se pueden presentar ciertas circunstancias que provoquen una falla en ellos y la necesidad imprescindible de su inmediata desconexión.

2.7 Mantenimiento Correctivo a transformadores de potencia

Siendo los transformadores la parte vital de toda subestación eléctrica, su reparación en caso de falla debe cumplir ante el usuario con los siguientes objetivos fundamentales.

- ♦ Brindar en su operación futura un servicio y características de trabajo similares a las que se exigían originalmente.
- ♦ Garantizar ampliamente una continuidad de trabajo evitando la costosa paralización de las actividades.
- ♦ Permitir una mayor continuidad de servicio procurando evitar problemas subsecuentes similares al que provocó la falla.
- ♦ Cumplir satisfactoriamente con los requisitos y necesidades del usuario ejerciendo un estricto control en la calidad del trabajo a efectuar en el equipo.

Las fallas que se presentan en los transformadores, pueden generalmente clasificarse en dos clases:

a) Fallas en los devanados de los transformadores

- ♦ Contactos flojos (pobre conexión eléctrica).
- ♦ Fallas entre espiras adyacentes o entre capas.
- ♦ Fallas a tierra de cualquier devanado.
- ♦ Fallas entre devanados.

b) Fallas en los elementos auxiliares

- ♦ En el aceite aislante por deterioro o bajo dieléctrico.
- ♦ En los puntos de conexión del cambiador de derivaciones.
- ♦ En los empaques de las tapas y de las terminales.
- ♦ En el termómetro, válvulas, ventiladores, indicador de nivel de aceite, relevadores, sistemas de enfriamiento, etc.

Los síntomas que determinan que un transformador se retire de servicio y sea puesto bajo inspección especial, son:

- ♦ Aumento excesivo en la temperatura de operación, sin que haya un aumento correspondiente a la carga.
- ♦ Nivel de aceite anormalmente bajo, esto puede indicar que hay una fuga, la cuál es una condición peligrosa.
- ♦ Ruidos extraños, tales como arcos eléctricos, burbujeos de aceite ó ruidos magnéticos muy intensos.
- ♦ Ruptura de un diafragma de la válvula de alivio; esto indica cortocircuito interno o daño externo que es causa de una desconexión inmediata.
- ♦ Operación de alguno de los sistemas de protección.

Un procedimiento que se recomienda aplicar cuando para efectuar las reparaciones es necesario bajar el nivel de aceite, destapar e introducirse en el tanque principal, debido a que los daños se localizan en su interior o en las boquillas terminales, es el que se expone en el siguiente programa de trabajo donde sólo se enumeran los principales eventos que se deben cubrir y son:

- ♦ Desconectar por alta y baja tensión.
- ♦ Comprobación de las fallas mediante pruebas de: aislamiento, continuidad y relación de transformación de los devanados, y si existen gases en el relevador buchholz determinar cualitativamente si son o no explosivos.

- ♦ Investigar la ubicación y posible causa de la falla, en base a su historial de mantenimiento, y a las pruebas actuales de aislamientos, devanados y aceite, así como a los resultados que se obtengan en la determinación del contenido de gases disueltos en el aceite y su análisis cromatográfico.
- ♦ Bajar aceite inyectando nitrógeno simultáneamente y Medir contenido de humedad residual e Inspección interna (previa ventilación del nitrógeno).
- ♦ Proceder con la reparación de la falla si es reparable en la subestación. En caso contrario dismantelar los accesorios para enviar el aparato principal al taller especializado.
- ♦ Limpieza interna y lavado con aceite limpio.
- ♦ Hacer vacío, romperlo inyectando nitrógeno y sellar fugas.
- ♦ Medir contenido de humedad residual.
- ♦ Proceso de secado según contenido de humedad.
- ♦ Llenado final de aceite y pruebas finales.
- ♦ Conectar por alta y baja tensión, excitar y observar el transformador.

Ejemplo de una orden de trabajo de mantenimiento correctivo

- Observar la licencia del siguiente cuadro 2 elaborada conforme al diagrama unifilar de la Subestación Vertíz.
- Observar el plano referente a las pruebas de TTR, en ellas se observa como hacer las pruebas cuando el lado de alta tensión esta encapsulado, se analizan las diferentes formas de conexión.
- Observar el formato de las pruebas de factor de potencia, en el cual se puede ver el resultado de la falla de fase a tierra del Bus de baja tensión.

Observar la orden de trabajo realizada por el personal de mantenimiento hacia el equipo en licencia.

ORDEN DE TRABAJO DEL DEPARTAMENTO
DE MANTENIMIENTO ELECTRICO

I.- DATOS INICIALES

S.E: VERTIZ EQUIPO: T221A

No. O.T.M: 083/VER/103 FECHA DE REPORTE: 10-03-98

TRABAJO A REALIZAR: REVISION POR DISTURBIO, OPERO
LAS PROTECCIONES 86X Y 50TT POR LO QUE EL BANCO SE BOTO

II.- PLANEACION

1.- DATOS EQUIPO

MARCA: IEM TIPO: SL-TEF

KV: 230 A 23 A 13.6 KV No. SERIE: 2468229

2.- ACTIVIDADES

HOJA DE PROCEDIMIENTOS No. 6435

HOJA DE RECURSOS No. 1023

3.- PROGRAMA

RESPONSABLE: SOBRESTANTE DE LA CUADRILLA

INICIAR: 10/03/98 TERMINAR: 20/03/98

T/C: 10

III.- ORGANIZACION

	OBSERVACIONES	FECHA
1.- HOJA DE NECESIDADES	<u>ENTREGADA</u>	<u>10/03/98</u>
2.- SOLICITUD DE LICENCIA	<u>CONFIRMADA</u>	<u>10/03/98</u>
3.- VALES F = 152	<u>ENTREGADA</u>	<u>10/03/98</u>
4.- TRANSPLADO DE RECURSO	<u>REALIZADO</u>	<u>10/03/98</u>

RESP.	FECHA	RESUMEN DE ACTIVIDADES	AVAN %	ANEXOS

V. CONTROL

1.- LICENCIA No. 657 DEL 10-03-98 13/03/98

O.S(C) ING. DE SISTEMA HORA 9:00 A.M

PRORROGAS AL

DEVUELTA O.S (C): ING. DE SISTEMA FECHA: 13/03/98

2.- FORMA DE REVISION

ELABORO: SOBRESTANTE DE TRANSFORMADORES

ANALIZO: ING. DE TURNO

OBSERVACIONES PARA PROXIMA REVISION: ENERO 1999

3.- AVISO ESTADISTICA

ELABORO: AUXILIAR ADMINISTRATIVO

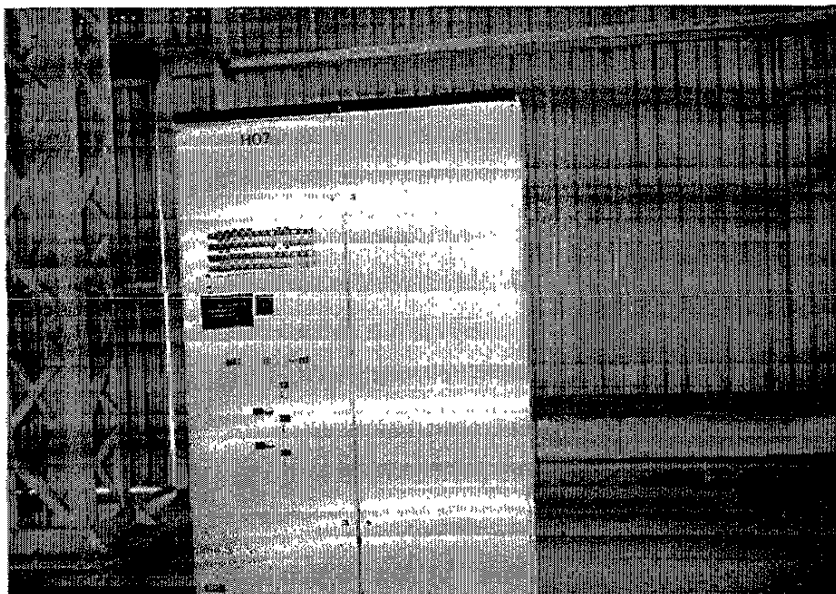
ANALIZO: SUPERINTENDIENTE DE MANTO. ELECTRICO

4.- DESVIACIONES

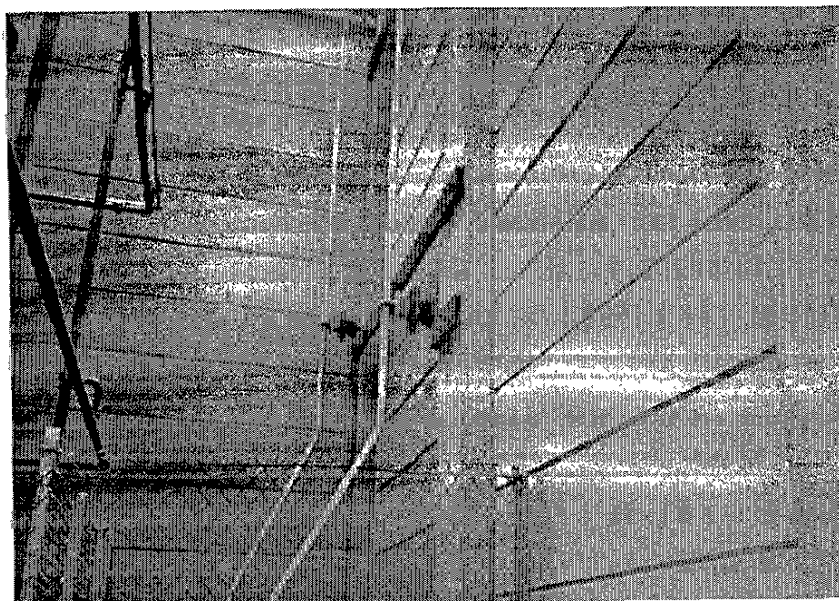
	PROGRAMADO	REAL	MOTIVO DESVIACION
INICIO	10/03/98	13/03/98	
TERMINO			
T/C	4		

5.- COSTOS APROXIMADOS

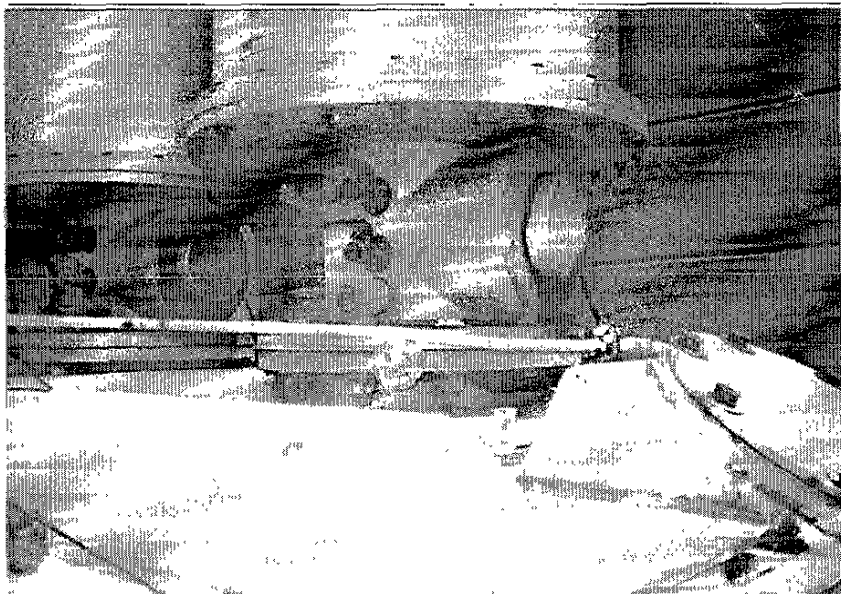
LABOR T/C	4 \$462.95	\$1,851.00
MATERIAL	\$16,520.00	\$16,520.00
TOTAL		\$18,371.00



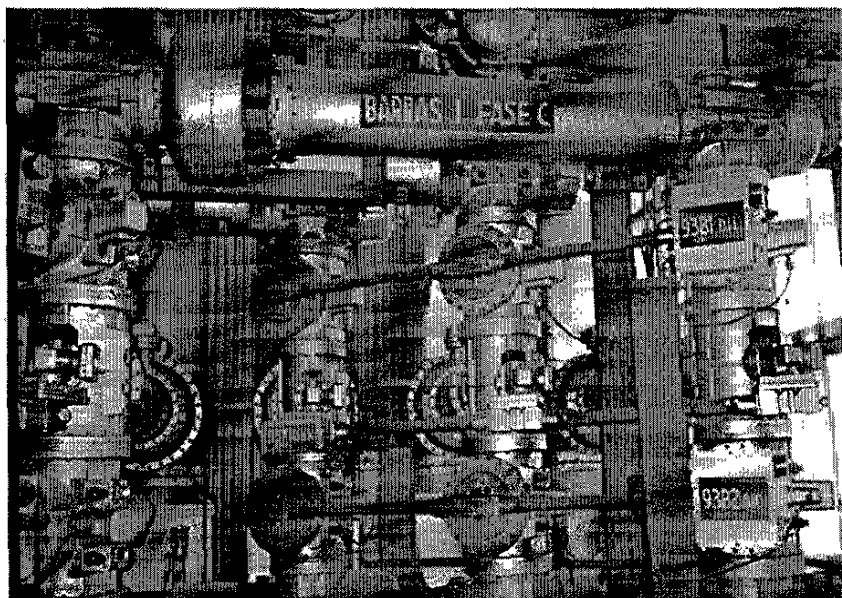
2.1 TABLERO DE CONTROL DEL BCO. T221A DEL LADO DE A.T



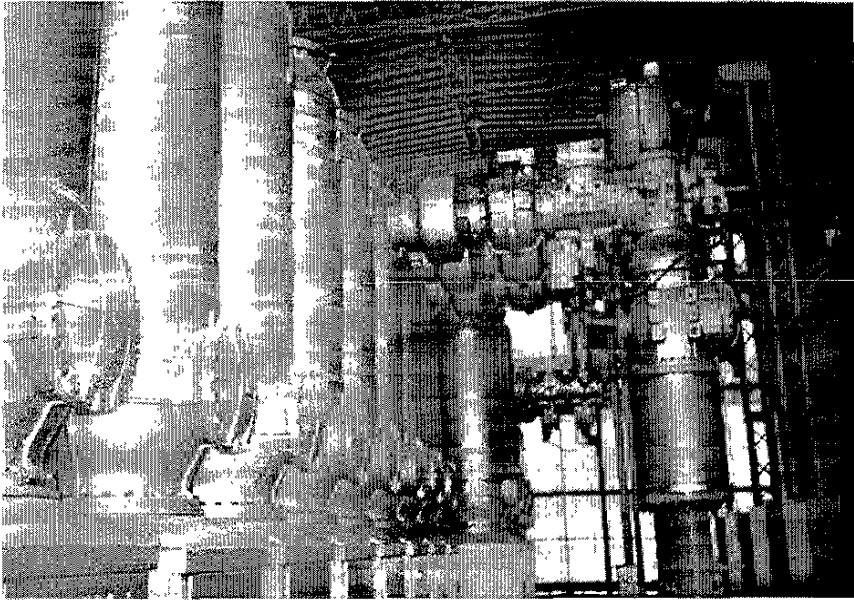
2.2 AISLADOR DEL BUS DE BAJA TENSION DAÑADO



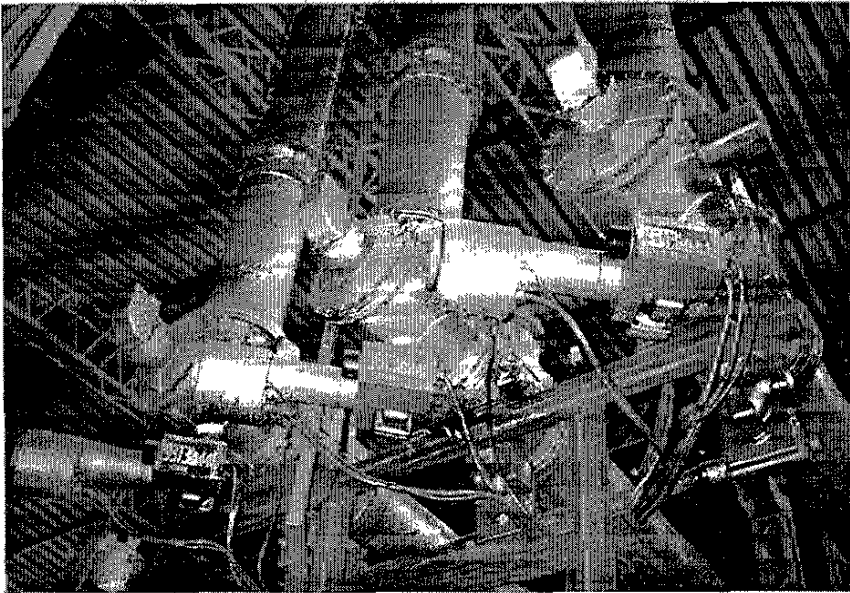
2.3 FASE A, B Y C DEL LADO DE A.T DEL TRANSFORMADOR TOTALMENTE SELLADO



2.4 EQUIPO ENCAPSULADO EN GAS SF6 POR EL LADO DE A.T



2.5 SALIDA DE LAS FASES A,B Y C DEL EQUIPO ENCAPSULADO HACIA EL TRANSFORMADOR

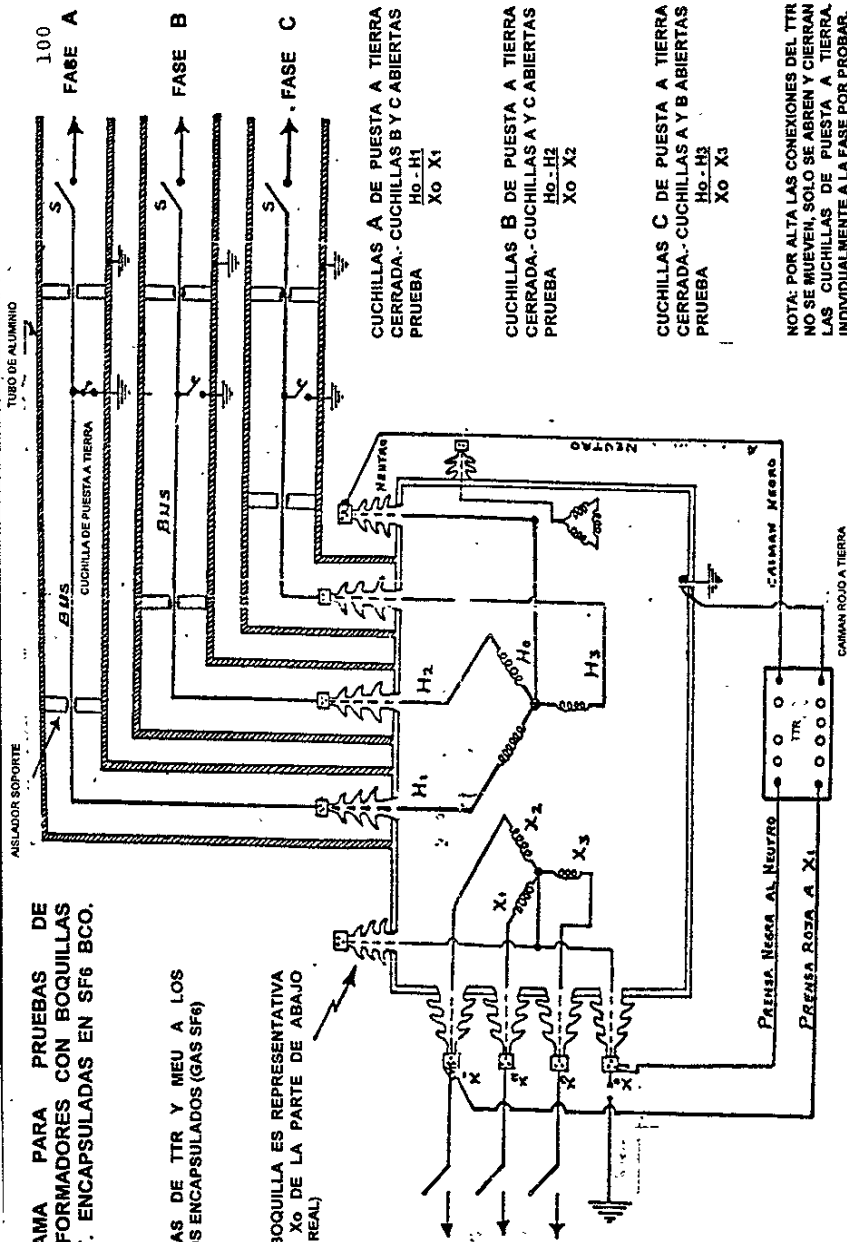


2.6 CUCHILLAS DE PUESTA TIERRA

DIAGRAMA PARA PRUEBAS DE TRANSFORMADORES CON BOQUILLAS DE A.T. ENCAPSULADAS EN SF6 BCO. 221.

PRUEBAS DE TTR Y MIEU A LOS BANCOS ENCAPSULADOS (GAS SF6)

ESTA BOQUILLA ES REPRESENTATIVA DE LA X0 DE LA PARTE DE ABAJO (LUGAR REAL)



CUCHILLAS A DE PUESTA A TIERRA CERRADA.- CUCHILLAS B Y C ABIERTAS PRUEBA
Ho - H1
Xo X1

CUCHILLAS B DE PUESTA A TIERRA CERRADA.- CUCHILLAS A Y C ABIERTAS PRUEBA
Ho - H2
Xo X2

CUCHILLAS C DE PUESTA A TIERRA CERRADA.- CUCHILLAS A Y B ABIERTAS PRUEBA
Ho - H3
Xo X3

NOTA: POR ALTA LAS CONEXIONES DEL TTR NO SE MUEVEN, SOLO SE ABREN Y CIERRAN LAS CUCHILLAS DE PUESTA A TIERRA, INDIVIDUALMENTE A LA FASE POR PROBAR.

POR BAJA CONEXION AL NEUTRO FIJA Y SOLO SE MUEVE LA PRENSA ROJA A LA FASE POR PROBAR

PRUEBAS DE FACTOR DE POTENCIA (M4000)

LUZ Y FUERZA DEL CENTRO
 LOCALIZACION S.E.: VERTIZ
 EQUIPO: TRANSFORMADOR DE POTENCIA
 SERIE: 2468229
 CLIMA: CALUROSO
 HUMEDAD: 17%

FECHA 03/13/1998
 HORA: 14:00

NOMENCLATURA: T221B
 TEMPERATURA AMBIENTE: 25 °C
 TEMPERATURA ACEITE: 30 °C

PRUEBA No. No. DE FP	L C	CONEXION DEL CIRCUIT.	KV	mA	WATTS	F.P. MEDIDA	FACTOR DE CORRECCION	F.P. CORREGIDA	CAPACIDAD INDUCTIVA
1	A	GND-RB	10.00	1.434	7.804	54.43	1.00	54.43	319.2 pF
2	A	GND-RB	10.00	1.035	2.62	25.32	1.00	25.32	265.6 pF
3	A	GND-RB	10.00	0.531	0.066	1.24	1.00	1.24	140.8 pF
4	A	GAR-R	5.00	0.532	0.065	1.22	1.00	1.22	141.1 pF
5	A	GND-RB	10.00	0.532	0.066	1.24	1.00	1.24	141.1 pF
6	A	GND-RB	10.00	159.5	6.839	0.43	1.00	0.43	42323 pF
7	A	GND-RB	10.00	102	4.356	0.43	1.00	0.43	27074 pF
8	A	GAR-R	10.00	57.46	2.454	0.43	1.00	0.43	15243 pF
9	A	UST-RB	10.00	87.12	2.941	0.34	1.00	0.34	23110 pF
10	A	GND-RB	10.00	29.65	0.484	0.16	1.00	0.16	7865 pF
11	A	GAR-R	10.00	57.46	2.464	0.43	1.00	0.43	15242 pF
12	A	UST-RB	10.00	0.088	0.027	NA	1.00	NA	23.3 pF
13	A	GND-RB	10.00	0.248	1.235	49.84	1.00	49.84	57.0 pF
14	A	GND-RB	10.00	0.096	0.104	NA	1.00	NA	25.3 pF
15	A	GND-RB	10.00	0.096	0.025	NA	1.00	NA	25.1 pF
16	A	GND-RB	10.00	0.095	1.514	54.9	1.00	54.9	61.2 pF
17	A	GND-RB	10.00	0.276	5.798	90.2	1.00	90.2	73.5 pF
18	A	GND-RB	10.00	0.643					

NOTAS: A = REFERIDO A 10 KV Y A 60 Hz

NA = NO ALCANZA A MEDIR

ANEXO 8

2.8 Análisis de fallas de transformadores

Las posibilidades de falla en transformadores de aceite casi son nulas, sin embargo por protecciones inadecuadas, mantenimiento retardado, sobrecargas continuas, sufren fallas como las siguientes:

♦ **Falsos contactos.**- De no desconectarse a tiempo, éste tipo de falla deteriora el aislamiento y contamina el aceite produciendo gasificación, carbonización y abombamiento del transformador. Esta falla se manifiesta por presencia de carbón en las terminales carcomidas o de una coloración intensa en aislamientos y conductor.

♦ **Cortocircuitos externos.**- Esta falla, como su nombre lo indica es producida por un corto externo al transformador. El daño que produzca al transformador dependerá de su intensidad y del tiempo de duración. La alta corriente que circula durante el corto, se traduce en esfuerzos mecánicos que distorsionan los devanados y hasta los pone fuera de lugar. Si el corto es intenso y prolongado su efecto se reflejará en una degradación del aceite, sobrepresión, arqueos y abombamiento del tanque.

Después de una falla de éste tipo y antes de poner en servicio al transformador, se debe tener certeza de que ha sido eliminado el corto y revisar exhaustivamente al transformador para determinar si esta dañado o no.

♦ **Cortocircuito entre espiras.**- Este tipo de fallas, son el resultado de que los aislamientos pierdan sus características por exceso de humedad, por sobrecalentamientos continuos por exceso de voltaje, etc. Estas fallas tardan tiempo para poner fuera de servicio al transformador, y se manifiesta por un devanado regular excepto en el punto de falla, su ionización degrada al aceite y debe haber rastros de carbón en el tanque.

♦ **Sobretensiones por descargas atmosféricas.**- Para prevenir en lo que cabe, a éste tipo de falla, se recomienda el uso de apartarrayos lo más cercano al transformador. Si la subestación es convencional y de instalación exterior, se disminuye la incidencia de descarga atmosférica con el uso del hilo de guarda. En caso de que la descarga atmosférica rebase los límites del nivel de impulso del transformador, el devanado sujeto a éste esfuerzo fallará. La manifestación de este tipo de fallas son bobinas deterioradas en la parte más cercana al transformador o sea a los herrajes. Como el tiempo de falla es mucho muy corto, no se produce deterioro en el aceite, ni gasificación del mismo.

♦ **Sobretensiones por transitorios.**- Este tipo de sobretensiones son producidas por falsas operaciones de encendido, por puesta de servicio y desconexión de bancos de capacitores etc. Los sobrevoltajes que se producen son del orden de hasta dos veces el voltaje de operación, su resultado de daño es a largo plazo.

♦ **Sobrecargas.**- Si las sobrecargas a que se sujeta el transformador no han sido tomados en cuenta durante el diseño del aparato, éste se sujetará a un envejecimiento acelerado que destruirá sus aislamientos y su falla se definirá por un cortocircuito entre espiras.

Por lo tanto, del análisis de fallas, podemos determinar que salvo en caso de sobretensiones ocasionados por rayos, todas las demás fallas se pueden prever con un buen mantenimiento preventivo y si la falla está en proceso, una buena revisión de mantenimiento correctivo podrá corregirlas.

2.10 Protección de transformadores de potencia

Alarmas y protecciones

EMERGENCIA

♦ **Falla C.D.**- Indica que no hay alimentación para el disparo buchholz.

♦ *Alarma Buchholz.*- Indica que hay arqueo incipiente dentro del transformador.

□ ALERTA

♦ *Alta temperatura de devanado.*- Indica que ésta sobrecargado o que la refrigeración no está funcionando correctamente.

♦ *Alta temperatura de aceite.*- Indica que esta sobrecargado o que la refrigeración no ésta funcionando correctamente.

♦ *Bajo nivel de aceite en el conservador.*- Indica que hay fuga de aceite.

♦ *Alta presión de nitrógeno en el transformador.*- Indica que está mal calibrado el equipo inerteaire o hay generación de gases.

♦ *Baja presión en botella de nitrógeno.*- Indica que la botella está prácticamente vacía.

♦ *Baja presión en transformador.*- Indica que tiene vacío.

♦ *Sobrepresión en cambiador de derivaciones.*- Indica que hay arqueo fuerte en el cambiador.

♦ *Falla C.A., auxiliares.*- Indica que la capacidad del transformador se reduce de 30 a 20MVA, por no poder trabajar la refrigeración.

♦ *Falla C.A., motor cambiador de derivaciones.*- Indica que no hay regulación de voltaje.

♦ *Falla flujo bomba.*- Indica que el motor de la bomba está quemado.

♦ *Cambiador de derivaciones fuera de posición.*- Indica que hay forzamiento en el mecanismo.

Con todas estas alarmas, es muy difícil que el transformador se pueda dañar por alguna causa externa, anunciando cualquier anomalía a las personas encargadas de su operación.

Características de las protecciones

Un relevador de protección, es un dispositivo que se puede energizar por una señal de voltaje, una señal de corriente o por ambas. Cuando es energizado, opera para indicar o aislar las condiciones anormales de operación:

Las protecciones típicas que se aplican a transformadores de potencia son:

- ♦ La protección diferencial
- ♦ La protección para detección de gases
- ♦ La protección contra sobrecarga

♦ **PROTECCION DIFERENCIAL (87).**- Esta protección es capaz, no sólo de eliminar todos los tipos de cortocircuitos internos, inclusive, entre espiras, también fallas debidas a arcos eléctricos en las boquillas de los transformadores. En el esquema diferencial, se comparan las corrientes de entrada con los de salida, del elemento protegido, siendo que el relevador denominado diferencial, opera cuando a través del mismo, circula una corriente, cuya diferencia entre la entrada y la salida, rebasa cierto valor ajustado y denominado corriente diferencial.

♦ **PROTECCION PARA DETECCION DE GASES (63).**- Se emplea en la protección de transformadores que tienen tanque conservador. Esta protección opera contra fallas internas con gran rapidez en el caso de ser severas, pero su característica más relevante, es su sensibilidad para fallas incipientes, es decir, fallas menores que tienen inicialmente un desprendimiento de gases. Estos relevadores actúan como trampas de gases entre el tanque principal y el tanque conservador y como detector de flujo inverso del líquido dieléctrico. Al operar un disparo por el relevador buchholz, se envía la señal a los interruptores de alta y baja tensión del transformador, que deben operar.

♦ **PROTECCION CONTRA SOBRECARGA (51).**- La protección contra sobrecarga de un transformador, se hace por lo general, por medio de la protección por sobrecorriente. La protección de sobrecorriente, se hace para fallas de fase y/o a tierra, está protección constituye una protección primaria.

Los relevadores deben proteger a los transformadores contra daños por fallas propias. Las corrientes de alto valor que pasan en el transformador, pueden causar daños térmicos y mecánicos, los valores de temperatura elevados, pueden acelerar el deterioro del aislamiento y problemas de fricción.

Las protecciones del transformador se dividen en:

PRIMARIAS

♦ **Diferencial (87-1, 87-2, 87-3).**- Actúan con cualquier descomposición de corriente que haya desde los transformadores de corriente lado de A.T, hasta los transformadores de corriente del lado de salida de los alimentadores de B.T.

♦ **Buchholz (63).**- Actúa cuando hay generación de gases dentro del transformador.

♦ **Sobrecarga (51-1, 51-2, 51-N. Instantáneos).**- Actúa cuando hay una demanda elevada de corriente en forma instantánea en el lado de A.T del transformador.

DE RESPALDO

♦ **Sobrecarga (51-1, 51-2, 51-N. De tiempo).**- Actúan cuando hay una demanda elevada de corriente durante un cierto tiempo, en el lado de A.T del transformador.

♦ **Sobrecarga a tierra (51-T).**- Actúa cuando hay una falla a tierra en cualquier punto de lado de B.T, que alimenta este banco

CAPITULO III

MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO A INTERRUPTORES DE POTENCIA

3.1 Descripción y funcionamiento de un interruptor

El interruptor es un dispositivo destinado a la conexión y desconexión de la continuidad de un circuito eléctrico bajo carga, en condiciones normales; así como y ésta es su función principal bajo condiciones de falla (cortocircuito).

El interruptor, es junto con el transformador, el dispositivo más importante de una subestación eléctrica. Su comportamiento determina el nivel de confiabilidad que se puede tener en un sistema eléctrico de potencia.

Su objetivo primordial es insertar en un sistema eléctrico o retirar de él máquinas, aparatos o líneas e interrumpir el circuito cuando se produce una sobreintensidad.

La función de un interruptor es aislar el punto de falla para que el sistema no se afecte, así como proteger elementos de una subestación.

Los interruptores deben ser capaces de interrumpir corrientes eléctricas de intensidades y factores de potencia diferentes, pasando desde las corrientes capacitivas (adelantadas) de varios cientos de amperes a las inductivas (atrasadas) de varias decenas de kiloamperes.

En todas las fases de los sistemas eléctricos como son: generación, transformación, transmisión y distribución de energía eléctrica; los interruptores de potencia cubren una muy importante función, no sólo energizan y desenergizan circuitos de alta tensión o conmutan la energía eléctrica de un circuito a otro en estado normal, sino que principalmente el interruptor de potencia es el elemento que corta la corriente eléctrica en un circuito en estado de falla, aislando la zona dañada y protegiendo así a los componentes del sistema eléctrico (generadores, transformadores, líneas de transmisión y cargas).

Para poder actuar, el interruptor recibe una señal proveniente de un conmutador, una computadora o bien de un dispositivo de protección.

Normalmente el interruptor de potencia permanece cerrado o abierto durante varios meses, sin ser tocado ni ser atendido, pero cuando recibe una señal, por ejemplo de algún dispositivo de protección, debe ser capaz de librar cualquier falla de 30 a 50 milisegundos, lo cual implica una gran tecnología en su diseño.

3.2 Características generales de los interruptores de potencia

La operación más difícil que el interruptor de potencia debe cumplir es la interrupción de cortocircuitos.

El cortocircuito se puede definir como una corriente que se encuentra fuera de sus rangos normales, algunos cortocircuitos no son mayores que las corrientes de carga, mientras que otros pueden ser muchas más veces los valores de la corriente nominal.

Un cortocircuito se puede originar de distintas maneras, por ejemplo la vibración del equipo puede producir en algunas partes, pérdida de aislamiento, de manera que los conductores queden expuestos a contacto entre sí o a tierra.

Otro caso puede ser el de los aisladores que pueden estar excesivamente sucios por efecto de la contaminación y en presencia de lluvia o llovizna ligera, puede producir el flameo del conductor a la estructura (tierra). Cualquiera que sea la causa, los cortocircuitos son por lo general, el resultado de una ruptura dieléctrica del aislamiento.

El cortocircuito tiene por lo general, tres efectos:

♦ **Arco eléctrico:** Este es similar al que se presenta cuando se usa soldadura eléctrica, ya que es un arco muy brillante y caliente y se puede presentar en un rango de corriente que va de unos cuantos hasta miles de amperes. El efecto de la falla, es muy dramático, ya que el arco quema prácticamente todo lo que se encuentre en su trayectoria.

- ♦ **Calentamiento:** Cuando un cortocircuito tiene una gran magnitud de corriente, causa severos efectos de calentamiento.
- ♦ **Esfuerzos magnéticos:** Debido a que un campo magnético se forma alrededor de cualquier conductor, cuando circula por él una corriente, se puede deducir fácilmente que cuando circula una corriente de cortocircuito de miles de amperes, el campo magnético se incrementa muchas veces y los esfuerzos magnéticos producidos son significativamente mayores.

Proceso de interrupción

Cuando se inicia el proceso de interrupción de la corriente, se forma entre los contactos que se separan, un arco que se extingue en un tiempo reducido y que depende de la construcción del interruptor.

Como el circuito que se interrumpe por alguna falla del sistema es fuertemente inductivo, la tensión y la corriente del cortocircuito se encuentran defasados cerca de 90° , es por eso que la corriente y la tensión no se anulan al mismo tiempo.

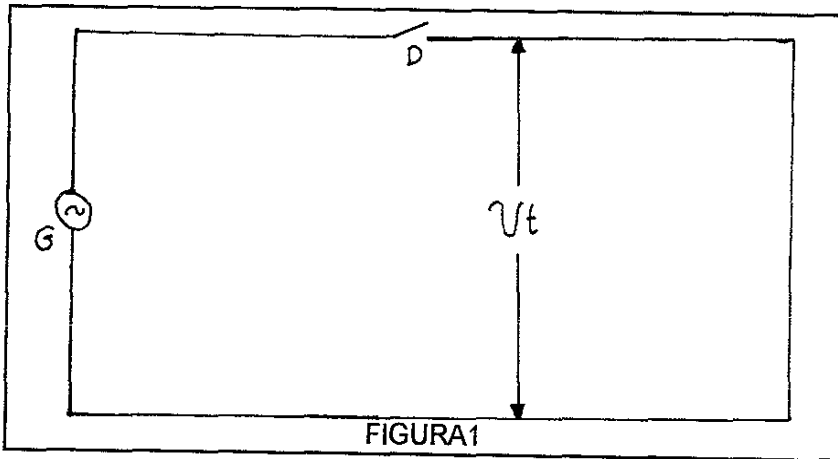
La corriente alterna es variable desde cero a su amplitud máxima y se interrumpe cuando la corriente pasa por un valor próximo a cero, la interrupción da lugar a una sobretensión limitada.

Interviene en la reducción de la sobretensión, la resistencia del arco y la resistencia de los contactos, cuyo efecto se hace sentir en el cierre del circuito.

El proceso ideal de la interrupción de la corriente es cuando el corte del circuito se realiza al pasar la corriente por cero y se mantiene nula la tensión del arco durante los períodos que siguen a la interrupción del sistema.

Esto se logra con la reducción del tiempo de duración del arco y manteniendo la tensión en éste a un valor muy débil, el problema estriba en dar inmediatamente después de la apertura de los contactos una rigidez dieléctrica, suficiente al espacio que los separa para hacer imposible los reencebamientos del arco.

Para comprender el proceso de la interrupción de un interruptor consideremos que se pone un generador G en cortocircuito, al cerrar el interruptor D, circula una corriente muy grande de cortocircuito, cuyo valor está limitado por la resistencia del circuito inducido y la reactancia de dispersión, al hacer esto circula una corriente muy grande que hace que opere automáticamente el interruptor D. Figura 1



- ♦ Cuando se cierra el interruptor D y el voltaje es máximo, la corriente de cortocircuito recibe el nombre de corriente de cortocircuito simétrica.
- ♦ Si se cierra en cualquier otro instante la corriente de cortocircuito recibe el nombre de asimétrica.

Parámetros eléctricos

Los parámetros que se presentan durante el proceso de cierre y apertura son los siguientes:

- ♦ **Voltaje nominal.**- Voltaje normal de operación del interruptor.
- ♦ **Corriente inicial de C.C.**- Es el valor instantáneo de la corriente de falla.

- ♦ **Corriente de ruptura.**- Es el valor permanente de la corriente de cortocircuito.
- ♦ **Voltaje de reestablecimiento.**- Es el voltaje que se presenta en el interruptor después de la apertura.
- ♦ **Capacidad interruptiva.**- Es el resultado de multiplicar la corriente de ruptura con el voltaje por raíz de tres.

Ciclo de trabajo

El ciclo de trabajo de los interruptores consiste en una serie de operaciones de cierre o apertura, con el objeto de proteger el equipo eléctrico, reestablecer la continuidad del servicio, para las revisiones del equipo mismo o de los equipos adyacentes y someterlo a las condiciones de operación.

El ciclo de trabajo normalmente lo proporcionan los fabricantes con una designación, es decir, a la apertura con la letra A y con C a la de cierre. La designación del tipo A-0.3seg-CA-3min-CA significa que el interruptor después de una apertura permanece 3 décimas de segundo, cierra de nuevo para abrirse inmediatamente, 3 minutos pasan para cerrar y abrir inmediatamente para así quedarse, éste tipo de asignaciones sirve a interruptores de 400, 230 y 115 kv. Para interruptores de 23kv, debe cumplir con el siguiente ciclo de operación A-0.3seg-CA-15seg-CA-15seg-CA.

Clasificación

♦ **De acuerdo con su función y operación**

a) Por su función cualquier interruptor de potencia 6, 23, 85, 230 y 400KV es un dispositivo cuya función consiste en interrumpir y reestablecer la continuidad de un circuito eléctrico.

b) Si la operación se hace sin carga recibe el nombre de desconectador o cuchilla.

c) Si la operación se efectúa con carga (corriente nominal) o corriente de cortocircuito, en caso de disturbio, el interruptor recibe el nombre de disyuntor o interruptor de potencia.

♦ **Por su mecanismo de operación.-** Es decir el agente que provoca el movimiento de transmisión y/o los contactos móviles, en este grupo quedarían de la siguiente manera:

- a) Los que son operados con solenoide (F100 General Electric)
- b) Los que son operados de manera neumática (Mitsubishi)
- c) Los que son operados de manera hidráulica (Oerlikon)
- d) Los que son operados de manera mecánica (Isodel Spreacher)
- e) Los que son operados de manera oleoneumática (Merlin Gering)

♦ **Por medio de extinción del arco.**

- a) Aceite dieléctrico a presión.
- b) Alta presión de aire y soplo.
- c) Soplo magnético y de aire.
- d) Gas SF₆ de presión doble.
- e) Al alto vacío.

Independientemente de las características individuales de cada marca o tipo de interruptor, se debe tener cuidado con las siguientes particularidades.

- a) **Extinción del arco.-** Para conservar el mayor tiempo posible ó mayor número de operaciones antes de que se dañen los contactos.
- b) **El aislamiento.-** Cuidar que no se corte la distancia de posible riesgo.

c) **Tiempos de cierre y apertura.**- Para exponer lo menos posible los contactos al arco eléctrico y evitar daños severos a estos, entre más tensión o capacidad interruptiva los tiempos de operación deben ser menores.

3.3 Elementos constitutivos de los interruptores de potencia

- ♦ Contactos fijos
- ♦ Contactos móviles
- ♦ Contactos intermedios
- ♦ Cámaras de extinción del arco eléctrico
- ♦ Resistencias equipotenciales
- ♦ Capacitores de gradiente
- ♦ Rompe arcos
- ♦ Mecanismo de operación
- ♦ Medios de extinción

COMPONENTES MAS IMPORTANTES DEL INTERRUPTOR

Se ha dicho que el interruptor de potencia es el elemento que efectúa el corte o reestablecimiento rápido de la corriente eléctrica, evitando reencendido o preencendido del arco eléctrico no deseado en los circuitos interrumpidos según sea requerido, esto es, por operación o por protección.

- ♦ **Preencendido.**- Arco producido al cierre de los contactos principales.
- ♦ **Reencendido.**- Arco producido a la apertura de los contactos principales.

Se puede considerar formado por tres partes principales:

- a) Parte activa
- b) Parte pasiva
- c) Accesorios

a) Parte activa.- Constituida por las cámaras de extinción que soportan los contactos fijos y el mecanismo de operación que soporta los contactos móviles.

♦ **Cámaras de extinción.-** Es una cámara dispuesta de tal manera que al abrir los contactos se transforma en calor la energía que circula por el circuito de que se trate, lo cual ejerce fuertes presiones internas, esfuerzos electrodinámicos de las corrientes de cortocircuito, así como los esfuerzos dieléctricos de desconexión de bancos de reactores, capacitores, transformadores, etc. Para poder soportar estas presiones se desarrollan las cámaras de arqueo, en cuyo interior y bajo su diseño el arco eléctrico se extingue en un menor tiempo y con mayor eficiencia, logrando reducir gracias a estas cámaras de extinción una disminución considerable del tamaño de los interruptores.

♦ **Contactos fijos.-** Son masas metálicas diseñadas para recibir en acoplamiento los contactos móviles que se encuentran conectados a los polos de un circuito eléctrico en forma permanente, los cuales son de muy baja resistencia eléctrica y de un alto grado de fusión.

♦ **Mecanismos de operación.-** Son el medio por el cual se consigue separar los contactos móviles de los fijos y dar la separación necesaria para romper el arco eléctrico. Los mecanismos varían mucho de un diseño a otro, sin embargo los podemos enmarcar por la forma de almacenar energía para conseguir la separación de los contactos: en solenoide, neumática, hidráulica, resortes y oleoneumática.

♦ **Contactos móviles.-** Son también masas metálicas que se acoplan a los contactos fijos, estableciendo un puente de contacto entre los polos del interruptor, ejerciendo presión unos a otros para asegurar un contacto uniforme y con ello una menor resistencia eléctrica al paso de la corriente.

b) Parte pasiva.- Formada por una estructura que soporta uno o tres depósitos de aceite o gas SF₆, en los que se aloja la parte activa.

En sí, la parte pasiva desarrolla las siguientes funciones:

- ♦ Protege eléctrica y mecánicamente el interruptor.
- ♦ Ofrece puntos para el levantamiento y transporte del interruptor, así como espacio para la instalación de los accesorios.
- ♦ Soporta los recipientes de aceite, gas SF₆, si los hay, y el gabinete de control.
- ♦ Contenedor principal.- Es el recipiente en el cual se encuentran contenidos los contactos fijos y móviles, las cámaras de arqueo y el medio por el cual se extingue el arco.
- ♦ Medios de extinción.- Es el medio en el cual se extingue el arco eléctrico producto de acción de interrupción del circuito eléctrico, el cual puede ser en aceite dieléctrico, gas hexafluoruro de azufre (SF₆) , en aire comprimido y en vacío.

c) Accesorios.- En esta parte se consideran incluidas las siguientes partes:

- ♦ Boquillas terminales
- ♦ Válvulas de llenado, descarga y muestreo de fluido aislante
- ♦ Conectores a tierra
- ♦ Placas de datos
- ♦ Gabinete que contiene los dispositivos de control, protección, medición, accesorios como: compresora, resortes, bobinas de cierre o disparo, calefacción, etc.

3.4 Tipos de interruptores de potencia

INTERRUPTOR EN GRAN VOLUMEN DE ACEITE

Se emplean en alta tensión y utilizan el aceite dieléctrico para la extinción del arco.

En este tipo de extinción el arco producido calienta el aceite dando lugar a una formación de gas muy intensa, que aprovechando el diseño de la cámara empuja un chorro de aceite a través del arco, provocando su alargamiento y enfriamiento hasta llegar a la extinción del mismo, al pasar la onda de corriente por cero.

Para grandes tensiones y capacidades de ruptura cada polo del interruptor va dentro de un tanque separado, aunque el accionamiento de los tres polos es simultáneo, por medio de un mando común.

Cada polo tiene doble cámara interruptiva, conectadas en serie, lo cual facilita la ruptura del arco al repartirse la caída de tensión según el número de cámaras. Para conseguir que la velocidad de los contactos sea elevada, de acuerdo con la capacidad interruptiva de la cámara, se utilizan poderosos resortes, y para limitar el golpe que se producirá al final de la carrera, se utilizan amortiguadores.

Para la revisión, por mantenimiento de los interruptores de pequeña capacidad, se bajan los tres tanques por medio de un cable y una manivela. En aparatos de gran capacidad, primero se abren las tapas de hombre en cada uno de los tres tanques.

En este tipo de interruptores, el mando puede ser eléctrico, con resortes o con compresora unitaria según sea la capacidad interruptiva del interruptor.

INTERRUPTORES EN PEQUEÑO VOLUMEN DE ACEITE

Tienen forma de columna, son muy empleados en tensiones hasta 230KV y de 2500MVA de capacidad interruptiva. Este interruptor utiliza aproximadamente un 5% del volumen de aceite del caso anterior.

Las cámaras de extinción tienen la propiedad de que el efecto de extinción aumenta a medida que la corriente que va a interrumpirse crece. Por eso al extinguir las corrientes de baja intensidad, las sobretensiones generadas son pequeñas.

La potencia de apertura es limitada sólo por la presión de los gases desarrollados por el arco, presión que debe ser soportada por la resistencia mecánica de la cámara de arqueo. Para potencias interruptivas altas, el soplo de los gases sobre el arco se hace perpendicularmente al eje de los contactos, mientras que para potencias bajas, el soplo de los gases se inyecta en forma axial.

Los interruptores de este tipo usan un mando que se energiza por medio de resortes.

El tiempo de extinción del arco es de 6 ciclos.

INTERRUPTOR NEUMATICO

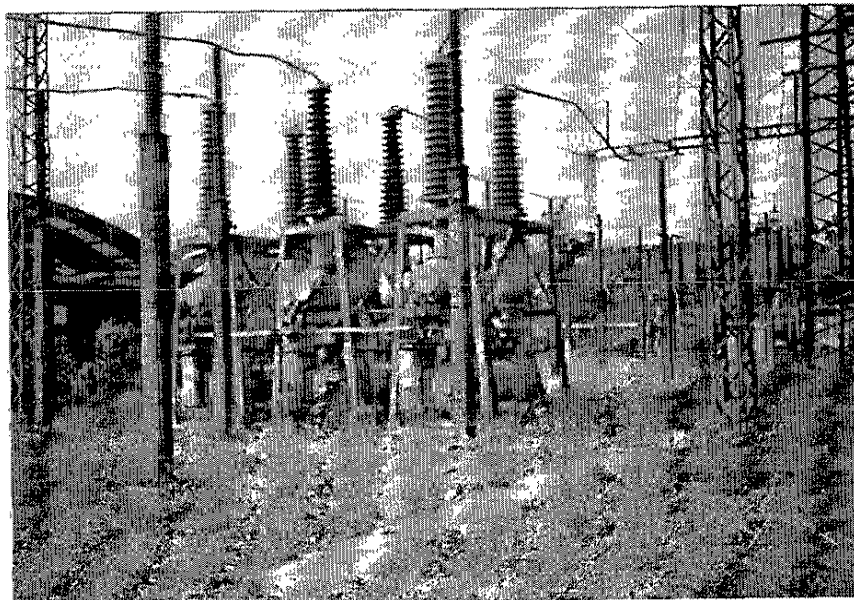
Su uso se origina ante la necesidad de eliminar el peligro de inflamación y explosión del aceite dieléctrico utilizado en los interruptores anteriores.

En este tipo de interruptores el apagado del arco se efectúa por la acción violenta de un chorro de aire que barre el aire ionizado por efecto del arco. El poder de ruptura aumenta casi proporcionalmente a la presión del aire inyectado. La presión del aire comprimido varía entre 8 y 13 Kg/cm² dependiendo de la capacidad de ruptura del interruptor.

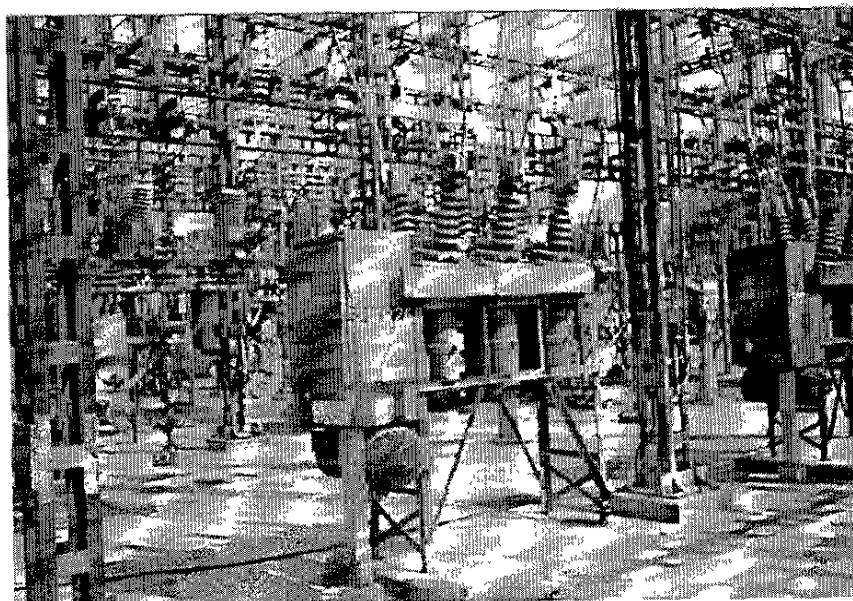
La extinción del arco se efectúa en un tiempo muy corto, del orden de 3 ciclos, lo cual produce sobretensiones mayores que en los casos anteriores.

Las características de estos interruptores son:

- ♦ Los tiempos de maniobra son muy cortos, lo que limita la duración de los esfuerzos térmicos que originan los cortocircuitos y por lo tanto se reduce el desgaste de los contactos.



INTERRUPTOR EN SF6



INTERRUPTOR BAJO NIVEL DE ACEITE

3.5 Programa de Mantenimiento Preventivo Dinámico

El ingeniero de mantenimiento eléctrico junto con su auxiliar administrativo elaboran un programa de M.P, donde asientan los pasos a seguir para la realización de la misma, después de haber hecho un estudio enfocado a los equipos instalados en las siete subestaciones a su cargo.

Se hace un listado de recursos para poder planear y ejecutar el M.P, y se almacenan materiales, equipos de medición, instructivos, herramientas y repuestos en la bodega del área.

Se elabora conforme al programa de M.P una licencia donde se especifica el equipo que se necesita libre del sistema eléctrico para poder llevar a cabo el M.P, se auxilian para esto, con diagramas unifilares de los arreglos de las subestaciones y de la nomenclatura de cada equipo, ver anexos 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

Se envían las licencias a Operación Ciudad u Operación Sistema, para que ellos hagan sus maniobras en conformidad con la licencia en caso contrario la licencia se cancela.

Al confirmarse la licencia, respaldo operativo en conformidad con el ingeniero de mantenimiento y el sobrestante de la cuadrilla, hacen las maniobras necesarias y suficientes en el campo, para dejar el equipo en licencia y de esta manera la cuadrilla pueda trabajar y proceder con el M.P.

Se da una orden de trabajo al sobrestante de la cuadrilla que deberá ser llenada conforme realiza los trabajos de mantenimiento preventivo, e informará diariamente al supervisor todos los detalles que se vayan presentando.

Procedimiento general para ejecutar un M.P

No iniciar el trabajo en algún equipo sin haber realizado antes las siguientes Reglas de Oro:

- ♦ Solicitud de licencia
- ♦ Corte visible de la energía eléctrica

- ♦ Ausencia de tensión
- ♦ Conectar tierras
- ♦ Limitar la zona de trabajo.

Metodología para la ejecución segura del trabajo:

- ♦ Planeación y Organización:

¿Cuentas con los recursos adecuados para realizar el trabajo?

- ♦ Generación de la orden de trabajo:

¿Comprendiste con claridad lo que vas a ejecutar?

- ♦ Ejecución y Supervisión:

¡Asegúrate de llevar a cabo la plática de los cinco minutos antes y después de la ejecución del trabajo!

¿Hubo demostración de ausencia de potencial?

¿Instalaste correctamente las tierras de protección?

¿Delimitaste tu área de trabajo?

- ♦ Control:

¿ Se realizó el trabajo de acuerdo con lo planeado?

Elabora tu informe acerca de lo ejecutado.

Antes de efectuar el mantenimiento preventivo, se debe de cerciorarse de contar con el mínimo de los repuestos recomendados por el fabricante para cada tipo de revisión.

Cuando se efectúa el mantenimiento de interruptores de potencia, se deben de tomar de manera eficiente los ajustes, presiones y penetración de contactos. Así como alinear debidamente las cámaras de arqueo.

El mantenimiento preventivo a interruptores de potencia afecta casi exclusivamente al mecanismo de control y operación.

Cuando se efectúa el mantenimiento se debe estar completamente seguro de que el control este desenergizado eléctricamente, sin presión neumática y/o con los resortes descargados.

a) Si es de solenoide

- ☞ Limpieza y/o lubricación del núcleo del solenoide, checar ajustes en su caso.
- ☞ Limpieza y/o lubricación de los relevadores auxiliares de cierre y disparo.
- ☞ Limpieza y/o lubricación de la bobina de disparo.
- ☞ Verificar ajustes del mecanismo de campana.
- ☞ Verificar ajustes de los resortes aceleradores.
- ☞ Verificar disparo manual.
- ☞ Verificar mecanismo de antibombeo.
- ☞ Verificar switch supervisor de trinquete.
- ☞ Verificar circuitos y protección de alimentaciones de corriente alterna y corriente directa.
- ☞ Verificar circuitos de calefacción, alumbrado, toma de fuerza y sus componentes del gabinete de control.
- ☞ Verificar apriete y limpieza de terminales en tablillas de conexiones.
- ☞ Verificar apriete y limpieza de contactos auxiliares.
- ☞ Verificar circuitos de control, señalización y alarma hasta el tablero del operador.

b) Si es de resortes

- ☞ Limpieza, lubricación y verificación de ajustes del mecanismo.
- ☞ Limpieza, lubricación y verificación de ajustes de los reveladores de cierre, disparo y sus auxiliares.
- ☞ Verificar operación de ajuste de límites de arranque y paro de motor.
- ☞ Verificar ajustes de los resortes aceleradores.
- ☞ Verificar ajustes del mecanismo de campana o del de mando a contactos móviles.
- ☞ Verificar niveles y estado de amortiguadores.
- ☞ Verificar operación de antibombeo y asincronismo de fases (si se tiene mecanismo por fase).
- ☞ Verificar disparo manual.
- ☞ Verificar switch supervisor de trinquete.
- ☞ Verificar circuitos y protección del motor de carga de resortes.
- ☞ Verificar circuitos de calefacción, alumbrado, toma de fuerza y sus componentes del gabinete de control.
- ☞ Verificar apriete y limpieza de terminales en tablillas de conexiones.
- ☞ Verificar apriete y limpieza de contactos auxiliares.
- ☞ Verificar circuitos de control, señalización y alarma hasta el tablero del operador.

c) Si es de aire (neumáticos) baja presión (menor de 10Kg/cm²)

- ☞ Limpieza, lubricación y verificación de ajustes del mecanismo.
- ☞ Limpieza, lubricación y verificación de ajustes de los relevadores de cierre, disparo y sus auxiliares.
- ☞ Verificar ajustes de los resortes aceleradores.
- ☞ Verificar ajustes del mecanismo de campana.
- ☞ Limpieza, ajustes y lubricación de válvulas de control.
- ☞ Revisión, ajuste y lubricación del grupo motor-compresor.
- ☞ Revisión y ajuste de manóstatos y presóstatos.
- ☞ Revisión del tanque de almacenamiento de aire y válvula de sobrepresión.
- ☞ Verificar operación del disparo libre (en caso de existir).
- ☞ Verificar operación de antibombeo.
- ☞ Verificar switch supervisor de trinquete.
- ☞ Verificar circuitos y protección del motor de carga de resortes.
- ☞ Verificar circuitos de calefacción, alumbrado, toma de fuerza y sus componentes del gabinete de control.
- ☞ Verificar apriete y limpieza de terminales en tablillas de conexiones.
- ☞ Verificar apriete y limpieza de contactos auxiliares.

d) A alta presión (mayor a 10Kg/cm² o 140 PSI), con estación compresora individual.

- ☞ Revisión y ajustes de presóstatos para arranque y paro del motor.
- ☞ Revisión y ajuste de presóstatos, válvulas y/o electroválvulas de control de condensados.
- ☞ Revisión, detección y eliminación de fugas en los circuitos y elementos neumáticos de monitoreo y control.
- ☞ Revisar y normalizar nivel de aceite del compresor.
- ☞ Revisión de tanques de almacenamiento.
- ☞ Revisión y ajuste de válvulas de sobrepresión.
- ☞ Revisión, ajuste y lubricación del grupo motor-compresor .
- ☞ Revisión y ajuste de relevadores de control.
- ☞ Verificar circuitos y protección eléctricos del motor.
- ☞ Verificar circuitos y protección de alimentaciones de corriente alterna y corriente directa.

Cuando el interruptor se encuentra conectado a una red neumática general.

- ☞ Verificar consumos de presión de aire en cada operación normal de cierre y disparo.
- ☞ Revisión, ajuste y lubricación de la válvula de realimentación.
- ☞ Limpieza, ajuste y lubricación de las válvulas, electroválvulas, manómetros, relevadores principales y/o auxiliares, así como presostatos de los controles de cierre y disparo con sus respectivos bloqueos.
- ☞ Revisión de tanques de almacenamiento.
- ☞ Revisión y ajuste de las válvulas de sobrepresión.
- ☞ Verificar operación de antibombeo.
- ☞ Verificar operación de la marcha asíncrona de fases.
- ☞ Verificar circuitos y protecciones de alimentaciones de corriente alterna y corriente directa.
- ☞ Verificar circuitos de calefacción, alumbrado y toma de fuerza de los gabinetes de control.
- ☞ Verificar apriete y limpieza de terminales en tablillas de conexiones.
- ☞ Verificar apriete y limpieza de contactos auxiliares.
- ☞ Verificar circuitos de control, señalización y alarma hasta el tablero del operador.

e) Si es oleoneumático (con mando hidráulico)

- ☞ Verificar consumos de presión en cada operación normal de cierre y disparo.
- ☞ Verificar presión de precarga de los acumuladores.
- ☞ Verificar tiempos utilizados para normalizar presión después de cada operación de cierre y apertura, así como, el utilizado a partir de cero.
- ☞ Normalizar niveles, de preferencia cambie la totalidad de aceite, evite el relleno.
- ☞ Revisar y ajustar los manómetros, las válvulas, electroválvulas, relevadores principales y/o auxiliares, así como, presóstatos de los controles de cierre, disparo y elevación de presión, así como sus respectivos bloqueos.
- ☞ Detectar y eliminar fugas externas y/o internas.
- ☞ Revisión y ajuste de las válvulas de sobrepresión.
- ☞ Verificar operación de antibombeo.
- ☞ Verificar operación de la marcha asíncrona de fases.
- ☞ Verificar circuitos y protecciones de alimentaciones de corriente alterna y corriente directa.
- ☞ Verificar apriete y limpieza de terminales en tablillas de conexiones.
- ☞ Verificar circuitos de calefacción, alumbrado, toma de fuerza y sus respectivos componentes en los gabinetes de control.
- ☞ Verificar apriete y limpieza de contactos auxiliares.
- ☞ Verificar circuitos de control, señalización y alarma hasta el tablero del operador.

f) Con mando neumático (conectado a una red general de aire).

- ☞ Verificar consumos de presión en cada operación de cierre.
- ☞ Revisión, ajuste y lubricación de la válvula de realimentación.
- ☞ Limpieza, ajuste y lubricación de las válvulas, electroválvulas, manómetros, relevadores principales y/o auxiliares, así como, presóstatos de los controles de cierre y disparo con sus respectivos bloqueos.
- ☞ Detectar y eliminar fugas de aire y aceite.
- ☞ Normalizar niveles de aceite, de preferencia cambiarlo en su totalidad, evite el relleno.
- ☞ Revisión de tanques de almacenamiento.
- ☞ Revisión y ajuste de las válvulas de sobrepresión.
- ☞ Verificar operación de la marcha asíncrona de fases.
- ☞ Verificar circuitos y protecciones de alimentaciones de corriente alterna y corriente directa.
- ☞ Verificar circuitos de calefacción, alumbrado y toma de fuerza de los gabinetes de control.
- ☞ Verificar apriete y limpieza de terminales en tablillas de conexiones.
- ☞ Verificar apriete y limpieza de contactos auxiliares.
- ☞ Verificar circuitos de control y señalización y alarma hasta el tablero del operador.

Ejemplo de una orden de trabajo de M.P

Observar la licencia del cuadro 3 elaborada conforme al diagrama unifilar de la S.E Jamaica

Luz y Fuerza del Centro

LICENCIA AUT. A: ING. DE TURNO		DEPTO. MANTO. ELECTRICO		FECHA. 16/02/98	No. 519
EQUIPO EN LICENCIA: 56 AMARRE AB LIBRE					
HORARIO: 12:00/15:00 DEL 20-02-98				AUT. POR: OPERACION SISTEMA	
HORAS MANIOBRAS		CLAVE	S.E	TRABAJO AUTORIZADO:	
			JAMAICA	REVISION POR MANTENIMIENTO	
				PREVENTIVO	
LICENCIAS RELACIONADAS			NOTAS:		
ORO'S	CENACE	REDES	LIC. PROGRAMADA POR:		
			ING. DE AREA DE MANTENIMIENTO		
			TEL: 523-23-26		

CUADRO 3

Observar la orden de trabajo realizada por el personal de mantenimiento hacia el equipo en licencia.

ORDEN DE TRABAJO DEL DEPARTAMENTO
DE MANTENIMIENTO ELECTRICO

I.- DATOS INICIALES

S.E: JAMAICA EQUIPO: 56 AMARRE AB

No. O.T.M: 010/JAM/162 FECHA DE REPORTE: 16-02-98

TRABAJO A REALIZAR: REVISION POR MANTENIMIENTO

PREVENTIVO

II.- PLANEACION

1.- DATOS EQUIPO

MARCA: GENERAL ELECTRIC TIPO: F100

KV: 6 KV No. SERIE: FSK 59801-1

2.- ACTIVIDADES

HOJA DE PROCEDIMIENTOS No. 795

HOJA DE RECURSOS No. 667

3.- PROGRAMA

RESPONSABLE: SOBRESTANTE DE LA CUADRILLA

INICIAR: 16-02-98 TERMINAR: 20-02-98

T/C: 5

III.- ORGANIZACION

	OBSERVACIONES	FECHA
1.- HOJA DE NECESIDADES	<u>ENTREGADA</u>	<u>16/02/98</u>
2.- SOLICITUD DE LICENCIA	<u>CONFIRMADA</u>	<u>16/02/98</u>
3.- VALES F = 152	<u>ENTREGADA</u>	<u>16/02/98</u>
4.- TRASLADO DE RECURSO	<u>REALIZADO</u>	<u>16/02/98</u>

IV EJECUCION

RESP.	FECHA	RESÚMEN DE ACTIVIDADES	AVAN. %	ANEXOS
M.V.C	16/02/98	SE TOMO LICENCIA 519, SE COMPROBO QUE EL EQUIPO ESTUVIERA DESENERGIZADO, SE DIERON PLATICAS DE SEGURIDAD SOBRE EL TRABAJO A REALIZAR, SE COLOCARON TIERRAS DE PROTECCION Y SE DELIMITO EL AREA DE TRABAJO, SE REALIZO UNA REVISION OCULAR AL INTERRUPTOR, ENCONTRANDOSE VARIAS FUGAS EN CAMARAS INTERRUPTIVAS, SE PROCEDIO A DESARMAR CAMARA 1 Y 4 EN FASE "A", SE OBSERVO QUE LOS EMPAQUES ESTABAN DESGASTADOS, SIN EMBARGO LOS CONTACTOS SE ENCONTRARON EN BUENAS CONDICIONES	20%	3.1 3.2 3.3
M.V.C	17/02/98	SE DESARMARON LOS POLOS DE LAS FASES B Y C, SE TOMARON MEDIDAS DE LOS CONTACTOS FIJOS Y MOVILES, SE PROCEDIO A AJUSTARLOS Y DARLES LIMPIEZA Y LUBRICACIÓN, SE CAMBIARON EMPAQUES DE LAS SEIS CAMARAS.	40%	3.4
M.V.C	18/02/98	SE CHECO PENETRACIÓN DE CONTACTOS GUIAS AL CONTACTO MOVIL, SE CHECO MECANISMO DE CIERRE Y APERTURA DEL CIRCUITO, SE CHECO CONTACTOS FIJOS, SE ARMARON LAS CAMARAS INTERRUPTIVAS.	70%	3.5 3.6 3.7 3.8
M.V.C	19/02/98	SE PROCEDIO A COLOCAR LAS CAMARAS INTERRUPTIVAS EN CADA FASE, SE AJUSTARON A SU MECANISMO Y SE HICIERON PRUEBAS DE APERTURA Y CIERRE SALIENDO CORRECTAS.	90%	

RESP.	FECHA	RESUMEN DE ACTIVIDADES	AVAN %	ANEXOS
M.V.C	20/02/98	SE RECOGIERON TODAS LAS HERRAMIENTAS, SE LAVO EL AREA DE TRABAJO, Y SE DEVOLVIO LA LICENCIA, ESTANDO DE ACUERDO OPERACIÓN SISTEMA.	100%	

V. CONTROL

1.- LICENCIA No. 519 DEL 16-02-98 A 20-02-98

O.S(C) ING. DE SISTEMA HORA 9:00 A.MPRORROGAS ALDEVUELTA O.S (C): ING. DE SISTEMA FECHA: 20-02-98

2.- FORMA DE REVISION

ELABORO: SOBRESTANTE DE INTERRUPTORESANALIZO: ING. DE TURNOOBSERVACIONES PARA PROXIMA REVISION: ENERO 1999

3.- AVISO ESTADISTICA

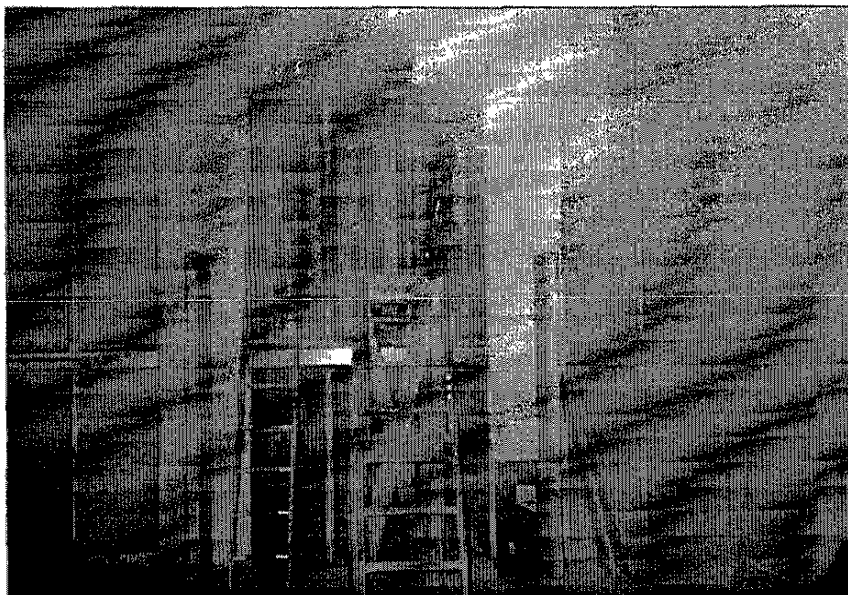
ELABORO: AUXILIAR ADMINISTRATIVOANALIZO: SUPERINTENDIENTE DE MANTO, ELECTRICO

4.- DESVIACIONES

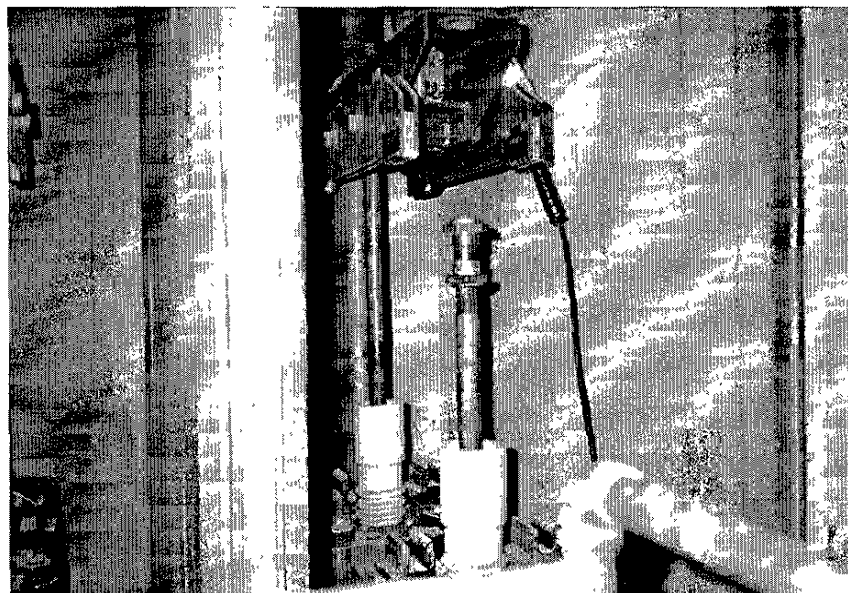
	PROGRAMADO	REAL	MOTIVO DESVIACION
INICIO	16/02/98		
TERMINO	20/02/98		
T/C	5		

5.- COSTOS APROXIMADOS

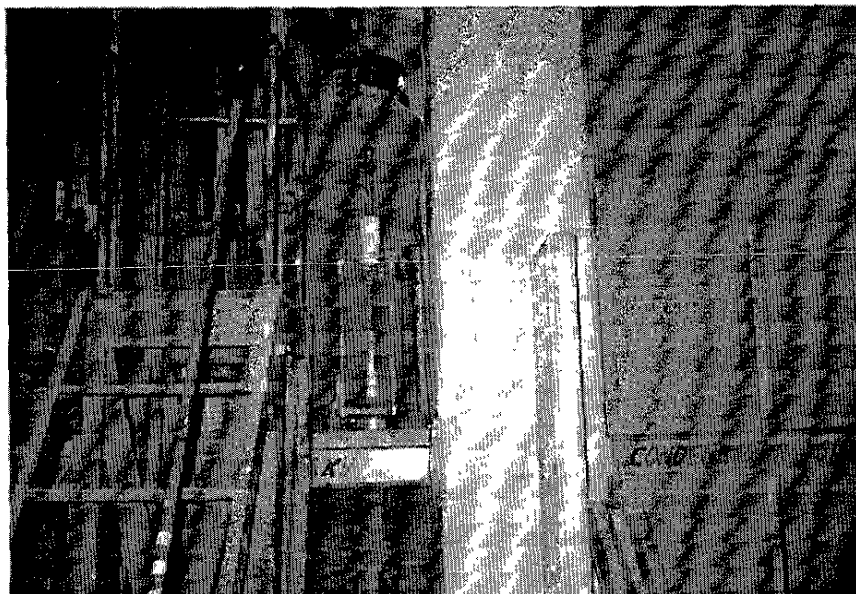
LABOR T/C	5	\$462.95	\$2,314.75
MATERIAL		\$3,245.00	\$3,245.00
TOTAL			\$5,559.75



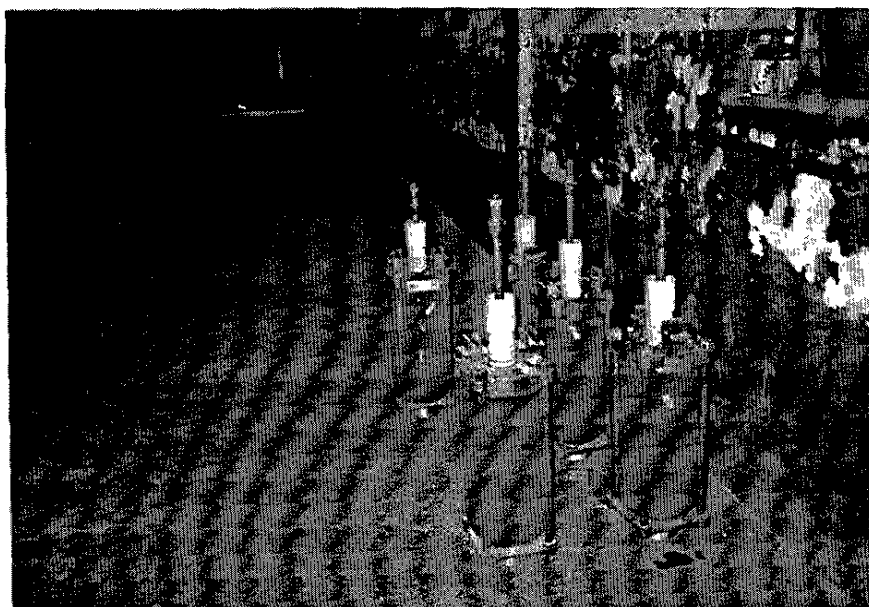
3.1 SE OBSERVAN LAS CAMARAS INTERRUPTIVAS DEL INTERRUPTOR 56 AMARRE AB



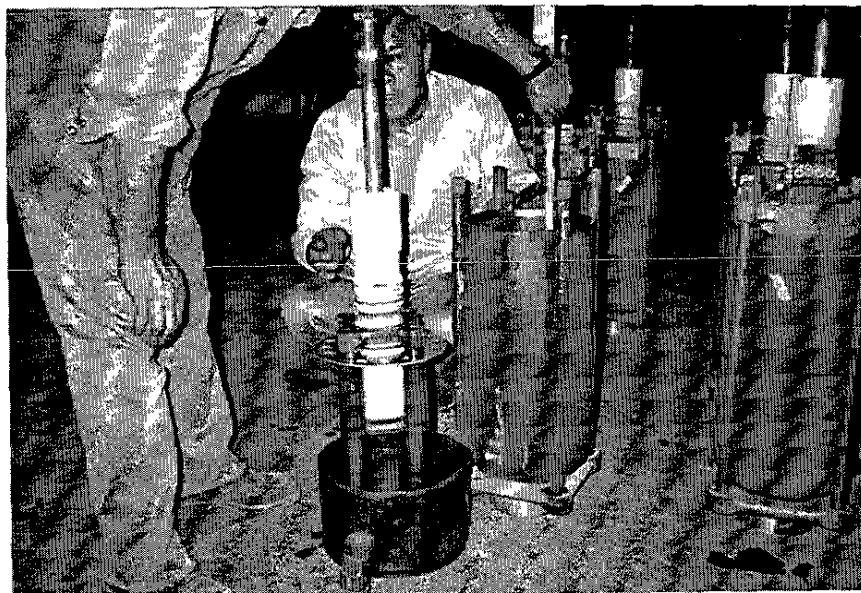
3.2 SE DESACOPLA LA CAMARA INTERRUPTIVA DE SU MECANISMO DE OPERACIÓN



3.3 SE MANIOBRA PARA BAJAR LAS CAMARAS INTERRUPTIVAS (PESO 16,5 KG)



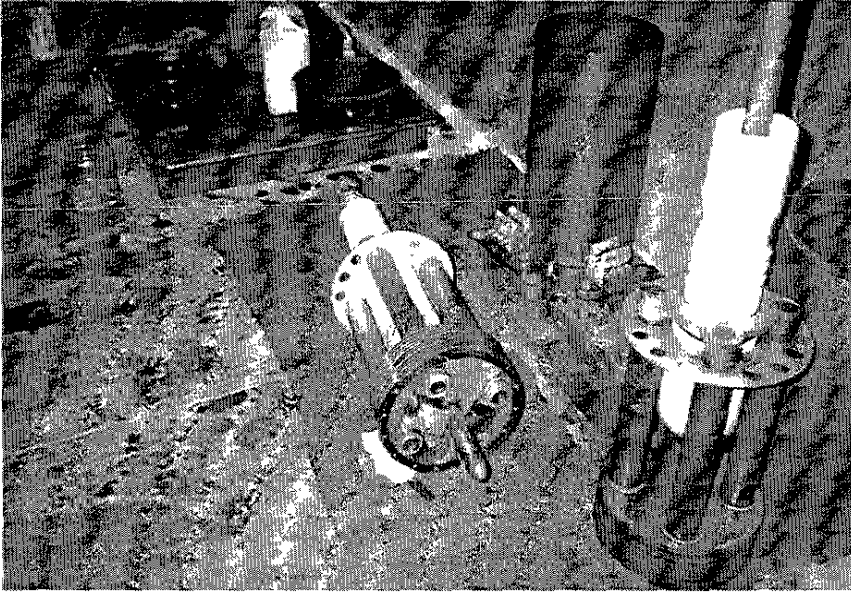
3.4 SE IDENTIFICAN CADA UNA DE LAS CÁMARAS INTERRUPTIVAS



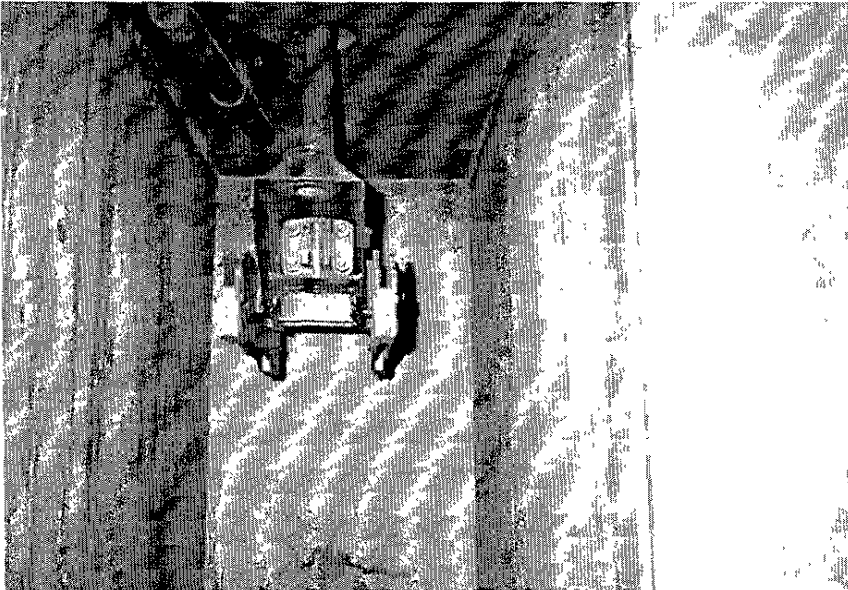
35 SE TOMAN AJUSTES, PRESIONES Y PENETRACION DE CONTACTOS



36 SE LUBRICAN TODAS LAS PIEZAS INTERIORES DE LAS CAMARAS



3.6 SE COMPRUEBA QUE EL CONTACTO MOVIL PENETRE AL CONTACTO FIJO



3.7 SE CHECAN LOS CONTACTORES DEL MECANISMO DE OPERACION

3.6 Pruebas de campo a Interruptores de Potencia

Antes de realizar cualquier prueba se deben de tener las precauciones siguientes:

- a) Asegurarse que no se pueda energizar el equipo bajo prueba, es decir, que las cuchillas se encuentran abiertas y desconectadas de las terminales de las boquillas.
- b) Asegurarse que el tanque del interruptor está sólidamente aterrizado.

♦ Prueba de aislamientos

El objetivo de estas mediciones es el proporcionar los elementos necesarios para unificar criterios, en la determinación de las condiciones que guardan los materiales que integran los aislamientos, de los equipos eléctricos.

La resistencia de aislamiento se define como la resistencia (en megohms) que ofrece un aislamiento al aplicarle un voltaje de corriente directa durante un tiempo dado, medido a partir de la aplicación del mismo; como referencia se utilizan los valores de 1 a 10 minutos.

Para hacer la medición de la resistencia ohmica de aislamiento se utiliza un ohmetro (Megger) de indicación directa.

El método para la medición de la resistencia ohmica de aislamiento consiste en conectar el aparato al aislamiento a probar, operarlo durante un tiempo corto y leer la lectura final.

Este método se aplica en pruebas de rutina rápida, para fines de normalización, se recomienda aplicar voltaje de prueba durante un minuto, con el objeto de poder efectuar comparaciones bajo la misma base, con los datos de prueba existentes y futuros.

En los interruptores de gran volumen de aceite se tienen elementos aislantes de materiales higroscópicos, como son el aceite, la barra de operación y algunos otros que intervienen en el

soporte de las cámaras de 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.

En algunos interruptores que normalmente se usa porcelana como aislamiento a tierra como en los interruptores de pequeño volumen de aceite y de sople de aire, la humedad no les afecta a menos que se tenga una fuerte contaminación exterior del aislamiento.

En interruptores de gran volumen de aceite en que se registran valores menores de 10,000 megohms se debe efectuar una prueba de resistividad al aceite aislante para verificar si estos valores bajos no son ocasionados por estar húmedo o contaminado el aceite, en cuyo caso se deberá tratar el aceite aislante. Si después de corregir las condiciones aislantes del aceite sigue habiendo valores bajos se deberá retirar el aceite aislante y efectuar una inspección interna del interruptor para descubrir y corregir las causas que originan las altas pérdidas en el aislamiento.

En interruptores de sople magnético en que se registran también valores inferiores a 10,000 megohms se deberá proceder a efectuar una limpieza del aislamiento y secado del mismo, como también revisar las cámaras de arqueo.

En los interruptores de pequeño volumen de aceite y en las de gas SF₆ las mediciones son bastante altas y una medición baja, indica una falla en la porcelana.

♦ Pruebas de factor de potencia

El objetivo de esta prueba es detectar fallas peligrosas en aislamientos, antes de que la falla ocurra.

La prueba de factor de potencia es actualmente la principal herramienta para juzgar con mayor criterio las condiciones de los aislamientos, siendo particularmente recomendada para la detección de degradación, envejecimiento y contaminación de los mismos

RESISTENCIA DE AISLAMIENTOS A INTERRUPTORES EN ACEITE

NOMENCLATURA

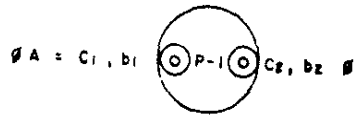
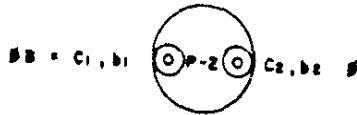
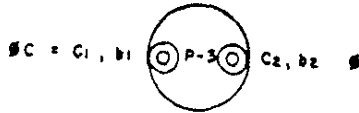
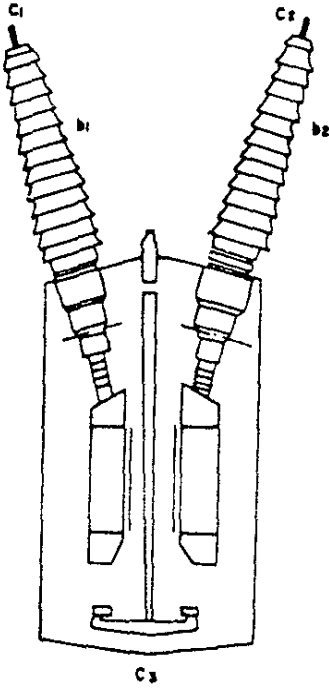
C1 ENSAMBLAMIENTO DEL CONTACTO FIJO 1
 C2 ENSAMBLAMIENTO DEL CONTACTO FIJO 2

$$C = C1 + C2 + C3$$

B1 PORCELANA DE LA BOQUILLA 1

B2 PORCELANA DE LA BOQUILLA 2

VISTO EL INTERRUPTOR DESDE SU
 MECANISMO SE TENDRAN LOS POLOS
 1, 2, Y 3



C-3 MECANISMO

PRUEBA CON MEGGER						
POSICION INTERRUPTO	PARA MEDIR	CONECTAR			KV DE PRUEBA	DURACION
		LINEA	TIERRA	GUARDA		
ABIERTO	C1	C1	TANQUE	b1, b2 Y C2	2.5	1 MINUTO
ABIERTO	b1	b1	TANQUE	b2, c1 y C2	2.5	1 MINUTO
ABIERTO	C2	C2	TANQUE	b1, b2 y C1	2.5	1 MINUTO
ABIERTO	b2	b2	TANQUE	b1, C1 y C2	2.5	1 MINUTO
CERRADO	CADA FASE	C1 o C2,	TANQUE	b1 y b2	2.5	1 MINUTO

PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

pudiéndose afirmar que por estas características, es más relevadora que la prueba de resistencia de aislamiento.

El método a seguir es aplicar el potencial de prueba a cada uno de los bushings del interruptor, incluyendo no solamente el elemento de éste, sino también el aceite y los elementos auxiliares dentro del tanque, que también son incluidos al crearse un campo eléctrico, al aplicar el potencial de prueba.

Para realizar la medición del factor de potencia de los aislamientos se utiliza el equipo M4000 de la marca Doble Engineering.

El principio básico de funcionamiento es la detección de algunos cambios medibles en las características de un aislamiento, que pueden asociarse con los efectos de agentes destructivos como el agua, el calor y el efecto corona.

El factor de potencia siempre será la relación de los watts de pérdidas entre la carga en volts-amperes del dieléctrico bajo prueba.

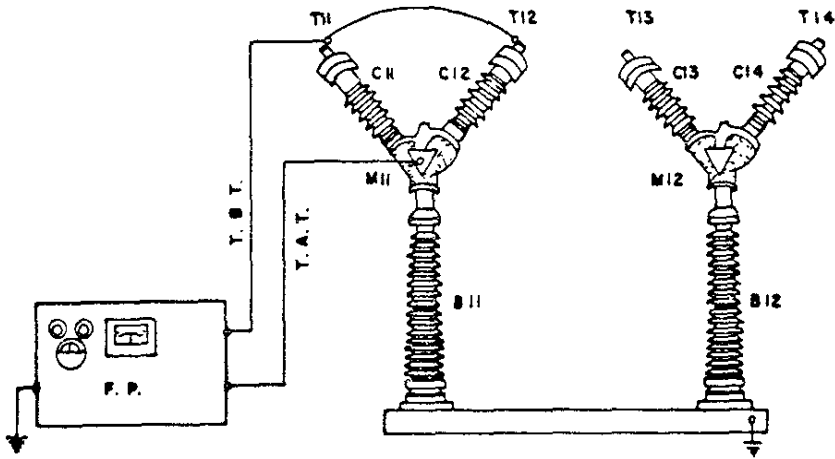
Las pérdidas en los aislamientos del interruptor, no son las mismas con el interruptor abierto que cerrado, porque el efecto del campo eléctrico en el aislamiento auxiliar, no es el mismo para ambas condiciones de prueba.

Con el interruptor *abierto*, si el factor de potencia es mayor que el 2%, en cualquier boquilla, se debe retirar para una investigación minuciosa.

Con el interruptor *cerrado*, se realiza la comparación de las pérdidas y la diferencia debe reportar el estado de los aislamientos internos. Concluyendo lo siguiente para poder clasificarlos:

- ♦ Diferencias de 0 a +9 mW y de 0 a -9 mW se considera normales
- ♦ Diferencias de +9 a +15 mW, se debe checar las barras elevadoras, el aceite del tanque, el aislamiento del tanque y el aislamiento de los contactos auxiliares, generalmente estos valores indican altas pérdidas y se debe reparar antes de poner en servicio.

INTERRUPTORES DE BAJO VOLUMEN DE ACEITE



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	POLO	T.A.T.	T.B.T.	SELECTOR	
1	1	M11	T11 - T12	GROUND	C11,C12,B11
2	1	M11	T11 - T12	GUARDA	B11
3	1	M11	T11 - T12	UST	C11,C12
4	1	M12	T13 - T14	GROUND	C13,C14,B12
5	1	M12	T13 - T14	GUARDA	B12
6	1	M12	T13 - T14	UST	C13,C14
7	2	M21	T21 - T22	GROUND	C21,C22,B21
8	2	M21	T21 - T22	GUARDA	B21
9	2	M21	T21 - T22	UST	C21,C22
10	2	M22	T23 - T24	GROUND	C23,C24,B22
11	2	M22	T23 - T24	GUARDA	B22
12	2	M22	T23 - T24	UST	C23,C24
13	3	M31	T31 - T32	GROUND	C31,C32,B31
14	3	M31	T31 - T32	GUARDA	B31
15	3	M31	T31 - T32	UST	C31,C32
16	3	M32	T33 - T34	GROUND	C33,C34,B32
17	3	M32	T33 - T34	GUARDA	B32
18	3	M32	T33 - T34	UST	C33,C34

PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA

- ♦ Para diferencias mayores de +15mW se debe investigar lo antes posible, ya que es señal de daños en los aislamientos y se debe reacondicionar cada una de las partes antes mencionadas.
- ♦ Para diferencias de -9 a -15 mW se debe investigar los ensambles, la guía y el contacto de ensamble del aislamiento, antes de la puesta en servicio.
- ♦ Para diferencias mayores de -15 mW debe investigarse el ensamble guía y los contactos de ensamble del aislamiento, reacondicionando las partes dañadas.

♦ Prueba de resistencia ohmica de contactos

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

Esta prueba se utiliza en todo circuito eléctrico en el que existen puntos de contacto a presión o deslizables, pero básicamente es aplicable a interruptores de potencia.

Las pruebas de resistencia de contactos, se realiza con la finalidad de comprobar que no existen falsos contactos en uniones fijas o deslizables a presión, buses en contactos de interruptores, cuchillas, juntas soldadas, etc., evitando puntos calientes o puntos de falla en equipos trabajando en condiciones normales.

El aparato utilizado para medir la resistencia de contacto en el campo es el probador de baja resistencia ohmica marca (Ducter) es electrónico y portátil.

Para decidir si los valores de prueba son aceptables o no, es necesario tener un criterio de aceptabilidad dependiendo del equipo que se trate, de la marca, de la tensión de operación, etc.

Uno de los criterios adoptados en la práctica, para decidir si es aceptable un valor obtenido de prueba cuando no se conocen los valores obtenidos en fábrica es el de asignar un valor por punto de contacto.

La regla general adoptada es de 30 microohms por punto de contacto, pero basados en las estadísticas obtenidas, se ha realizado una escala de valores de resistencias de contactos dependiendo de la tensión nominal del equipo, que a continuación se da.

TENSION NOMINAL	RESISTENCIA POR PUNTO DE CONTACTO
23 KV	De 30 a 40 microohms
85 KV	De 25 a 35 microohms
230 KV	De 20 a 30 microohms
400 KV	De 20 a 25 microohms

En caso de que las mediciones obtenidas en la prueba no estén dentro de los valores preestablecidos, se deberá de tomar de manera eficiente los ajustes, presiones y penetración de contactos. Así como alinear debidamente las cámaras.

♦ Prueba de sincronismo y tiempo de operación de interruptores

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

Lo anterior permite comprobar si estas características se mantienen durante su operación, dentro de los límites permitidos o garantizados por las normas correspondientes, de no ser así será posible entonces programar trabajos correctivos y efectuar ajustes al interruptor para recuperar sus valores o límites originales.

El tiempo de operación de cierre comprende desde que la bobina de cierre del interruptor es energizada hasta el momento que se tiene el primer punto de contacto, y el tiempo de apertura desde que se energiza la bobina correspondiente hasta el momento en que los contactos se separan.

El aparato utilizado para medir el sincronismo y tiempos de operación de cierre y apertura es el TR-3100 de la marca Doble Engineering es portátil y de fácil manejo.

Esta prueba es aplicable exclusivamente a interruptores de potencia y en particular a interruptores de alta tensión en todos sus tipos y diseños.

La prueba adquiere mayor importancia en el caso de equipo sofisticado, como es el de interruptores modulares con cámaras múltiples, con mecanismo de operación independiente por polo, dotados o no de resistencias de inserción, debido a que estos es más problema la pérdida de sincronismo entre polos o contactos de un polo, así como la verificación en servicio de los tiempos de cierre o apertura de todas o cada una de las fases.

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

- a) Determinación del tiempo de apertura
- b) Determinación del tiempo de cierre
- c) Determinación del tiempo de cierre-apertura en condición de disparo libre o sea el mando de una operación de cierre y una de apertura en forma simultánea, se verifica además el dispositivo de antibombeo
- d) Determinación del sincronismo entre contactos de la misma fase, tanto en cierre como apertura
- e) Determinación de la diferencia en tiempo entre los contactos principales y contactos auxiliares de resistencia de inserción, ya sean estos para apertura y cierre
- f) Determinación de los tiempos de retraso en operación de recierre si el interruptor está provisto para este tipo de aplicación

◄ Pruebas para el control del gas hexafluoruro de azufre (SF₆)

Las partes que determinan la vida útil del equipo eléctrico son sus aislamientos, por lo tanto juegan un papel importantísimo para poder evaluar el deterioro del gas SF₆ con el tiempo y determinar el momento en que es necesario regenerarlo o cambiarlo antes de que se dañe el equipo eléctrico.

Las pruebas para el control del SF₆ en servicio se realizan con la finalidad de detectar principalmente la presencia de humedad, y productos de arqueo, los cuales dañan el equipo eléctrico.

Es necesario tomar en cuenta que algunas impurezas se encuentran presentes, en el gas nuevo, como resultado del proceso de manufactura. Otras se generan por las descargas eléctricas durante la operación del equipo eléctrico. Su importancia varía considerablemente dependiendo de la naturaleza del equipo y de las medidas tomadas por el fabricante en el diseño del mismo.

Con respecto a la frecuencia de realización de las pruebas para el control del gas SF₆ en servicio, se recomienda utilizar el criterio siguiente:

- a) Cada tres meses durante el primer año de servicio
- b) Cada seis meses durante el segundo año de servicio
- c) Posteriormente deben realizarse anualmente.

Las pruebas en campo que se consideran adecuadas para evaluar las características del gas SF₆ en servicio son:

1. Contenido de humedad (punto de rocío)
2. Productos de descomposición del gas SF₆.

♦ Contenido de humedad

El objetivo es determinar el contenido de humedad ya que, excesivas cantidades de humedad pueden provocar una reducción sustancial del voltaje de disrupción de un sistema aislado con gas SF₆. El 100% de humedad relativa del gas a cualquier temperatura dada produce condensación en las superficies internas y esta humedad condensada puede provocar chisporroteo a través de la superficie de un aislamiento sólido.

El aparato utilizado para esta prueba es un higrómetro de la marca Panometrics modelo 3A, ya que resulta ser práctico para su uso en el campo y de fácil manejo.

En base en las recomendaciones de los fabricantes de interruptores en hexafluoruro de azufre se han considerado los siguientes valores para determinar si es necesario realizar un tratamiento al gas SF₆ o inclusive reemplazarlo.

PRIORIDAD	RECOMENDACIONES	CONTENIDO DE HUMEDAD
0	Reemplazo urgente	(-10°C y mayor)
1	Tratamiento inmediato	(-11°C a -25°C)
2	Tratamiento	(-26°C a -30°C)
3	Tratamiento	(-31°C a -35°C)
4	No requiere tratamiento	(menor de -35°C)

♦ Prueba de campo de la concentración de productos de descomposición del gas SF₆

El objetivo es determinar la concentración de productos de descomposición del gas SF₆, ya que algunos de estos residuos típicos de ruptura dieléctrica son indeseables debido a que afectan las características dieléctricas del gas SF₆ e inclusive dañan los materiales aislantes sólidos del interruptor.

Precaución no abra deliberadamente una unidad llenada con SF₆ que ha experimentado arqueado. Tomar las mediciones de seguridad adecuadas antes de intentar inspeccionar o reparar un equipo.

El aparato utilizado para esta prueba es el equipo 3-032-R-002 de la marca Dilo. Este equipo solamente estima la concentración global de los productos de descomposición, no así la concentración de cada producto, sin embargo esta prueba es un indicativo para ayudar a determinar si el gas debe ser tratado o reemplazado.

♦ Pruebas al aceite dieléctrico de interruptores

Los aceites aislantes que se utilizan en interruptores de gran volumen de aceite o pequeño volumen de aceite cumplen varias funciones importantes. Además de ser parte del sistema de aislamiento, su principal funcionamiento es la de extinguir el arco durante la apertura de sus contactos.

Esta prueba es la misma para los transformadores descritas anteriormente en ese capítulo respectivamente.

3.7 Mantenimiento Correctivo a interruptores de potencia

Antes de proceder, la cuadrilla a interruptores deberá asegurarse de que el interruptor se encuentre totalmente libre y desenergizado, con las tierras de protección correspondientes colocadas. Señalizando claramente el área de trabajo y partes vivas adyacentes.

Cuando se efectúa el mantenimiento de interruptores de potencia, se deben de tomar de manera eficiente los ajustes, presiones y penetración de contactos. Así como alinear debidamente las cámaras de arqueo

a) Si es de gran volumen de aceite

- ☞ Retire el aceite de los tanques o remueva los tanques, en su caso.
- ☞ Verificar ajustes de transmisión, bastones, carreras de crucetas, topes y amortiguadores.
- ☞ Revisar cámaras de extinción de arco y estado de los contactos fijos, intermedios y móviles.
- ☞ Verificar plomeo de cámaras y en caso de ser necesario, cabeceo de aisladores.
- ☞ Verificar centrado y sobrecarrera de contactos móviles, efectuar prueba de lámpareo, revise la presión y/o área de contacto.
- ☞ Revise y mida resistencias equipotenciales en caso de existir.
- ☞ Reponga tanques o aceite previamente filtrado y probado o de ser necesario, cambiarlo.

b) Si es de reducido volumen de aceite.

Si el interruptor cuenta con capacitores equipotenciales, mantenga las tres fases aterrizadas durante toda la revisión, sino son desmontadas.

- ☞ Retire el aceite dieléctrico.
- ☞ Revise el dispositivo de alivio de gases en la tapa superior.
- ☞ Revise contactos fijos.
- ☞ Revise cámara interruptiva.
- ☞ Revise contacto móvil, y en caso de existir contactos guía.
- ☞ Revise ducto y válvulas de circulación de aceite y limpie la unidad.
- ☞ Llene la cámara con aceite nuevo.
- ☞ Cheque presión y sección de contacto.

c) Con aire como medio de extinción.

Recuerde que trabajar con aire comprimido, cualquiera que sea el valor de la presión, representa un riesgo.

d) Si es de sople a baja presión.

- ☞ Checar ajustes de la transmisión.
- ☞ Revisar cámaras de extinción de arco y bobinas magnéticas.
- ☞ Revisar contactos móviles y fijos.
- ☞ Revisar fuelle de sople neumático.
- ☞ Verificar penetración, sección y/o presión de contacto.

e) Si es de alta presión.

El desalajo de presión debe ser lento para prevenir daños al equipo, por lo menos durante los primeros dos tercios de la presión de operación.

Antes de proceder a desarmar, cerciorarse de contar con los empaques necesarios de repuesto, ya que en casos de desarme deberán ser cambiados principalmente los de tipo dinámico.

El desarmado deberá hacerse en un lugar libre de polvo y con material de limpieza que no desprenda pelusas, utilizando los lubricantes adecuados, según las recomendaciones propias de cada fabricante, es recomendable aplicar películas de grasa mollicote en las zonas de empaque.

En caso de contar con capacitores equipotenciales mantenga las tres fases aterrizadas durante toda la revisión, sino son desmontados.

☞ Revisar las válvulas principales, auxiliares y de retardo (recuerde que algunas de ellas utilizan diafragmas que pueden dañarse por manejo inadecuado).

☞ Revisar cámaras interruptivas.

☞ Revisar contactos fijos, semifijos y móviles.

☞ Limpiar ductos de soplo y alivio de aire.

☞ Revise el estado de los amortiguadores en caso de existir.

☞ Después de efectuar la revisión y armado, presurice el equipo (recuerde que la elevación de presión debe ser lenta por lo menos durante los primeros dos tercios de la presión nominal) y obsérvelo en ambas posiciones (cerrado y abierto), para detectar y eliminar fugas en su caso, durante 30 minutos en cada posición, la presión de operación una vez recuperada debe mantenerse sin abatimiento.

f) Con hexafluoruro de azufre (SF₆) como medio de extinción.

Utilice su ropa y equipo de seguridad, recuerde que el SF₆ sometido a altas temperaturas de arqueo se descompone formando gases tóxicos y polvos dañinos para la piel.

Mantenga las tres fases del interruptor aterrizadas durante toda la revisión, en caso de no desmontar los capacitores equipotenciales (si existen en el equipo).

Utilice el equipo recomendado por el fabricante, para la descarga y carga del gas, evitando al máximo el desperdicio.

g) Si es de presión sencilla (autosoplante).

- ☞ Revisar el sistema de alivio de sobrepresiones.
- ☞ Revisar cámaras interruptivas.
- ☞ Revisar y limpiar ductos y boquillas de soplado.
- ☞ Revisar contactos móviles y fijos.
- ☞ Revise estado de los amortiguadores en caso de existir.
- ☞ Revise el estado y reponga en su caso la alumina activada.
- ☞ Después de efectuar la revisión y el armado, llene y presurise con SF₆, para detectar y eliminar fugas en su caso.

h) Si es de doble presión.

- ☞ Revisar el sistema de compresión a cámaras interruptivas (alta presión).
- ☞ Revisar los dispositivos de alivio de sobrepresión de las cámaras de alta presión a las de aislamiento.

- ☞ Revisar cámaras interruptivas.
- ☞ Revisar contactos móviles y fijos.
- ☞ Revisar el estado de los amortiguadores en caso de existir.
- ☞ Probar capacitores y/o resistencias equipotenciales en caso de existir.
- ☞ Revisar y probar los sistemas de soplado.
- ☞ Revisar estado y reponer, en caso de ser necesario, la alumina activada.
- ☞ Después de efectuar la revisión y el armado, efectúe vacío, llene y presurice con SF₆ y observe el interruptor en ambas posiciones cerrado y abierto, para detectar y eliminar fugas, en caso de existir entre las cámaras de extinción de arco y la de aislamiento, o de esta al exterior.

Ejemplo de una orden de trabajo de mantenimiento correctivo

- Observar la licencia del siguiente cuadro 4 elaborada conforme al diagrama unifilar de la Subestación Kilometro Cero.
- Observar la orden de trabajo elaborada por la cuadrilla de mantenimiento.
- Observar las fotografías de los puntos mas importantes de esta orden de trabajo.

Ejemplo de una orden de trabajo de M.P

Observar la licencia del cuadro 4 elaborada conforme al diagrama unifilar de la S.E KM Cero

Luz y Fuerza del Centro

LICENCIA AUT. A: ING. DE TURNO		DEPTO. MANTO. ELECTRICO	FECHA. 16/03/98	No. 562
EQUIPO EN LICENCIA: 58 T81A LIBRE				
HORARIO: 09:00/15:00 DEL 20-03-98			AUT. POR: OPERACION SISTEMA	
HORAS MANIOBRAS	CLAVE	S.E	TRABAJO AUTORIZADO:	
		KM Cero	REVISION POR PENDIENTE 562,	
			FASE A NO CIERRA CORRECTAMEN-	
			TE.	
LICENCIAS RELACIONADAS		NOTAS:		
OROS	CENACE	REDES	LIC. PROGRAMADA POR:	
			ING. DE AREA DE MANTENIMIENTO	
			TEL: 523-23-26	

CUADRO 4

Observar la orden de trabajo realizada por el personal de mantenimiento hacia el equipo en licencia.

ORDEN DE TRABAJO DEL DEPARTAMENTO
DE MANTENIMIENTO ELECTRICO

I.- DATOS INICIALES

S.E: KILOMETRO CERO EQUIPO: 58 T81A

No. O.T.M: 321/KCR/163 FECHA DE REPORTE: 16-03-98

TRABAJO A REALIZAR: REVISION NO CIERRA CORRECTAMENTE EN ATENCION AL PENDIENTE 562

II.- PLANEACION

1.- DATOS EQUIPO

MARCA: GENERAL ELECTRIC TIPO: F4100

KV: 85KV No. SERIE: BHD-894545

2.- ACTIVIDADES

HOJA DE PROCEDIMIENTOS No. 9876

HOJA DE RECURSOS No. 9465

3.- PROGRAMA

RESPONSABLE: SOBRESTANTE DE LA CUADRILLA

INICIAR: 16/03/98 TERMINAR: 20/03/98

T/C: 5

III.- ORGANIZACION

	OBSERVACIONES	FECHA
1.- HOJA DE NECESIDADES	<u>ENTREGADA</u>	<u>16/03/98</u>
2.- SOLICITUD DE LICENCIA	<u>CONFIRMADA</u>	<u>16/03/98</u>
3.- VALES F = 152	<u>ENTREGADA</u>	<u>16/03/98</u>
4 - TRASLADO DE RECURSO	<u>REALIZADO</u>	<u>16/03/98</u>

RESP.	FECHA	RESUMEN DE ACTIVIDADES	AVAN %	ANEXOS

V. CONTROL

1.- LICENCIA No. 562 DEL 16-03-98 20/03/98

O.S(C) ING. DE SISTEMA HORA 9:00 A.M

PRORROGAS 20-03-98 AL 27-03-98

DEVUELTA O.S (C): ING. DE SISTEMA FECHA: 27/03/98

2.- FORMA DE REVISION

ELABORO: SOBRESTANTE DE INTERRUPTORES

ANALIZO: ING. DE TURNO

OBSERVACIONES PARA PROXIMA REVISION: ENERO 1999

3.- AVISO ESTADISTICA

ELABORO: AUXILIAR ADMINISTRATIVO

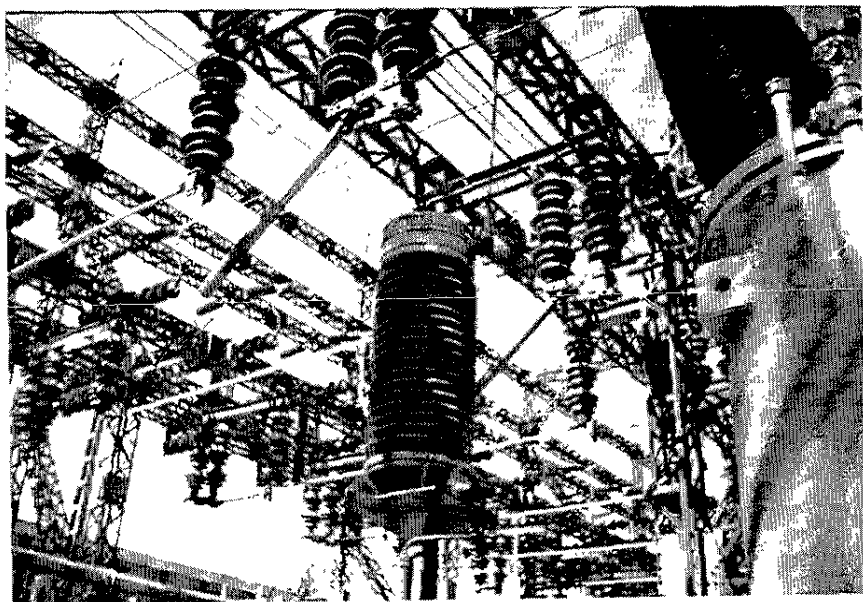
ANALIZO: SUPERINTENDIENTE DE MANTO. ELECTRICO

4.- DESVIACIONES

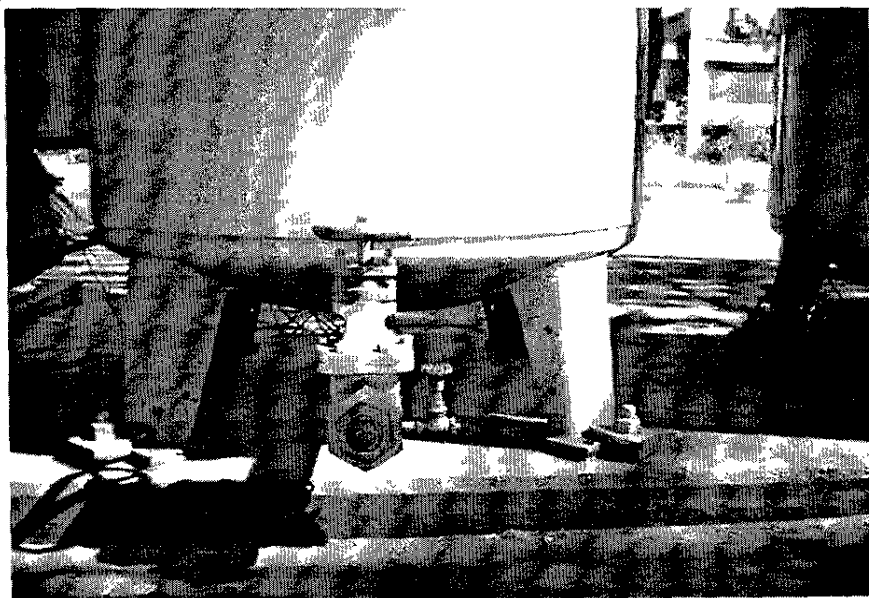
	PROGRAMADO	REAL	MOTIVO DESVIACION
INICIO	16/03/98	16/03/98	FALTA DE RECURSOS
TERMINO	20/03/98	27/03/98	
T/C	5	10	

5.- COSTOS APROXIMADOS

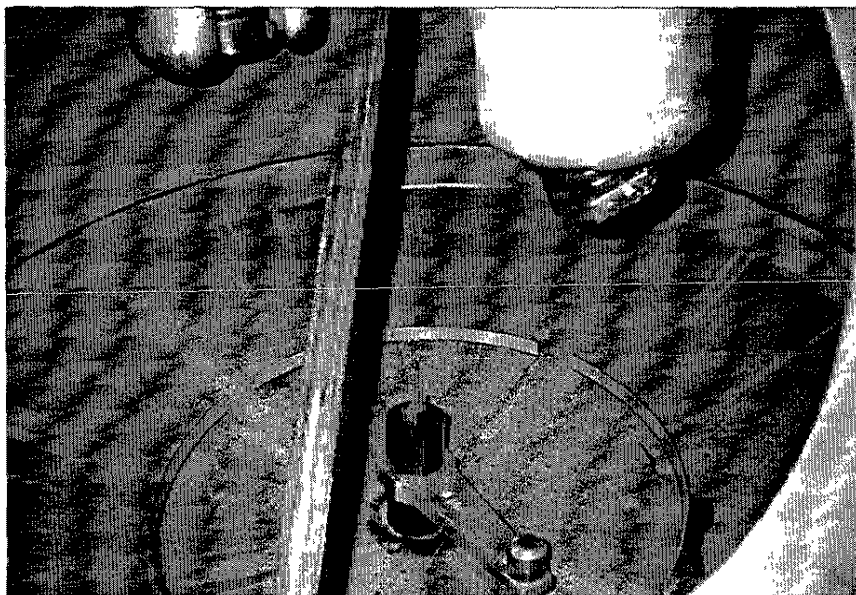
LABOR T/C	<u>10 \$462.95</u>	<u>\$ 4,629.00</u>
MATERIAL	<u>\$ 23,678.00</u>	<u>\$ 23,678.00</u>
TOTAL		<u>\$ 28,307.50</u>



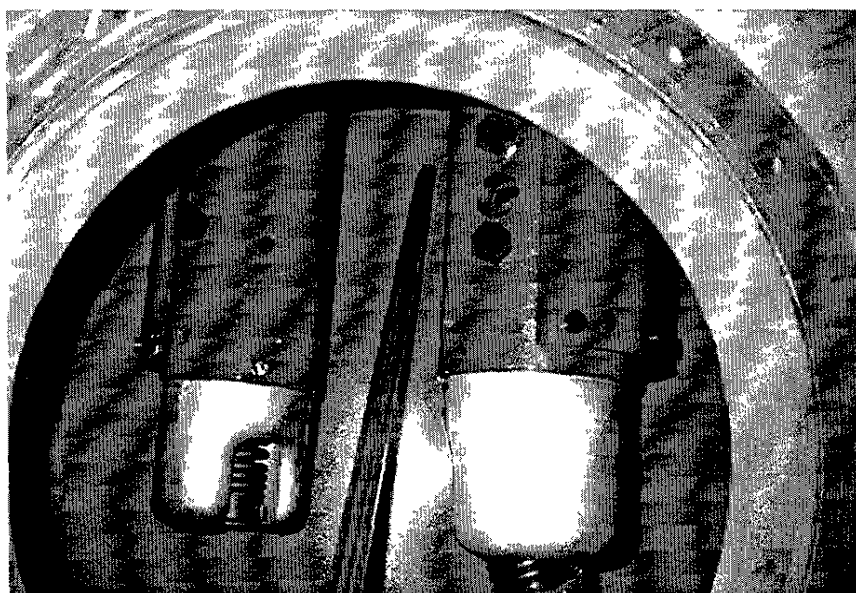
41 CUCHILLAS ABIERTAS DE BARRAS 1 Y BARRAS 2 DEL 58 T81 A



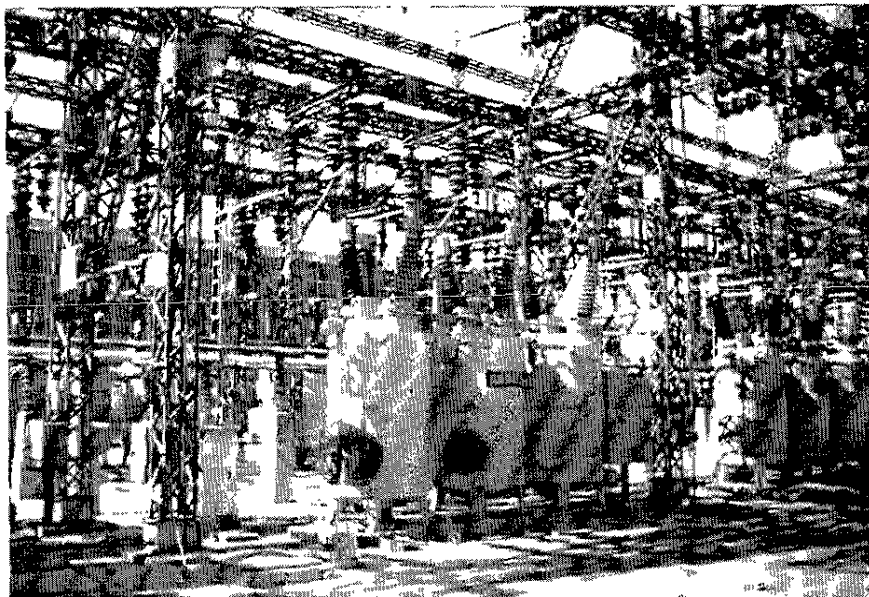
42 VALVULA DE MUESTREO POR DONDE SE VACIA EL TANQUE



4.3 FALLA: BASTON ROTO DE LA CRUCETA DE LA FASE A



4.4 REVISION DE LAS CAMARAS INTERRUPTIVAS



45 TAPAS HOMBRE ABIERTAS PARA VENTILAR LOS BOTES



46 REVISION DE LOS CONTACTOS FIJOS, INTERMEDIOS Y MOVILES DE LAS CAMARAS DE EXTINCION DEL ARCO ELECTRICO

3.8 Análisis de fallas de interruptores de potencia

Falla en las terminales.- Se considera a todas las fallas pegadas al interruptor. En este caso la oscilación de la tensión se amortigua por la resistencia propia del circuito de potencia y su frecuencia depende de los valores de la inductancia y de la capacitancia del lado de la fuente, o sea:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} * \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Falla en una línea corta.- Ese tipo de falla hace muy crítico el comportamiento de los interruptores, principalmente cuando ocurre entre los 3 y 5 Km de distancia del interruptor. De ahí que esta falla también se conozca como falla kilométrica.

En este caso, la tensión de restablecimiento está dada por la diferencia de tensión entre el lado de la fuente y el lado de la línea, con una frecuencia de oscilación del doble de la fundamental, esto ocasiona esfuerzos muy grandes en el dieléctrico del interruptor. En cambio la magnitud de la corriente durante esta falla es menor que en el caso anterior.

Apertura en oposición de fases. Se produce en el caso en que por una conexión de fase equivocada, al cerrar el interruptor, éste cierra contra un cortocircuito directo, lo que provoca una apertura violenta, llegando a producirse una sobretensión de hasta tres veces la tensión normal de fase a neutro, con una frecuencia de oscilación del doble de la fundamental.

Apertura de pequeñas corrientes inductivas.- Es el caso típico de la apertura de un transformador excitado o de un banco de reactores. La apertura de estas corrientes puede provocar la llamada "falla evolutiva" que en un interruptor puede llegar a ser bastante fuerte.

Falla evolutiva.- Esta se produce cuando al abrir un circuito inductivo aparece la sobretensión que puede provocar el arqueo de los aisladores exteriores, lo cual a su vez, pone en cortocircuito la inductancia del transformador liberándose una onda viajera entre el transformador y el interruptor que provoca el reencendido del interruptor, volviendo a reaparecer la corriente de cortocircuito. En el momento que ocurre esto, los contactos del interruptor se encuentran en proceso de apertura y separados una cierta distancia. Al reiniciarse el arco, con la corriente de cortocircuito, se eleva la presión dentro del interruptor, pudiendo ésta llegar a un valor tan grande que produzca la explosión del mismo.

Recierre automático y fallas en una red.- El recierre automático de los interruptores tiene como fin mejorar la continuidad de servicio de la instalación.

Las fallas en una red pueden ser de tres tipos:

- a) Transitorias
- b) Semipermanentes
- c) Permanentes

En los casos a y b se puede restaurar el servicio una vez que ha cesado la falla. En el caso c sólo se puede restaurar el servicio, después de una reparación de la zona dañada.

Falla transitoria.- Un ejemplo de este tipo de falla puede ser la descarga de un rayo, que contornea un aislador sin perforarlo. En esta falla se considera que el tiempo de ionización del trayecto de un arco eléctrico en el aire varía desde unas centésimas de segundo, hasta unas dos décimas. Por lo tanto, cuando hay recierre se acostumbra permitir un espacio de 0.3 segundos entre el final de la última apertura y el principio del siguiente recierre, para evitar que el relevador de recierre lo vea como una continuación del cortocircuito.

CAPITULO IV

EL CONTROL DE ALMACEN Y EL CONTROL DE CALIDAD DOS ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

4.1 Importancia del control de almacén

La continuidad en el Servicio de Energía Eléctrica en cualquier Subestación Eléctrica, radica principalmente en el eficiente funcionamiento de sus máquinas, equipos e instalaciones.

No se puede pensar que al fallar alguno de estos componentes la subestación eléctrica deba cambiarse por completo, sino que se deben utilizar técnicas de localización y aislamiento para identificar el núcleo de la falla y para poder reparar o cambiar únicamente el elemento defectuoso. De ahí que haya un taller electromecánico que se dedique exclusivamente a la fabricación de componentes de repuesto, común y equivocadamente llamadas refacciones, los cuales son enviados al almacén del área para ser utilizados en alguna falla de emergencia, también el almacén es el encargado de los materiales y herramientas, por lo que es considerado el brazo derecho del departamento de mantenimiento eléctrico.

Estos repuestos, materiales y herramientas son indispensables en cualquier departamento de mantenimiento ya que de la existencia de estos depende en gran medida la rapidez de la reparación en turno.

Dada la gran diversidad de los repuestos, materiales y herramientas utilizadas para el mantenimiento del equipo electromecánico en una subestación eléctrica, aquí sólo se anunciarán las que tienen vinculación con los equipos de potencia y aún así, no se pretenden abarcar todas ellas, sino sólo las involucradas en los equipos tratados aquí y que se consideran indispensables.

4.2 Sustitución de componentes

Muy a menudo, no se dispone de la pieza exacta de repuesto, en tales casos deberá elegirse un componente sustituto. Debe tenerse especial cuidado en elegir el componente sustituto, porque con una elección apropiada la sustitución de componentes puede ser una forma muy efectiva para reparar rápidamente un equipo.

Un sustituto satisfactorio debe ser equivalente o mejor que el original en todas las características importantes. La selección de un sustituto adecuado requiere de un buen conocimiento de las características de los componentes y de habilidad para analizar un circuito, para determinar los parámetros más importantes que debe cumplir el sustituto.

En casos de emergencia extrema, el dispositivo o el circuito puede ser modificado para permitir la sustitución por un componente disponible.

4.3 Clasificación de repuestos

No existe ninguna empresa o institución que pretenda dar un mantenimiento efectivo a sus instalaciones y maquinaria sin la existencia de los repuestos adecuados para cada una de sus áreas.

Para nuestro fin, están implicadas la electrónica, la mecánica y la electricidad principalmente. Con estas áreas de conocimiento, no se pretende dar una selección de repuestos completamente estricta, dado que algunos componentes pueden ubicarse en una u otra área, según el punto de vista personal e individual.

De esta manera se dan a continuación tres cuadros que contienen las listas de los nombres de los repuestos más comunes e indispensables de cada área.

MECANICA	ELECTRICIDAD	ELECTRONICA
<ul style="list-style-type: none"> * Placa de acero * Crucefas * Bastones * Cámaras * Válvulas * Acumuladores * Resortes * de aceleración * Contactos fijos * Contactos móviles * Angulo * Orrign's * Tuercas unión * Coples galvanizados * Reducciones bushing 	<ul style="list-style-type: none"> * Termomagnéticos * Resistencias calefactoras * Bobinas * Relevadores * Contactores * Aceite dieléctrico * Capacitores * Conductores eléctricos * Focos * Lámparas * Balastras * Tornillos * Zapatas * Apagadores 	<ul style="list-style-type: none"> * Diodos * Bobinas * Elementos bimetalicos * Togle swchit * Relevadores * Transistores * Triacs * Computas * Transformadores * Sistemas de alarma * Sistemas de señalización * Sistemas de medición * Sistemas de control * Sensores

4.4 Herramental

El presente tema tiene como objetivo principal mostrar un cuadro básico de herramientas para el mantenimiento electromecánico, y en particular las que se utilizan para revisar y reparar equipos de potencia "transformadores e interruptores".

Lo primero que debe reconocerse para establecer los talleres de mantenimiento es un lugar físico que reúna las características de suficiente espacio, limpieza adecuada, mesas de trabajo adecuadas (para trabajo mecánico deben ser amplias y resistentes, para trabajo eléctrico deben tener los contactos suficientes e instrumentos de medición, etc.).

Deben además las cuadrillas traer remolques para colocar tanto los repuestos, como piezas que se están trabajando y las herramientas básicas.

Herramienta, es todo dispositivo utilizado para efectuar trabajos manuales. Las herramientas, lógicamente pueden ser de muchos tipos y diseños generalmente se clasifican según su uso, su forma y dimensión.

Las herramientas más usadas en el mantenimiento de tipo electromecánico son los que se mencionan a continuación:

DESCRIPCION:

- 1.- Amperímetro de gancho
- 2.- Arco para segueta
- 3.- Bolsa de lona para aceite dieléctrico
20x20
- 4.- Brocas
- 5.- Buril
- 6.- Bomba de reloj
- 7.- Barreta de uña
- 8.- Cautín
- 9.- Cizallas
- 10.- Cuchillos
- 11.- Dados
- 12.- Desarmadores de cruz
- 13.- Desarmadores planos
- 14.- Desarmadores de caja
- 15.- Desarmadores zeta
- 16.- Detectores de voltaje
- 17.- Escaleras
- 18.- Escuadra Universal
- 19.- Extensión con cuadro
- 20.- Extractor de tornillos
- 21.- Extensión eléctrica
- 22.- Esmeril portátil
- 23.- Flexómetro
- 24.- Gato hidráulico
- 25.- Limatón redondo bastardo
- 26.- Limatón cuadrado mudo
- 27.- Llave mixta
- 28.- Llave allen
- 29.- Llave steelson
- 30.- Llave de astrías
- 31.- Llave española
- 32.- Machuelos
- 33.- Matraca con cuadro
- 34.- Manerales
- 35.- Martillo de boia
- 36.- Metro de madera

- 37.- Multímetro
- 38.- Nivel de aluminio
- 39.- Nudo universal con cuadro
- 40.- Perico
- 41.- Pinzas corta alambre
- 42.- Pinzas para electricista
- 43.- Pinzas de presión
- 44.- Pinzas de mecánico
- 45.- Pinzas de punta
- 46.- Pinzas de punta plana
- 47.- Pinzas de pato
- 48.- Plomada de latón
- 49.- Reducción para dados
- 50.- Sacabocados
- 51.- Sombrilla de lona impermeabilizada
- 52.- Taladro
- 53.- Vernier
- 54.- Cincel
- etc...

4.5 Requerimiento de materiales

La planeación de requerimientos de materiales, repuestos y herramientas, convierte las necesidades de mantenimiento en un alto índice de eficiencia y permite un plan de abastecimiento de estos artículos que muestra cuando y cuantos componentes se necesitan. Esta acción es fundamental para poder dar un servicio en el momento requerido.

HERRAMIENTAS

El almacén será el lugar donde se llevará una relación de entradas y salidas del mismo, para llevar el control de inventarios . Esta relación de entradas y salidas, puede ser una forma tan sencilla que sólo indique las entradas-salidas diariamente tanto al departamento de mantenimiento como a otros. Esta relación nos permite así saber su exacta ubicación.

Las herramientas son el nervio del control de almacén, y por esto de suma importancia el cuidado que se debe de tener para llevar acabo el mismo. Habrá que proceder a acomodarlo en el almacén buscando la manera de que haya facilidad y fluidez para localizarla. Tratar que la herramienta de mayor uso este cerca del lugar donde se surte, que haya letreros visibles que indiquen la herramienta que se encuentra en cada lugar. Para la salida del almacén de una herramienta se deberá llenar una forma que deberá llevar los siguientes datos:

- ♦ Clave de herramienta.
- ♦ Descripción de la herramienta.
- ♦ Nombre de la persona que lo recibe.
- ♦ Número del trabajador.
- ♦ Puesto del trabajador.
- ♦ Fecha de salida.
- ♦ La orden de trabajo del equipo.

REPUESTOS Y MATERIALES

En lo que se refiere a repuestos y materiales el control de estos se llevará por medio de un cardes o bien por computadora, y se deberá elaborar una requisición debidamente autorizada por el ingeniero de mantenimiento.

LUZ Y FUERZA DEL CENTRO

Lugar		Folio
Cargos a:		Fecha
Despachada	Descripción del material	Usada en
BODEGUERO:	ENTREGADO A:	REVISADO POR:

Dicho control deberá regirse por las políticas del departamento de almacén.

4.6 Inventarios

La función del control de inventarios esta diseñada para ayudar a mejorar los inventarios, que son una importante partida del activo de toda empresa. Los objetivos de esta función son proporcionar información actualizada que permita mejorar la toma de decisiones y reducir el inventario, así como mantener un estricto control de las operaciones en el almacén.

Existen muchas distinciones importantes que hacerse entre los diferentes tipos de inventarios, pero aquí se sugiere el sistema de revisión periódica, que se basa en la determinación de un periodo de tiempo de revisión fijo regular, que podría ser una vez por semana, otras se revisarían mensualmente, semestralmente o anualmente.

Se deben asignar costos a las diversas consideraciones del inventario para evaluar adecuadamente la conveniencia de las funciones que este implica.

No se debe pasar por alto que el excesivo almacenamiento de repuestos, genera pérdidas económicas importantes.

4.7 La importancia de la calidad en el mantenimiento

La calidad es difícil de evaluar; sin embargo la función del ingeniero de mantenimiento será precisamente de cuantificarla, medirla o controlarla, teniendo en cuenta las características técnicas que corresponden a este punto, tales como:

- **Confiabledad.** Relativa a la vida útil, que tiene que ver con la aptitud del servicio para realizar la función esperada, en las condiciones de utilización después de haber sido reparado el equipo electromecánico de potencia.
- **Seguridad.** Relacionado a ser utilizado sin riesgo de producir daños o perjuicios al personal de mantenimiento, mismo equipo e usuarios.

La calidad debe ser la principal preocupación de cualquier departamento de mantenimiento que quiera lograr una ventaja competitiva, y así mejorar los beneficios.

Calidad es el resultado total de las características de servicio de las subestaciones eléctricas que satisfagan las condiciones requeridas por los departamentos de operación ciudad y operación sistema, para satisfacer las demandas del usuario, bajo los lineamientos de confiabilidad, servicio y durabilidad.

La calidad del mantenimiento. Es la calidad de los servicios de mantenimiento a equipos de potencia, se relacionan con el grado de aprovechamiento de los recursos humanos, materiales y económicos y la optimización de estos.

4.8 Factores que afectan la calidad del mantenimiento

El mercado.- El acelerado avance tecnológico y la salida al mercado de equipos nuevos de potencia eléctrica, los cuales a veces es más factible adquirir uno nuevo que reparar el que se tenía y que muchas veces carecen de la información en el idioma requerido para la operación, ya que por lo regular son de procedencia extranjera.

La mano de obra.- Este factor surge como consecuencia del primero. Las nuevas tecnologías vuelven pronto obsoletos los procedimientos de mantenimiento. Ello hace necesario la constante capacitación.

Lo monetario.- El contar con los recursos económicos suficientes y disponibles para la planeación del mantenimiento preventivo, contando con stock de materiales y repuestos para equipo e instalaciones para su adecuado funcionamiento.

La manera de administrar.- La calidad del mantenimiento dependerá de la decisión para la atención o programación de este.

Los materiales.- Contar con los materiales y repuestos originales de los equipos con la finalidad de mantenerlos en óptimas condiciones de operación sin modificar sus sistemas originales.

Métodos.- La tecnología desencadena la utilización de métodos y procedimientos la cual tiene una finalidad de hacer más eficiente y oportuno la rehabilitación de equipos, instalaciones e inmuebles.

Medios de trabajo.- Para realizar un mantenimiento de calidad, debe la cuadrilla de mantenimiento de contar con un remolque ordenado, contar con equipo de seguridad y con los medios necesarios para realizar sus labores lo cual es una necesidad indispensable.

4.9 Principios de la calidad de mantenimiento

El departamento de mantenimiento eléctrico se manifiesta por un mantenimiento de calidad total porque esto significa confianza y seguridad.

Para empezar a cambiar por una actitud hacia la calidad, y para que esto suceda debemos seguir cuatro principios de calidad básicos para lograr el objetivo:

a) Cumplir con los requisitos del usuario.- Significa que antes de hacer cualquier trabajo, se debe estar de acuerdo con las necesidades que se van a satisfacer.

b) Administración preventiva de defectos.- Significa satisfacer los requerimientos de los solicitantes de un trabajo de rehabilitación, por el personal de mantenimiento y que sean de satisfacción del usuario la primera vez y siempre.

Lo anterior se puede lograr si suponemos los errores antes de que sucedan. Para reducir la posibilidad de errores, de entrada debemos examinar las necesidades del trabajo por realizar y analizar que podría salir mal; es decir, anticipar los problemas potenciales que podrían crear errores en los trabajos de mantenimiento y entonces usar su experiencia, imaginación y sentido común, dando pasos anticipados para prevenir dichos problemas que se nos podrían presentar.

c) Trabajar con el menor número de errores.- Debe ser el nuevo estándar de desempeño personal adoptando la filosofía de que los errores no se aceptan, en caso contrario tomar acciones correctivas permanentes para evitar que vuelvan a suceder.

d) Medir resultados a través del costo de calidad.- No hacer las cosas bien a la primera vez es costoso; el término costos se traduce a perder la confianza del jefe de mantenimiento por perder tiempo, materiales y/o repuestos y la pérdida del orgullo de la calidad.

4.10 Sistema de Calidad

Un sistema de calidad es una estructura que permite garantizar o "asegurar" que se tiene un departamento de mantenimiento capaz de proporcionar un servicio apegado a los requerimientos de los usuarios y que tienen la evidencia documentada de cada una de las etapas ejecutadas.

Las normas ISO 9000, establecen los elementos mínimos para cumplir con un sistema de calidad en las diferentes áreas industriales, comerciales y de servicios estableciendo tres categorías:

* ISO 9001

* ISO 9002

* ISO 9003

Las categorías de ISO pueden resumirse como sigue:

GUIA	ESTANDARES CONTRACTUALES DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD			GUIA
ISO 9000	ISO 9001	ISO 9002	ISO 9003	ISO 9004
Selección	Diseño Desarrollo Producción Servicio Instalación	Producción Instalación	Inspección final y pruebas	En actual desarrollo e implantación

Como puede observarse en la tabla anterior, la serie ISO 9001 es la más completa ya que contempla la 9002 y 9003. Los puntos que deben ser cubiertos (mantenidos y documentados) son los siguientes:

- ♦ Responsabilidad de la administración para la calidad.
- ♦ Sistema de calidad.
- ♦ Revisión de contratos.
- ♦ Control de diseño.
- ♦ Control de documentos.
- ♦ Compras.
- ♦ Control de procesos.
- ♦ Inspección y pruebas.
- ♦ Acciones correctivas.
- ♦ Registro de calidad.
- ♦ Auditorías internas de calidad.
- ♦ Capacitación.
- ♦ Servicio.
- ♦ Técnicas estadísticas.

Estos puntos fueron diseñados para modelos de aseguramiento de calidad en diseño, desarrollo, producción, instalación y servicio.

Todos estos elementos de la norma ISO 9001 deben encontrarse debidamente documentados y soportados por un "Manual de Calidad", en el que cada empresa establece como cubrirá cada uno de estos requerimientos.

Pudiera pensarse que el lograr tener una estructura de aseguramiento de calidad apegada a esta norma internacional es un proyecto sencillo y alcanzable a corto plazo, pero desafortunadamente no es así, la razón es básica y fundamental.

Debe existir un total compromiso de la gente involucrada con el proyecto para crear y mantener la documentación requerida bajo un control, así mismo, la infraestructura (en cuanto a calidad se refiere) en México aún no es lo suficientemente sólida para enfrentar una norma de esta naturaleza debido principalmente a:

- a) Falta de capacitación.
- b) Consultores ineficientes.
- c) Sistemas de calibración de Instrumentos y equipos poco confiables.
- d) Inadecuada difusión de los requerimientos internacionales.

Es claro apreciar que los sistemas de calidad modernos son complejos, ambiciosos e internacionales y que buscan la unificación del "Aseguramiento de Calidad".

Es claro entender que un sistema de Calidad y la búsqueda de una certificación a nivel internacional no es meramente para orgullo empresarial sino que por encima de cualquier otra cosa, se persigue proporcionar una mayor satisfacción de los clientes, es decir, que el logro de esto repercute en dar un mejor servicio.

4.11 Mantenimiento Preventivo Total

El mantenimiento preventivo total introduce procesos capaces, ayuda a mantener su capacidad e instrumenta correcciones para hacerlos más capaces.

El mantenimiento preventivo total, a diferencia de la aplicación tradicional del mantenimiento, usa un enfoque práctico para introducir cambios antes de que se presenten las perturbaciones. El mantenimiento tradicional ataca la crisis cuando ocurre, se trata de una labor de rendimiento a cualquier costo, que va en detrimento de la calidad, por el contrario el Mantenimiento Preventivo Total intenta preservar altos estándares de calidad y confiabilidad para que los servicios siempre satisfagan los requerimientos del usuario.

El mantenimiento preventivo total es una actividad de mejoras continuas. La función de cualquier programa de mantenimiento preventivo total es aspirar a implantar y preservar la estabilidad de los procesos. Además el mantenimiento preventivo total debe promover la introducción de ideas nuevas y creativas que produzcan estándares de calidad óptimos y reduzcan los desperdicios y los costos para la empresa.

El mantenimiento preventivo total puede tener una gran importancia estratégica; contribuye de manera notable a los procesos de toma de decisiones relacionadas con aspectos tácticos de infraestructura y con problemas de macroestructura.

La selección del equipo de proceso es una decisión a largo plazo y las contribuciones del personal de mantenimiento preventivo total pueden tener gran valor en los aspectos de análisis, selección y puesta en marcha del equipo. Cuando estas decisiones son correctas, la empresa puede tener flexibilidad, fortaleza y confianza en lograr los requerimientos del usuario durante un tiempo determinado.

Principales objetivos del Mantenimiento Preventivo Total

Los objetivos del Mantenimiento Preventivo Total son:

- ♦ Potencial de alargar la vida útil de los activos (edificios, equipos, instalaciones u otros).

- ♦ Garantizar la disponibilidad óptima del equipo instalado para el servicio, obteniendo el máximo retorno posible sobre la inversión.
- ♦ Seguridad operativa en todo momento para todos los equipos requeridos.
- ♦ Garantizar la seguridad del personal que usa los equipos de potencia.

Para lograr estos objetivos, una buena función de mantenimiento debe incluir actividades planeadas y no planeadas y decisiones de prevención rutinarias a largo plazo.

- ♦ El mantenimiento no planeado, llamado Mantenimiento Correctivo (MC), ataca las crisis que se presentan resolviendo los paros y perturbaciones.
- ♦ El mantenimiento planeado, es la actividad que intenta eliminar los paros y perturbaciones, promueve la estabilidad y capacidad óptima de los servicios para cumplir con los requerimientos del usuario en forma continua. Interactúa con todas las actividades por medio de funciones de rutina, tales como lubricación, cambios de aceite, sustitución de partes y las actividades a largo plazo que dependen de la recolección de datos y análisis estadísticos, para predecir el desempeño futuro del equipo de potencia y tomar las decisiones adecuadas para la estabilidad y capacidad del servicio.

Por consiguiente el mantenimiento preventivo total es la actividad que abarca las diferentes tareas planeadas y no planeadas, las decisiones de rutina y a largo plazo para aplicar el enfoque de mejoras continuas y satisfacción de los requerimientos del usuario, objetivo primario.

El mantenimiento preventivo total sugiere que es necesario disponer de un historial de la selección, implantación y control del desempeño de los equipos.

Puesto que las estrategias de mantenimiento preventivo total están dirigidas a la eliminación de las fallas en los equipos electromecánicos de potencia, es importante analizar las diversas fallas que pueden requerir diferentes formas de restauración.

Descripción de componentes del Mantenimiento Preventivo Total

TIPO DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	DESCRIPCION
Mantenimiento de Mejoras (MM)	Esfuerzos para reducir la necesidad del mantenimiento. Las actividades de la ingeniería de confiabilidad deben enfatizar la necesidad de eliminar errores en vez de corregirlos. Oportunidades para preactuar en vez de reaccionar
Mantenimiento Correctivo (MC)	Acciones correctivas (emergencias, reparaciones y ajustes no programados). Corrección de fallas, detección y aislamiento de las fallas.
Mantenimiento Preventivo (MP) (cuando las condiciones requieren)	El mantenimiento se lleva a cabo cuando el equipo lo necesita. Se basa en procesos de criterios personales y tecnología electrónica y de sensores, para detectar si se han excedido los límites de operación, con objeto de tomar las medidas adecuadas.
Mantenimiento Preventivo (MP) (monitoreo de las condiciones)	Usa la teoría estadística y de probabilidades para generar y analizar los datos que señalan las tendencias de las causas de fallas y poder tomar así las medidas de prevención más adecuadas.
Mantenimiento Preventivo (MP) (programado)	Sólo debe usarse cuando se presenta la oportunidad de reducir las fallas que no pueden detectarse por adelantado.

CAPITULO V

EL ANALISIS ECONOMICO

5.1 Elementos de evaluación del mantenimiento

ESTADISTICAS

Las estadísticas de mantenimiento son de suma importancia cuando se desea efectuar un análisis racional del problema de mantenimiento.

Sin llevar estadísticas sólo se pueden hacer suposiciones o aplicar al problema las experiencias previas con otras máquinas o equipos de potencia.

Si la distribución de sus tiempos de interrupción muestran una gran variabilidad, o si las partes que fallan son extremadamente costosas, tal vez no sea conveniente el programa de mantenimiento preventivo para esa máquina.

Las estadísticas son necesarias para establecer estrategias sanas y para ajustar los procedimientos. Los registros del costo de mantenimiento también son importantes cuando se hacen estudios de reposición.

Las estadísticas de mantenimiento indican las fallas repetitivas del equipo, así como los servicios rutinarios y detalles que se hayan originado en pasadas inspecciones. Consiste en la elaboración del archivo "técnico-histórico" de los equipos. Las inspecciones deben indicarnos el comportamiento de cada uno de los equipos y deberán anotarse cronológicamente, también se anotará cualquier otra información adicional considerada importante, como los planos, diagramas, manuales, cambios o adaptaciones que serán tomadas en cuenta para facilitar una toma de decisiones cuando aparezcan situaciones de incertidumbre.

Lo anterior nos permite la obtención, organización, procesamiento y presentación de los resultados cuando se convoque a juntas de dirección.

EFICIENCIA

El mantenimiento preventivo total se justifica si sus beneficios dan como resultado una reducción en los costos de operación.

La meta es mejorar los servicios mediante una eficiente administración de mantenimiento.

La eficiencia del mantenimiento preventivo total se medirá por medio del análisis de la información detallada que se obtiene.

La integración del programa del mantenimiento preventivo, el sistema de ordenes de trabajo, el sistema de planeación y un programa de computo producen reportes que facilitan la auditoría y seguimiento de las actividades de mantenimiento. Existen en el mercado de computación paquetes de software específicos que contienen los procedimientos ordenados secuencialmente para llevar a cabo las reparaciones de las fallas que se presentan, estos paquetes se pueden adecuar a los equipos electromecánicos aquí tratados.

La medida del mantenimiento preventivo es posible por la comparación de la cantidad de pesos horas-hombre (H-H), gastados en las inspecciones del mantenimiento preventivo total.

Los datos acumulados fomentan una responsabilidad funcional y cooperación entre los demás departamentos y mantenimiento, condición indispensable para el éxito del programa de mantenimiento preventivo

Para medir los rendimientos, se pueden preparar varios índices tales como:

a) Cobertura del mantenimiento preventivo

$$\% = \frac{\text{H-H empleadas en el trabajo de mantenimiento preventivo}}{\text{Total de H-H trabajadas}} \times 100$$

b) Paros de equipos electromecánicos ocasionados por fallas, reparaciones y reemplazos

$$\% = \frac{\text{Paros ocasionados por descomposturas}}{\text{Total de tiempos de paros}} \times 100$$

c) Costos por inspecciones completas

$$\% = \frac{\text{Inspecciones completas}}{\text{Inspecciones programadas}} \times 100$$

d) Costos de mantenimiento preventivo como porcentaje de los costos totales de mantenimiento por fallas, reparaciones y reemplazos

$$\% = \frac{\text{Costo total del mantenimiento preventivo total}}{\text{Costo total del mantenimiento por descomposturas}} \times 100$$

e) Probabilidad de falla de los equipos (por equipo electromecánico)

$$\% = \frac{\text{Servicios programados por un año}}{\text{Servicios ejecutados}} \times 100$$

Se hace hincapié que para realizar un programa de mantenimiento eficiente, se requiere un nivel técnico del trabajador, adecuado a las necesidades del departamento del mantenimiento eléctrico. Es por eso que la capacitación es determinante para elevar la eficiencia en todos los aspectos. Se deberá mantener buena calidad en la ejecución de los trabajos, esto repercutirá en el alargamiento y estandarización de los ciclos de falla de los equipos electromecánicos.

La motivación del personal es de bastante importancia en la eficiencia del mantenimiento preventivo porque como en otras actividades el factor clave es, sigue siendo y será el humano.

RENDIMIENTO

El éxito o fracaso en la operación de los equipos electromecánicos de potencia eléctrica, depende de la correcta aplicación que se les dé dentro del trabajo que han de realizar, para obtener de ellas su máximo rendimiento, deben conocerse sus características así como la forma de aplicarlas, conocer sus capacidades, y de la continua selección de los factores que pueden influir en el rendimiento de una máquina - físicos, mecánicos y humanos - es aprovecharlos en su más alto rendimiento. De igual modo y para obtener un buen rendimiento, el equipo electromecánico con que se cuente debe ser adaptado a las necesidades que se requiere para su óptima operación y/o trabajo.

El cuidar que cada equipo trabaje a su justa capacidad, es una condición básica para su buena conservación, además en toda actividad deben observarse las normas y recomendaciones para su correcta operación con lo que se garantizara una buena conservación preventiva llamada Mantenimiento Preventivo.

5.2 Los costos de mantenimiento

La mayoría de los departamentos de contabilidad utilizan varias categorías principales para definir los elementos de las clasificaciones de costos, estas son: equipo, suministros, mano de obra, servicios exteriores, gastos del departamento de mantenimiento, gastos de los servicios, etc...

El análisis de los costos de mantenimiento no se limita a la evaluación de los trabajos ejecutados, sino que se extiende a los costos de reemplazo de los equipos usados u obsoletos. El mejor plan de costos es el que incluye cargos directos, indirectos y generales. Los costos del mantenimiento pueden dividirse en estas categorías:

♦ **Los costos directos.**- Son aquellos que sí incurren en el mantenimiento del equipo de operación y aditamentos auxiliares. Adicionalmente, tiene alguna relación con los programas de servicio y, hasta cierto grado, son proporcionales a los servicios.

♦ **Los costos indirectos.**- Son los costos que no incurren directamente en el mantenimiento, pero abarcan los requisitos para llevar a un buen fin las tareas de mantenimiento.

♦ **Los costos generales.**- Estos costos incluyen las instalaciones especiales requeridas para la elaboración de los servicios, elementos de seguridad, unidades de transporte, etc...

De la sana revisión entre los diferentes costos, llevarán a lograr los objetivos del análisis de costos.

5.3 Objetivos del análisis de costos

El objetivo primario del sistema de costos tiene dos aspectos:

- ♦ Distribución equitativa de los costos.
- ♦ Proporcionar un método para control y evaluación del funcionamiento del departamento de mantenimiento.

La principal actividad de este objetivo primario es desarrollar y llevar a cabo un programa simple pero efectivo de control de costos que:

- ♦ Indicará en donde se puede hacer cambios benéficos en la estructura de supervisión.
- ♦ Proporcionará la base para un sano programa de mantenimiento.
- ♦ Proporcionará los medios para planear y programar todo el trabajo de mantenimiento.

- ♦ Suministrará los datos para ayudar al mejoramiento de la eficiencia del equipo electromecánico de potencia.
- ♦ Reducirá substancialmente los costos totales de mantenimiento.

5.4 Estimación de los costos de mantenimiento

La estimación en materia de mantenimiento se define como el proceso de predecir los costos antes de que se haya realizado el trabajo. Con esta premisa la estimación es la base de la mayor parte de las herramientas administrativas, utilizadas para la dirección efectiva del trabajo de mantenimiento. La estimación de un costo de mantenimiento se basa fundamentalmente en los siguientes factores:

- ¿Qué es lo que se conoce del trabajo?; esto es, necesidades, contenido, condiciones y urgencias.
- ¿Cómo se utilizará dicha estimación?

5.5 Registro de los datos estadísticos

Como se ha mencionado, el objetivo primario del sistema de costos tiene dos aspectos: distribución equitativa de los costos y proporcionar un método para control y evaluación del funcionamiento del departamento de mantenimiento por consiguiente, el reporte de costos y la distribución de la información, debería adaptarse de mejor manera para satisfacer estos requisitos.

La información de costos para el control de ingeniería de mantenimiento se reporta de diferentes maneras. Los resúmenes por orden de trabajo y tipo de equipo son los que se utilizan en el departamento de mantenimiento eléctrico. Pero se recomienda que el reporte de los costos de mantenimiento para fines de control, se elaboren de una forma que sirva a las siguientes funciones:

- ♦ La supervisión de las técnicas necesita una medición de la efectividad de su funcionamiento con respecto al empleo de la fuerza de trabajo y de material.
- ♦ La dirección o gerencia del mantenimiento necesita alguna indicación de las tendencias generales en los costos de mantenimiento y con suficiente detalle para descubrir las áreas que requieren atención especial.
- ♦ La ingeniería de mantenimiento requiere de la información que destacará el equipo o las aplicaciones del equipo que causan costos anormales de mantenimiento y la necesidad subsecuente de la atención por parte del grupo de ingenieros de la Gerencia de Transmisión y Transformación.

Es importante que el departamento de mantenimiento registre los trabajos ejecutados por cada equipo y su costo a fin de permitir:

- ♦ La planificación de las intervenciones futuras.
- ♦ La estimación de los costos de mantenimiento.
- ♦ La evaluación de la ejecución del mantenimiento del equipo.
- ♦ La decisión de reemplazo.

La finalidad del registro de los datos de costos de mantenimiento, es llegar a un costo general del trabajo de mantenimiento en términos de alguna unidad (trabajo, departamento, tipo de servicio, etc...) en tal forma que se pueda cargar a donde pertenezca y formar una base para el reporte de funcionamiento, para el departamento de mantenimiento o la administración de la subestación. Esto requiere el empleo de alguna forma u hoja de resumen en la cual todos los diversos elementos de costos para tal unidad de trabajo se acumulen y se totalicen.

5.6 Elaboración de reportes

Puesto que los presupuestos se establecen primordialmente para ayudar a una compañía a planear el costo de sus operaciones para producir una utilidad.

Con el objeto de ayudar aún más al control de costos, el departamento de contabilidad mantiene informado al departamento de mantenimiento de los costos que su operación requiere.

Las funciones de un grupo presupuestador y de control de costos puede dividirse en tres categorías:

- ♦ **Recolección de información.**- La recolección o el registro de datos, se sugiere sea elaborada por el personal que labora en las áreas de mantenimiento, ya que son ellos los encargados de realizar los trabajos y presupuestar el mismo.
- ♦ **Procesamiento de la información.**- El procesamiento de los datos y el control de gastos para fines presupuestarios, se delega al departamento de contabilidad, ya que son ellos los encargados de administrar los recursos de la compañía.
- ♦ **Interpretación de datos.**- La efectiva interpretación de resultados permitirá proyectar futuras modificaciones en los procesos, comparación con informes posteriores y detectar variaciones considerables en los costos de mantenimiento.

Se necesita un sistema de ordenes de trabajo para establecer un registro de proceso de datos. El solicitante expone sus necesidades de mantenimiento y da el formulario lleno al encargado de mantenimiento, que planificará el trabajo y estimará los costos. Cada mes confecciona una lista de ordenes de trabajo finalizadas para cada centro. Esta lista nos proporciona la siguiente información:

- ♦ Una descripción breve de la orden de trabajo
- ♦ Costo de la mano de obra
- ♦ Costo de los materiales empleados

- ♦ Costo inicialmente estimado de la tarea
- ♦ Costo final de la tarea

ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO

Datos generales:

Lugar: _____ Siglas: _____

Identificación por operación ciudad: _____

Fecha de elaboración: _____ Fecha estimada de inicio: _____ Fecha real de inicio: _____

Datos técnicos:

Marca: _____ Tipo: _____ Tensión: _____

Potencia: _____ Capacidad: _____ Presión: _____

Modelo: _____ Diagrama: _____

Datos administrativos:

La ejecución del trabajo requiere previamente:

Solicitar transporte _____ Consultar expediente del equipo _____

Consultar información del fabricante _____ Obtener artículos del almacén _____

Solicitar Licencia _____ Solicitar permiso _____

Solicitar equipo pesado _____ Conseguir información de ingeniería _____

No de Licencia _____ de _____ a _____

Prorrogas: _____ Devolución: Fecha _____ Hora _____

Ingeniero de sistema _____

¿El trabajo se realizó? _____ ¿Se realizó con atraso? _____

¿Por que no se llevo a cabo?

Falta de personal _____ Falta de materiales _____

Falta de repuestos _____ Falta de información _____

Licencia no autorizada _____ Falta de vehículo _____

Carencia de permisos _____ S.M.E _____

Personal requerido:

Cantidad	Categoría	Nombre	Nutra	Salario (\$)
			T1	
			\$	

Personal adicional:

Cantidad	Categoría	Nombre	Nutra	Salario (\$)
			T2	
			\$	

Ejecución:

Nombre de la prueba					
Resultados (valores)	1	2	3	4	5
Esperados					
Iniciales					
Finales					

Repuestos requeridos:

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo total (\$)
			T4	
			\$	

Repuestos adicionales:

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Total
			T5	
			\$	

Duración:

Fecha de los días laborados					
Duración de la jornada					
Total de turnos					T3

Detalle de tiempos:**Tiempo ordinario (mano de obra)**

Fecha de los días trabajados					Total
Tiempo de traslado					
Tiempo productivo					
Tiempo de abastecimientos					
Duración del turno o jornada					

Tiempo extraordinario (mano de obra)

Fecha de los días trabajados					Total
Tiempo de traslado					
Tiempo productivo					
Tiempo de abastecimientos					
Cantidad de horas de tiempo extraordinario					

La compilación de los costos reales se efectúa después de la ejecución de los trabajos. De esta forma, se conoce con precisión el número de horas de trabajo y la cantidad de material utilizado. Esta evaluación es necesaria para el control presupuestal, para el cálculo del precio de costo y la medición de la eficiencia del departamento de mantenimiento.

COSTO DE MANO DE OBRA**COSTO DE MANO DE OBRA DIRECTA.**

$$C1 = T1 + T2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$C2 = C1 + T3 = \underline{\hspace{2cm}}$$

COSTO DE MANO DE OBRA INDIRECTA.

$$C3 = (\%C2) = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$C4 = (\%C2) = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$C5 = (\%C2) = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$C6 = C3 + C4 + C5 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$C7 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$C8 = C2 + C6 + C7 = \underline{\hspace{2cm}}$$

C1= Costo personal (T1+T2).

T3= Duración.

C2= Costo por mano de obra directa.

C3= Costo supervisión local.

C4= Costo supervisión técnica.

C5= Costo personal de apoyo.

C6= Costo por mano de obra indirecta.

C7= Costo tiempo extraordinario.

C8= Costo de mano de obra directa e indirecta.

COSTO DE RECURSOS MATERIALES

REPUESTOS $C9 = T4 + T5 =$ _____

MATERIALES $C10 = T6 + T7 =$ _____

$C11 = C9 + C10 =$ _____

C9= COSTO DE REPUESTOS

C10= COSTO DE MATERIALES

C11= COSTO DE RECURSOS MATERIALES

GASTOS DE TRABAJO

$C12 =$ _____

C12= TOTALIDAD DE GASTOS GENERADOS POR EL TRABAJO.

COSTOS DE LA ORDEN DE TRABAJO

$C13 = C8 + C11 + C12 =$ _____

COSTOS TOTALES

C14= MANO DE OBRA $C2 + C6$	C14= _____
C15= INDIRECTOS SUBGERENCIA ($\% (C2 + C6)$)	C15= _____
C16= MANO DE OBRA SUBGERENCIA $(C14 + C15)$	C16= _____
C17= GASTOS DE ADMINISTRACION ($\% C16$)	C17= _____
C18= BENEFICIOS SOCIALES ($\% (C16 + C17)$)	C18= _____
C19= TOTAL MANO DE OBRA $(C16 + C17 + C18)$	C19= _____
TIEMPO EXTRAORDINARIO (C7)	C7= _____
MATERIALES Y REPUESTOS (C11)	C11= _____
GASTOS DE TRABAJO (C12)	C12= _____
C20= COSTO TOTAL DE LA O T M $(C19 + C7 + C12 + C11)$	C20= _____

5.7 Evaluación de la eficiencia del programa

Es importante que cada departamento justifique sus gastos. Por tanto es necesario determinar los medios con los cuales se evaluará la eficacia del programa. Se proponen ecuaciones para verificar los resultados de las acciones que se realizan, parámetros de costos y horas de las jornadas laborales que se realizan en el departamento de mantenimiento, estas ecuaciones son:

a) Razones de costos

- Razón de costo por Hora-Hombre

$$\frac{\text{Costo total del mantenimiento}}{\text{Número de H-H pagadas}}$$

- Razón de costo total

$$\frac{\text{Costo total de mantenimiento}}{\text{Costo total del servicio}}$$

- Razón de crecimiento de los costos

$$\frac{\text{Costo total del mantenimiento del año en curso}}{\text{Costo total del mantenimiento del año anterior}}$$

♦ **Razón de costos por H-H.** Los recursos humanos necesarios para el desempeño laboral y el costo de mantenimiento conllevan una relación la cual se espera este cerca a la unidad. Para lograr un equilibrio entre estas dos actividades.

♦ **Razón de costo total.** Otro parámetro es el costo de producción se espera que este sea menor al costo de mantenimiento. Ya que al invertir en mantenimiento lograremos aumentar la producción y disminuir su costo.

♦ **Razón de crecimiento de los costos.** Es determinada por el costo de mantenimiento en curso contra la del año anterior, es preferible contar con una relación menor a la unidad.

b) Razones de nivel en el mantenimiento

- Razón de mano de obra/material

$$\frac{\text{Costo de la mano de obra}}{\text{Costo de material}}$$

- Razón de efectos de las descomposturas

$$\frac{\text{Núm. de horas de detección debido a descomposturas}}{\text{Núm. de descomposturas}}$$

♦ **Razón de mano de obra/material.** Otra relación importante es la que llevan la mano de obra necesaria y los materiales requeridos en las actividades de mantenimiento. Se recomienda obtener un equilibrio entre estos parámetros, para evitar variaciones considerables en los costos.

♦ **Razón de efecto de las descomposturas o paros imprevistos en el servicio.** Afectan al sistema de energía eléctrica. Hay que contabilizar estas y llevar un registro de causa efecto para prevenirlas.

c) Razones de funcionamiento del departamento

- Razón de productividad

$$\frac{\text{Horas estimadas de los trabajos}}{\text{Horas trabajadas}}$$

- Razón de incidencia de las descomposturas

$$\frac{\text{Horas dedicadas a los trabajos urgentes}}{\text{Horas totales trabajadas}}$$

- ♦ **Razón de productividad.** La estimación en función de la productividad, esta determinada por las horas estimadas en las labores y las trabajadas realmente. Se pretende que la estimación no se dispare mucho del valor real. Y así no alterar actividades previamente establecidas.
- ♦ **Razón de incidencia de las descomposturas.** Los trabajos urgentes resultantes de la operación de los equipos y del tiempo que estos requieran para ser restablecidos, son factores que afectan a la producción. El departamento de mantenimiento eléctrico debe estar apoyada con personal capacitado para estas tareas en el momento en que la subestación lo requiera.

5.8 Aplicación de resultados

Los resultados que arrojen estas relaciones podrán identificar variaciones considerables con registros anteriores y así tomar decisiones que aumenten la eficiencia de los equipos electromecánicos en las subestaciones eléctricas.

La eficacia del sistema puede medirse por los ahorros de costo finales resultantes. Los esfuerzos deben encaminarse para llegar a este fin con un mínimo de procedimientos y tramites. De las actividades de costos obtendremos los siguientes beneficios inmediatos y así poder aplicarlos a futuras actividades.

- ♦ Costos de cada tarea en lo referente a trabajo y material
- ♦ Costos mensuales de los trabajos de mantenimiento
- ♦ Almacenamiento de los costos de reparación de piezas específicas predeterminadas

Esta información es útil para establecer los presupuestos de trabajo y para identificar las áreas de costo elevado que causen grandes variaciones en el presupuesto. Los elementos de elevado costo de reparación o reparaciones repetitivas, pueden seleccionarse para aplicarles una mejora de costos.

5.9 Beneficios a largo plazo

La organización y operación de un programa de control de costos de acuerdo con los procedimientos dados anteriormente deberá resultar en el logro de los objetivos presentados:

- El desarrollo de una sana organización de mantenimiento, una adecuada administración de los recursos con que cuenta un departamento de mantenimiento, para solventar gastos imprevistos a futuro o posibles crisis financieras que se puedan presentar.
- Un programa planeado de mantenimiento, que establece una base firme de operación y proporciona información para el apoyo financiero del programa.
- Planeación y programación efectivas de todo el trabajo de mantenimiento. La adecuada administración de los recursos materiales y humanos, en el planeamiento y programación del trabajo de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Maximizar tiempos de trabajo. Planear futuras reparaciones, para programar paros en los sistemas productivos y como consecuencia, disminuir el tiempo ocioso en el equipo mientras se efectúan reparaciones.

ANEXO I

NOMENCLATURA

Nomenclatura

Para poder comprender mejor la operación de la subestación y los puntos de referencia en caso de mantenimiento o de operación es importante conocer la nomenclatura empleada en la subestación.

Esta nomenclatura es proporcionada por Operación Sistema y Operación Ciudad, la cual es descriptiva y es la que usa el personal operativo y en base a ella se efectúan las maniobras necesarias para librar o normalizar un equipo, por tal motivo va sobre los conmutadores de control, tableros de protección y en el exterior de los gabinetes auxiliares y de control de los equipos (cuchillas, interruptores, transformadores etc.)

Como se forma una nomenclatura

Se usa un número NOM (norma mexicana), la cual asigna un número a un equipo eléctrico de acuerdo a su función, en combinación con las normas establecidas por Ly FC es decir las siglas del nombre de la subestación, voltaje de operación de la subestación, se le asigna un número de acuerdo a los circuitos y equipos existentes o se le da un nombre especial, el cual es dado por Operación Sistema.

Como se forman las siglas para asignar a la subestación

Ejemplo:

S.E CUAHUTEMOC	CUA
S.E INDIANILLA	INN
S.E JAMAICA	JAM
S.E KILOMETRO CERO	KCR
S.E SAN LAZARO	LAZ
S.E MERCED	MER
S.E PENSADOR MEXICANO	PEN
S.E VERTIZ	VER

Como se forma la nomenclatura para la asignación de los interruptores y cuchillas.

Ejemplo:

Alimentador-Pegaso:

a) Interruptor del Alimentador-Pegaso.
Cuchilla B o S del Alimentador Pegaso.

b) Interruptor de la línea de 85KV.
Cuchilla B1, B2 o S de la línea de 85 KV Taxqueña.

En la actualidad con la entrada del proyecto SICTRE (Sistema de información y Control en Tiempo Real), se inicia una nueva era para la asignación de la nomenclatura de acuerdo a su voltaje y función:

En las subestaciones tipo convencional o telecontroladas:

VOLTAJE	INTERRUPTORES		CUCHILLAS	
	NUMERO	NORMA	NUMERO	NORMA
	NOM.	Ly F	NOM.	Ly F
23 KV	52	52	89	92
85 KV	52	58	89	98
150 KV	52	51	89	91
230 KV	52	53	89	93
400 KV	52	54	89	94

EJEMPLO:

ALIMENTADORES:

52 ANS 21

92 B ANS 21

52 INT DE 23 KV

92 CUCH DE 23 KV

ANS siglas de la S.E., a que pertenece

21 asignación por norma LyFC

LINEAS:

58 LECH 1

58 INT DE 85 KV

LECH LECHERIA

B1 a la barra que conecta.

1 Número de circuito

98 B1 LECH 1

98 CUCHILLA DE 85 KV

NOTA:

Al referirse a los nombres de las líneas hacerlo en forma completa.

EJEMPLO:

Línea de transmisión LECHERIA DE 85 KV

Línea de transmisión MEXICO 1 DE 230 KV

Como se forma la nomenclatura en S.E. telecontrolada, convencional con o sin proyecto SICTRE.

CLAVES**VOLTAJES:**

hasta	
2KV	0
3KV	3
6KV	6
13.8KV	1
23KV	2
85KV	8
150KV	1
230KV	3
400KV	4

TRANSFORMADORES, BANCOS DE TIERRA Y SERVICIO DE ESTACION

Se adopta la nomenclatura dada por Operación Sistema, de acuerdo a la siguiente tabla:

BANCO	ALTA TENSION (KV)	BAJA TENSION (KV)	TERCIARIO (KV)
T421	400	230	10.5
T411	400	150	10.5
T221	230	23	10.5
T28	230	85	
T82	85	23	
T222	230	23	23
T121	150	23	10.5
T86	85	6	
T82T	85	Banco de tierra	23
T20	23	.220	
T60	6	.220	

- ♦ El primer carácter representado por una T, significa transformador de potencia.
- ♦ El segundo carácter es un dígito que representa la tensión en alta.
- ♦ El tercer carácter es un dígito que representa la tensión en baja.
- ♦ El cuarto carácter se usa únicamente para transformadores con terciario, y representa mediante un dígito su tensión, excepto para bancos de tierra donde se usará una letra "T".

EJEMPLO:

TRANSFORMADOR DE POTENCIA	T
ALTA TENSION 400KV	4
BAJA TENSION 230KV	2
TENSION EN EL TERCIARIO 10.5KV	1
LETRA DE IDENTIFICACION	A

Para ordenar bancos de potencia de las mismas características dentro de la misma subestación, se agrega al código representativo del transformador una letra y/o un número como sigue:

Bancos trifásicos: T221A, T221B, etc.

Bancos monofásicos:

T28A-I, T28B-I
T28A-II, T28B-II, etc.
T28A-III, T28B-III

Donde I, II y III representa a los transformadores de cada fase.

DEL BANCO T28-A	T 28
TRANSFORMADOR 1, FASE A	A-I

La dirección en que se fijará el orden A, B, C, etc., de los bancos de potencia, será en el sentido del crecimiento de la subestación, como se indica en el inciso de referencias.

En bancos formados por transformadores monofásicos, la unidad disponible para sustituir físicamente al transformador monofásico fallado, se identificará con la nomenclatura establecida para bancos, agregándosele una "X".

EJEMPLO:

TRANSFORMADOR DE POTENCIA	T
CLAVE DE TENSIONES DEL	28
TRANSFORMADOR (según sea el caso)	
TRANSFORMADOR EXTRA	X

Para el caso de tener más de un transformador extra, se indicará a qué banco está asignado.

EJEMPLO:

T 28 - AX
T 28 - BX

La nomenclatura para transformadores de servicio de estación, se configura de la siguiente manera:

TRANSFORMADOR	T
23KV	2
220 VOLTS	0
TRANSFORMADOR DE POTENCIA AL QUE ESTA CONECTADA	A

Se usa la letra "R" cuando el transformador del Servicio de Estación esta conectado a una regreso de potencial de un alimentador de distribución.

EJEMPLO:

T-20-R

TRANSFORMADORES DE GENERADORES.

Se adopta la nomenclatura de Operación Sistema, de acuerdo a la siguiente tabla:

BANCO	ALTA TENSION (KV)	BAJA TENSION (KV)
T84	85	4.4
T81	85	13.8
T82	85	23
T42	400	23
T22	230	23

REACTORES

Los reactores con que cuentan las subestaciones son básicamente de dos tipos: de línea o de terciario de banco.

La nomenclatura con que se designen estos dos tipos de reactores se dará de acuerdo a lo siguiente:

a) Reactores de línea

REACTOR DE LINEA	RL
TENSION DE OPERACION	4
ASOCIADO AL INTERRUPTOR	01
01 DE 400 KV	

b) Reactores de banco

REACTOR DE	RT
TERCIARIO DE BANCO	
BANCO 421 (de acuerdo	421
a clave de tensiones)	
BANCO DE	1
TRANSFORMACION No.1	

REGULADORES DE VOLTAJE

Los reguladores de voltaje que instalamos en nuestro sistema tienen una tensión de operación de 23 KV y deben ser designados de acuerdo al siguiente ejemplo:

REGULADOR DE VOLTAJE BANCO DE	RV
TRANSFORMACION DE 85/23 KV	82
BANCO DE TRANSFORMACION No. 1	1

BANCOS DE CAPACITORES

Para identificar el banco de capacitores se usará la letra K como primer carácter, el segundo carácter nos identificará el nivel de tensión y el tercer carácter será un número para el primer banco, 2 para el segundo y así sucesivamente.

EJEMPLO:

BANCO DE CAPACITORES	K
23KV	2
BANCO No.1	1

LINEAS

Para la nomenclatura de las líneas se dispone de cuatro letras que compone el nombre de la línea R y un número de asignación al circuito.

EJEMPLO:

AURORA 2	AURO 2
TULA 1	TULA 1
SANTA CRUZ 2	CRUZ 2

BARRAS

Se usa la palabra barras seguida de un número o letra y el voltaje de servicio.

Si es posible se utiliza la letra A o el número 1 para las barras lado banco y la letra B o número 2 para las barras de lado líneas.

EJEMPLO:

BARRA A o 1 DE 400 KV
BARRA B o 2 DE 85 KV

IDENTIFICACION DE FASES EN BARRAS EN ALTA TENSION

A	B	C
R	S	T

Correspondiendo "A B C" en secuencia positiva. Los subíndices tiene por objeto evitar confusiones con posibles nomenclatura anteriores. La identificación de las fases corresponde a la actual identificación.

INTERRUPTORES

La nomenclatura de los interruptores esta formado hasta por 8 caracteres.

EJEMPLO:

INTERRUPTOR	5
VOLTAJE 230KV	3
NOMBRE DE LA LINEA	CERR
NUMERO DE CIRCUITO	1

PARA INTERRUPORES DE ENLACE

Para las L.T. Aurora 1 y Capital 2.

EJEMPLO:

INTERRUPTOR	5
VOLTAJE 230KV	3
NOMBRE DE LA 1ª LINEA	AU
NOMBRE DE LA 2ª LINEA	CA
NUMERO DE CIRCUITO 1ª LINEA	1
NUMERO DE CIRCUITO 2ª LINEA	2

PARA UNA LINEA SANTA CRUZ 1 Y UN BANCO T421A.**EJEMPLO:**

INTERRUPTOR	5
VOLTAJE 400KV	4
NOMBRE DE LA L.T.	CR
NOMBRE DEL BANCO	TA
NUMERO DEL CIRCUITO DE LA L.T.	1

PARA CUCHILLAS, LA NOMENCLATURA ES SIMILAR A LA DEL INTERRUPTOR

EJEMPLO:

CUCHILLA	9
VOLTAJE DE OPERACION	4
CUCHILLA LADO BARRAS	B
NOMBRE DEL CIRCUITO	TULA
NOMBRE DEL CIRCUITO	1

PARA EL INTERRUPTOR CON ENLACE A C.F.E.

EJEMPLO:

INTERRUPTOR	5
NIVEL DE VOLTAJE 150KV	1
NOMENCLATURA DE LA L.T.	83130 CJM-TOL

PARA INTERRUPTOR ENLACE DE LA PROPIA SUBESTACION.

EJEMPLO:

INTERRUPTOR	5
NIVEL DE VOLTAJE 150KV	1
LINEA 83130 CJM-TOL	13
BANCO T 121 B	TB

PARA ALIMENTADORES

EJEMPLO:

INTERRUPTOR	5
NIVEL DE VOLTAJE 23KV	2
S.E. CUAJIMALPA	CJM
NUMERO DE CIRCUITO CON NIVEL DE TENSION	21

PARA ALIMENTADORES CON INTERRUPTORES DE ENLACE**EJEMPLO:**

INTERRUPTOR	5
NIVEL DE VOLTAJE	2
INTERRUPTOR DE ENLACE	E
ALIMENTADOR 52 CJM 21	1
ALIMENTADOR 52 CKM 22	2

PARA CUCHILLAS DE ENLACE**EJEMPLO:**




































CUCHILLA	9
NIVEL DE VOLTAJE	2
CUCHILLA DE ENLACE	E
ALIMENTADOR 52 CJM 21	CJM 21

NORMA DE COLORES PARA REPRESENTAR LOS NIVELES DE TENSION

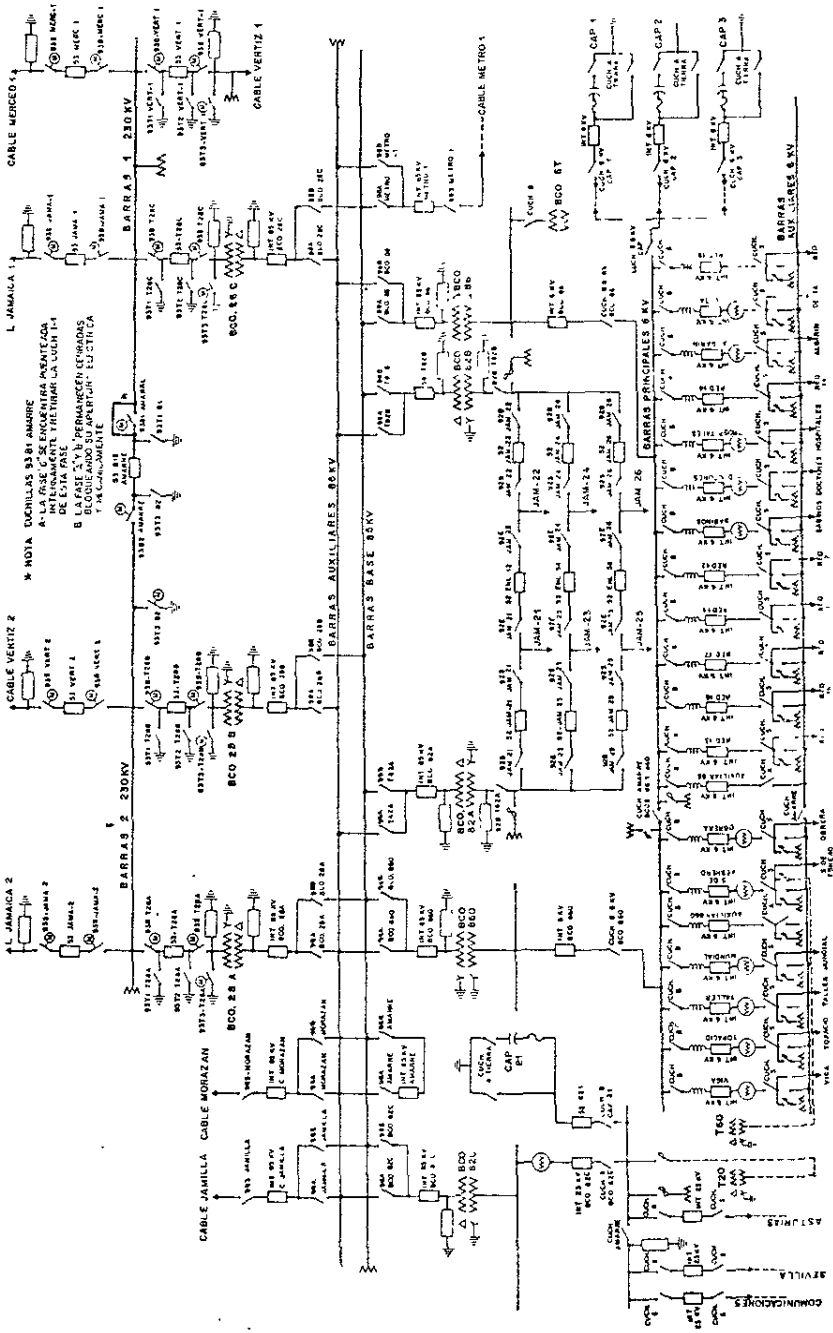
Esta norma se utilizará en diagramas unifilares, tableros mímicos, tableros de control, local y remoto de S.E.'s y en general en todas las instalaciones o señalamientos donde se requiera indicar niveles de tensión.

TENSION (KV)	COLOR
400	Azul
230	Amarillo
161 a 138	Naranja
115 a 90	Morado magenta
85	Rojo
79 a 60	Morado magenta
44 a 13.2	Blanco
13.2 a 1.0	Verde
<1.0	Negro

ANEXO 2

	INTERRUPTOR		RECTIFICADOR ESTÁTICO
	INTERRUPTOR ENCHUFABLE		BATERIA
	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO		APARTARRAYOS
	INTERRUPTOR ELECTROMAGNÉTICO REMOVIBLE		TIERRA
	CUCHILLA DE MANUAL		ALIMENTADOR O LINEA
	CUCHILLA DE ELECTRICA		SIN CONEXION
	CUCHILLA DE CON CARGA		CONEXION
	DESCONECTOR FUSIBLE		CONEXION DELTA
	TRANSF. POTENCIA		CONEXION ESTRELLA
	AUTOTRANSFORMADOR DE POTENCIA		TRAMPA DE ONDA
	TRANSF. CORRIENTE T.C.		SEÑAL DE POTENCIAL
	TRANSF. CORRIENTE TIPO DONA		SEÑAL DE CORRIENTE
	TRANSF. POTENCIAL T.P.		SEÑAL DE DISPARO
	REGULADOR VOLTAJE		TRANSDUCTOR VARMETRO
	REACTOR		TRANSDUCTOR WATTMETRO
	CONDENSADOR O CAPACITOR		TRANSDUCTOR VOLTS
	GENERADOR		TRANSDUCTOR AMPERES
	GRUPO MOTOR GENERADOR		

SIMBOLOGIA ELECTRICA Y DIAGRAMAS UNIFILARES



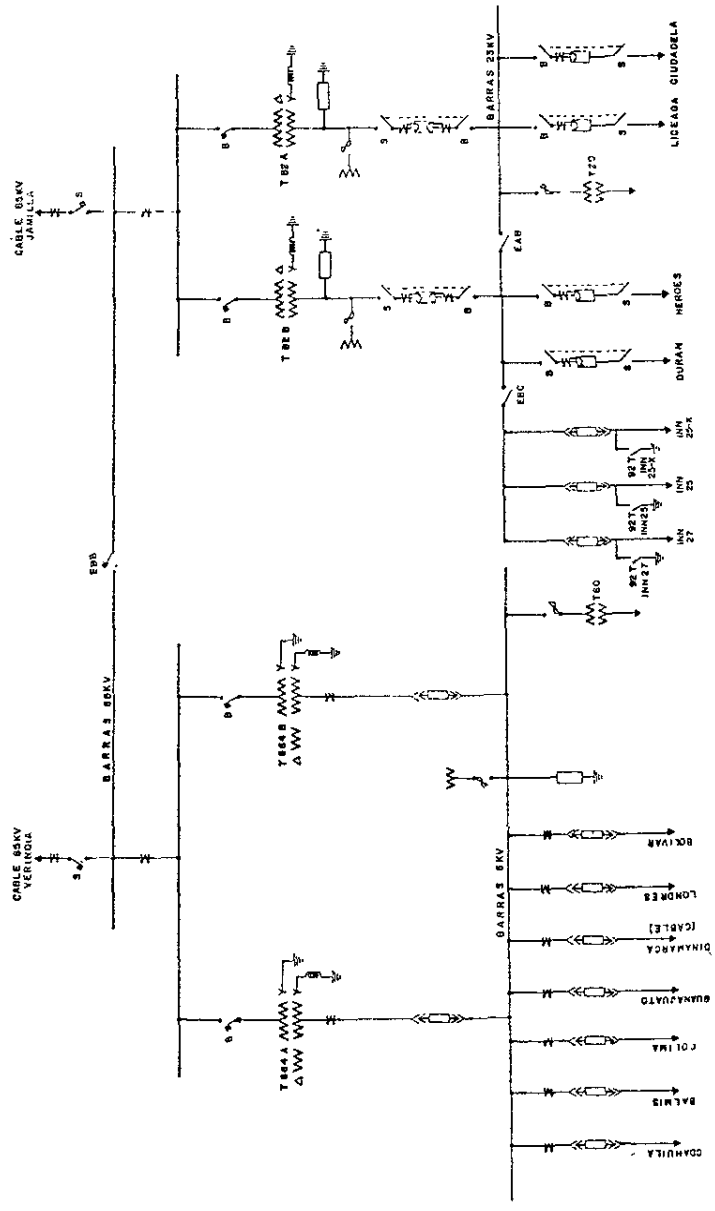
ELABORADO: MARIO YORIKO VARELA COBOS

S.E. JAMAICA

DIAGRAMA UNIFILAR

FECHA: DENERO 1998

ESCUELA: E.N.E.P. ARAGON

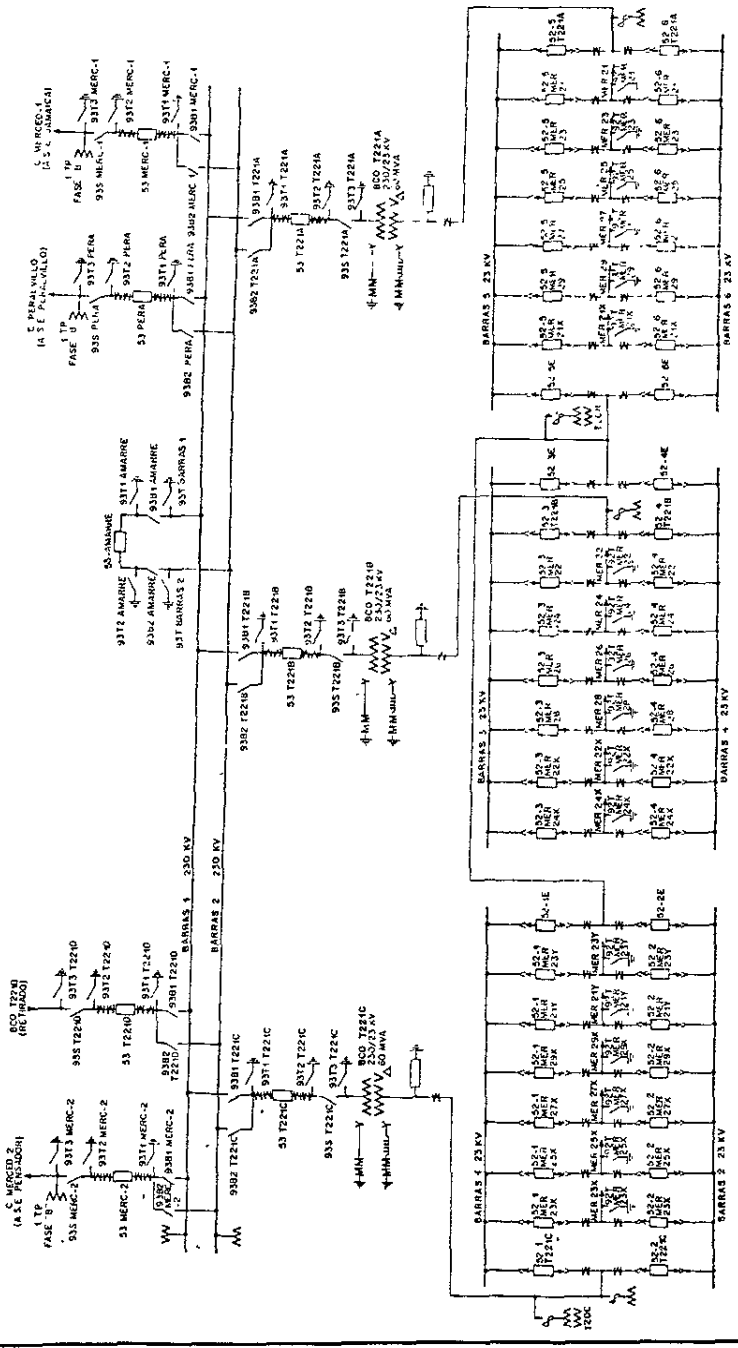


ELABORO:
MARIO YORIKO VARELA COBOS

S.E. INDIANILLA DIAGRAMA UNIFILAR

FECHA:
ENERO 1998

ESCUELA:
E.N.E.P. ARAGON

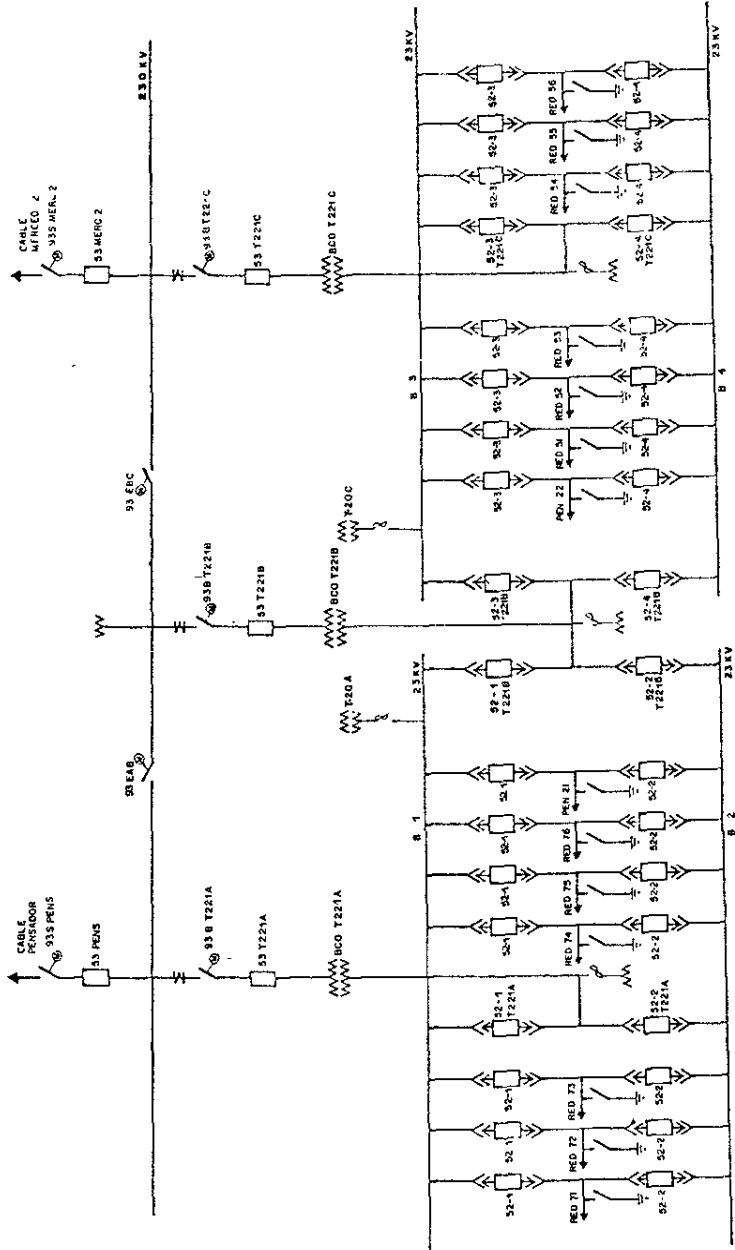


ELABORO:
MARIO YORIKO VARELA COBOS

FECHA
ENERO 1998

DIAGRAMA UNIFILAR

ESCUELA:
E.N.E.P. ARAGON



ELABORADO:
MARIO YORIKO VARELA COBOS

FECHA:
ENERO 1998

ESCUELA
E.N.E.P. ARAGON

S.E. PENSADOR DIAGRAMA UNIFILAR

DEFINICION DE OPERADORES

De acuerdo a la ubicación de la Subestación o voltaje de que se trate dentro del Sistema se tramitan con las siguientes personas:

Operador de Sistema (O.S.)

Son los directores de la operación normal y de emergencia en el sistema exceptuando el equipo a cargo de los Operadores de Ciudad, en condiciones normales.

Su zona de operación está comprendida desde las Plantas Generadoras, Líneas de Transmisión, Subestaciones elevadoras, reductoras hasta las barras de 23, 13.2 ó 6 KV y demás equipo comprendido en esta zona.

Operador de Ciudad (O.C.)

Son personas que dirigen la operación normal y de emergencia en el equipo denominado Ciudad de la zona Central. Es decir, todo aquel equipo de distribución contenido después de las barras de 23, 13.2 ó 6 KV en las Subestaciones hasta las Redes de Distribución por Baja Tensión (220/127 V.)

Operador de división (O.D.)

Son los encargados de la operación de una división.

Operador de Estación (O.E.)

Es el operador que tiene a su cargo una estación o Subestación.

ANEXO IV

FORMATO PARA SOLICITAR LICENCIAS

LICENCIAS AUT A: Lo utilizará O.S para indicar quién tomo la LICENCIA

DEPARTAMENTO: Lo utilizará el departamento solicitante, indicando en forma abreviada, en este caso ME, Mantenimiento Eléctrico.

FECHA: Este espacio lo utilizará el Departamento solicitante, indicando día (nombre y dígito), mes y año de inicio del trabajo.

No.: Este espacio lo utilizará O.S. para indicar el número de LICENCIA correspondiente; el número será progresivo y se iniciará la numeración al empezar cada año.

EQUIPO EN LICENCIA: Este espacio lo utilizará O.S indicando el equipo que se debe librar para conceder la LICENCIA al Departamento solicitante para que pueda efectuar su trabajo sin riesgo.

HORARIO: Este espacio lo utilizará el Departamento solicitante indicando:

1. Para LICENCIAS cortas, el horario
Ejemplo: 8:00/16:00 hrs.
2. Para LICENCIAS largas, el horario inicial y la fecha y horario final.
Ejemplo: 8:00 hrs./ martes 25 jun. 98, 15:00 hrs.

AUT: POR: Este espacio lo utilizará O.S., para indicar quién autorizó la LICENCIA.

HORAS MANIOBRAS: Este espacio lo utilizará O.S., para indicar los horarios de las maniobras efectuadas.

CLAVE: Este espacio lo utilizará O.S., para indicar la clave asignada, a las acciones ejecutadas.

ESTACION: Este espacio será compartido por el Departamento solicitante: para indicar en qué estación o estaciones tomará la LICENCIA; y por la O.S.: para indicar en qué estación se ejecuto alguna acción.

TRABAJO AUTORIZADO: Este espacio será compartido por:

- ♦ *El Departamento Solicitante:* en el que se anotará la identificación clara y precisa del equipo que solicita en LICENCIA (libre o en servicio), así como el trabajo que requiere se autorice (aunque el equipo libre abarque más, únicamente trabajará en el equipo solicitado).

- ♦ *El Departamento de Operación Sistema:* para anotar las acciones tomadas (maniobras ejecutadas, incluyendo las efectuadas para pruebas en el equipo).

NOTAS: Este espacio será compartido tanto por el Departamento solicitante como por O.S., para efectuar alguna aclaración de la LICENCIA en cuestión.

LIC. PROGRAMADA DEPTO. TEL: Estos datos deberán proporcionarlos los Departamentos solicitantes, los cuales servirán para efectuar alguna aclaración, cuando sea necesario.

LIC. RELACIONADA: Será compartido por O.S. y el Departamento solicitante para indicar números de LICENCIAS relacionadas con el equipo solicitado.

ORO's, CENACE, REDES: Estos espacios los utilizará el Departamento de Operación Sistema.

NOTA: LAS SOLICITUDES DE LICENCIA QUE SE RECIBAN EN FORMATO DIFERENTE NO SE AUTORIZARAN.

FORMATO PARA SOLICITUD DE UNA LICENCIA

Luz y Fuerza del Centro

LICENCIA AUT. A:		DEPTO.		FECHA.	No.
EQUIPO EN LICENCIA:					
HORARIO:				AUT. POR:	
HORAS MANIOBRAS		CLAVE	S.E	TRABAJO AUTORIZADO.	
LICENCIAS RELACIONADAS			NOTAS:		
ORO'S	CENACE	REDES	LIC. PROGRAMADA POR:		
			TEL:		

ANEXO V

RIESGO ELECTRICO

Dentro del contexto general en la realización de una obra se debe poner especialmente atención en que esta se desarrolle, evitando el 100% de actos inseguros y así llegar a la culminación de la misma en forma satisfactoria tratándose de esta empresa en donde el aspecto eléctrico es el fundamental a tratar.

FACTORES QUE PRODUCEN RIESGO ELECTRICO

Las causas principales por la que existen accidentes de riesgo eléctrico son:

- ♦ Descarga eléctrica a voltaje pleno.
- ♦ Descarga eléctrica por inducción en circuitos desenergizados (líneas y cables).
- ♦ Arco eléctrico por tensión inducida en el secundario de transformadores de corriente en circuito abierto.
- ♦ Arco eléctrico por falla a tierra.

Descarga eléctrica a voltaje pleno.

El riesgo de los aparatos es el alto voltaje que se puede producir en su aislamiento.

Este aislamiento puede ser el aire alrededor de un soporte o un aislador sobre un polo, las boquillas de un transformador o de un interruptor, los aisladores de una cuchilla, el aislamiento de un transformador o el aislamiento de un cable.

Cuando el potencial causado por una sobrecarga sobrepasa la resistencia de aislamiento se presenta una descarga o perforación, presentando así una corriente de cortocircuito, que sí es muy elevada, puede destruir el equipo.

El nivel de aislamiento al impulso, en un sentido general, es el voltaje requerido para provocar una perforación en un aislamiento dado.

En la siguiente tabla aparecen los niveles de aislamiento adoptados por la Comisión Electrotécnica Internacional. Correspondientes a los valores normales de tensión.

TABLA 1 NIVELES DE AISLAMIENTO:

TENSION MAXIMA PARA EL EQUIPO KV ef.	AL IMPULSO		A BAJA FRECUENCIA	
	AISLA- MIENTO PLENO KV cresta	AISLA- MIENTO REDUCTIV O KV cresta.	AISLA- MIENTO PLENO KV ef.	AISLA- MIENTO REDUCTIVO ef.
100	450	380	185	150
123	550	450	230	185
145	650	550	275	230
170	750	450	325	185
		650		275
245	1050	550	460	230
		900		395
		825		360
300		750		325
		1175		510
		1050		460
362		900		395
		1300		570
		1175		510
420		1050		460
		1675		740
		1550		680
525		1425		630
		1300		570
		1800		790
		1675		740
		1550		680
		1425		630

FUENTE: Publicación 71 de la CEI: "Coordinación de aislamiento", 4ª edición, 190697: Tabla III pag. 24.

La tabla No. 2 nos indica el porcentaje que reduce los niveles de aislamiento para diferentes altitudes.

TABLA 2 CORRECCION POR ALTITUD DEL NIVEL DE AISLAMIENTO EXTERNO DE LOS APARATOS.

Altitud	Factor de corrección del nivel de aislamiento
1,000	1.00
1,200	0.98
1,500	0.95
1,800	0.92
2,100	0.89
2,400	0.86
2,700	0.83
3,000	0.80
3,600	0.75
4,200	0.70
4,500	0.67

FUENTE: Norma USAS C57. 1998 Tabla 1 pag. 8

Distancia mínima entre fase y fase a tierra.

Para tener una correcta coordinación de aislamiento en una subestación, debe fijarse una distancia a través del aire entre las partes con potencial y tierra que proporciona un nivel de aislamiento al impulso.

En la tabla No. 3 se dan las distancias mínimas de no flameo correspondientes a los niveles de aislamiento recomendados por la Comisión Electrotécnica Internacional.

Los valores de la columna 3 se han determinado con electrodos placa-varilla y dan las distancias a través del aire, en centímetros, necesarias para soportar sin flamearse 5 impulsos de magnitud igual al nivel de aislamiento correspondiente, que aparece en la columna 2.

Las distancias mínimas de no flameo de la columna 3 se aplican a instalaciones realizadas a altitudes no mayores a 1,000 metros. Para instalaciones situadas a altitudes superiores a 1,000 metros y hasta 3,000 metros las distancias deben aumentar 1.25% por cada 100 metros.

En la columna 4 se indican las distancias mínimas, de no flameo para instalaciones situadas a una altitud de 2,300 metros.

De acuerdo con las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI), la distancia mínima de fase a tierra se obtiene aumentado en un 10% los valores mínimos de no flameo para tensiones entre fases de hasta 245KV y aumentando un 6% para el caso de tensiones de 380 KV y mayores.

La distancia mínima entre fases puede determinarse teniendo en cuenta que la máxima tensión que puede aparecer entre fases es igual al nivel de aislamiento al impulso más el valor de cresta de la onda de tensión a tierra de frecuencia fundamental, correspondiente a las condiciones normales de operación; está conduce a elegir una distancia mínima entre fases 15% mayor que la distancia mínima a tierra.

TABLA 3 DISTANCIAS MINIMAS DE NO FLAMEO

TENSION MINIMA ENTRE FASES DEL SISTEMA KV	NIVEL DE AISLAMIENTO AL IMPULSO KV	DISTANCIA MINIMA A TIERRA A MENOS DE 1000 METROS cm.	DISTANCIA MINIMA A TIERRA A 2300 METROS cm.
3.6	45	6	7.0
7.2	60	9	10.5
12	75	12	24.0
17.5	95	16	18.6
24	125	22	25.6
36	170	32	37.2
52	250	48	55.8
72.5	325	63	73.3
100	380	75	87.2
100-125	450	92	107.0
123-145	550	115	133.7
145-170	650	138	160.5
170	750	162	188.4
245	825	180	209.3
245	900	196	227.9
245-300	1050	230	267.4
420	1425	305	354.6

En la tabla 4 se dan las distancias mínimas de fase a tierra y entre fases y las distancias normales entre centros de barras colectoras, para instalaciones de 23 KV, 85 KV, 230 KV y 400 KV.

TABLA 4

DISTANCIAS A TIERRA Y ENTRE FASES A TRAVES DEL AIRE A 2,300 METROS DE ALTITUD.

1 Tensión nominal del sistema	23 KV	85 KV	230 KV	400 KV
2 Nivel de aislamiento al impulso 2300 metros	125 KV	450 KV	900 KV	1425 KV
3 Distancia mínima de no flameo a 2300 metros	26.6 cm	107 cm	227.9 cm	354.6 cm
4 Distancia mínima de fase a tierra a 2300 metros	28.2 cm	117.7 cm	250.7 cm	375.9 cm
5. Distancia mínima entre fases a 2300 metros	52.5 cm	135.4 cm	288.4 cm	432.3 cm
6 Distancia normal entre centros de buses rígidos	50 cm	200 cm	360 cm	650 cm
7 Distancia normal entre centros de buses no rígidos	100 cm	250 cm	450 cm	800 cm

Descarga eléctrica por inducción

Este fenómeno se produce cuando se encuentra cercanos más de un circuito normalmente trifásico y en los cuales la disposición geométrica de sus conductores, permita que exista enlaces de flujo magnéticos que induzcan voltaje.

Estos voltajes se presentan en circuitos de transmisión en barras colectoras y en el caso de Luz y Fuerza, donde generalmente se usan líneas de transmisión con circuitos trifásicos en disposición vertical, se tienen aproximadamente los siguientes valores de voltajes inducidos; en los diferentes niveles de voltaje.

85KV	0.00041	VOLTS/AMP/m DE CONDUCTOR
230KV	0.00044	VOLTS/AMP/m DE CONDUCTOR
400KV	0.00047	VOLTS/AMP/m DE CONDUCTOR

De lo anterior se deduce que para poder trabajar con seguridad en circuito libre que tenga uno o varios circuitos adyacentes, es necesario colocar los dispositivos de puesta a tierra de la sección necesaria y adecuada para eliminar este voltaje de inducción que es altamente peligroso y fuente de graves accidentes.

Arco eléctrico por tensión inducida en el secundario de transformadores de corriente en circuito abierto

La tensión inducida en este tipo de aparatos, normalmente se conoce pero no se ha cuantificado y es otra fuente de accidentes graves. Normalmente este tipo de accidentes ocurren cuando se trabaja en los circuitos de los secundarios de transformadores de corriente, de tableros de protección y medición en servicio, en los cuales al interrumpir el paso de la misma se origina arcos que causan quemaduras graves.

Arco eléctrico por fallas a tierra

Cuando durante un trabajo el equipo eléctrico desconectado y supuestamente bien conectado a tierra, por maniobras erróneas estos equipos eléctricos se energizan y si los conductores de puesta a tierra no han sido adecuadamente seleccionados estos se funden y provocan arcos eléctricos con potencias muy elevadas que producen daños considerables al personal que se encuentra laborando y al equipo afectado.

Los cables para puesta a tierra y para protección contra cortocircuito deben seleccionarse en tal forma que soporten la potencia de cortocircuito en el lugar de la instalación así como la duración del mismo antes de fundirse, por lo que deberán resistir los esfuerzos dinámicos y térmicos originados por la corriente de cortocircuito.

En Luz y Fuerza del Centro, los valores máximos de la potencia de cortocircuito para los diferentes niveles de voltaje para la próxima década son igual a:

NIVEL DE VOLTAJE KV	POTENCIA TRIFASICA SIMETRICA TRIFASICO EN MVA	CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO ASIMETRICO
400	20,000	36,126
230	15,000	47,134
85	5,000	42,517
23	500	15,711

Con estos datos y conociendo que una falla seguida de 4 a 8 ciclos dependiendo de la coordinación y ajuste de protecciones, se han determinado los siguientes calibres de cable de puesta a tierra:

400 KV	70 mm ²	2/0 AWG
230 KV	95 mm ²	4/0 AWG
85 KV	95 mm ²	4/0 AWG
23 KV	25 mm ²	4 AWG

VALORES DE CORRIENTE QUE AFECTAN EL CUERPO HUMANO

CORRIENTES DE INTENSIDADES NO PELIGROSAS:

INTENSIDAD EN MILIAMPERES	EFFECTOS:
1 MILIAMPER O MENOS	No produce ninguna sensación ni mal efecto.
1 A 8 MILIAMPERES	Produce choque indoloro y el individuo puede soltar los conductores porque no pierde el control de los músculos.
8 A 15 MILIAMPERES	Produce choque doloroso pero sin perdida del control muscular.
15 A 20 MILIAMPERES	Choque doloroso, con perdida del control de los músculos afectados. El individuo no puede soltar los conductores.

VALORES DE CORRIENTE QUE AFECTAN EL CUERPO HUMANO

CORRIENTES MUY PELIGROSAS:

INTENSIDAD MILIAMPERES	EN	EFECTOS:
20 A 50 MILIAMPERES		Choque doloroso, acompañado de fuertes contracciones musculares y dificultad para respirar.
50 A 100 MILIAMPERES		Puede causar fibrilación ventricular, o sea pérdida de coordinación de las contracciones del corazón. No tiene remedio y mata instantáneamente.
100 A 200 MILIAMPERES		Mata siempre a la víctima por fibrilación ventricular.
200 A MAS MILIAMPERES		Produce quemaduras graves y fuertes contracciones musculares que oprimen el corazón y lo paralizan durante el choque. (Esta circunstancia evita la fibrilación ventricular.

Distancias de seguridad

En el siguiente análisis de las distancias de seguridad en una subestación de alta tensión está basado en las conclusiones del Comité de Estudios No. 23 de la Comisión Electrotécnica Internacional y se referirá exclusivamente a las distancias de seguridad en instalaciones abiertas.

Las distancias de seguridad a través del aire están constituidas por suma de dos términos:

- ♦ El primer término es una distancia de base que es función del nivel de aislamiento al impulso; esta distancia debe ser suficiente para impedir todo riesgo de flameo y es igual a la distancia mínima de fase a tierra correspondiente a cada nivel de aislamiento.

♦ El segundo término, que debe sumarse a la distancia de base, depende de la talla media de los operadores y de la naturaleza y características de los trabajos que se realicen en las instalaciones, incluyendo la circulación del personal y el acceso a los lugares posibles de trabajo.

Se analizarán a continuación los siguientes casos:

- ♦ Circulación del personal por la subestación.
- ♦ Circulación de vehículos por la subestación.
- ♦ Intervención del personal en algún punto de la instalación.

♦ **Circulación del personal por la subestación**

Cuando no hay barreras o cercas de protección, la altura mínima de las partes vivas sobre el piso debe ser suficiente para permitir la circulación del personal por la superficie de la subestación. Esta altura mínima deberá ser igual a la distancia de base, que es función del nivel de aislamiento al impulso, aumentada en 2.25 metros, que es la altura que puede alcanzar un operador de talla media con un brazo extendido.

La altura mínima de las partes vivas sobre el piso, en zonas no protegidas por las barreras o cercas, no deberá ser nunca inferior a 3 metros.

La altura mínima sobre el piso de un aislador tipo columna, en zonas no protegidas por barreras o cercas, no deberá ser inferior a 2.25 metros, ya que el aislador debe considerarse como pieza bajo tensión, cuyo valor decrece a lo largo del aislador y sólo la base metálica inferior está al potencial de tierra.

En zonas de la subestación donde las partes con potencial estén a alturas inferiores de las especificadas en los párrafos anteriores, deberán instalarse barandales o cercas de las siguientes características:

Cuando se usen barandales, estos deberán ser de 1.20 metros de alto y deberán quedar a una distancia de las partes con potencial igual a la distancia base, aumentada 0.90 metros, como mínimo.

Cuando se usen cercas, éstas deberán tener, una altura de 2.25 m. deberán estar alejadas de las partes con potencial una distancia igual a la distancia base.

♦ **Circulación de vehículos por la subestación**

En las zonas de la subestación destinadas a la circulación de vehículos utilizados para labores de mantenimiento, el espacio para la circulación deberá determinarse tomando en cuenta las dimensiones del vehículo. La distancia horizontal a las partes con potencial será de 0.70 metros, mayor que la distancia mínima vertical para tomar en cuenta la imprecisión inevitable en la conducción del vehículo.

♦ **Distancias de seguridad en zonas de trabajo**

En cualquier sección de las instalaciones de alta tensión de una subestación deben poderse realizar con toda seguridad trabajos de mantenimiento, una vez que la sección ha sido desconectada mediante la apertura de los interruptores y cuchillas correspondientes, sin tener que desconectar las secciones contiguas que deben seguir funcionando para no afectar la operación del sistema.

Las distancias de seguridad en zonas de trabajo se determinan según el principio ya expuesto: la distancia de base aumenta en una longitud adicional. La distancia total no debe ser en ningún caso inferior a 3 metros.

CONCLUSIONES

El mantenimiento es necesario donde quiera que se utilice equipo técnico, ya que es imposible operar cualquier máquina indefinidamente sin ningún tipo de mantenimiento, por lo que los trabajos de mantenimiento siempre deben contemplar los conceptos de la administración mecánica y dinámica.

El propósito de cualquier departamento de mantenimiento es lograr una confiabilidad operacional y una seguridad óptima, con la precisión de obtener un alto grado de calidad técnica para que los servicios siempre satisfagan los requerimientos de los usuarios.

Un mantenimiento eficaz siempre deberá contribuir a garantizar el valor de la utilidad de los equipos y los materiales para beneficio de los costos de las tareas de mantenimiento.

Por lo que considero que el Ingeniero Mecánico Electricista debe estar preparado para lograr participar por medio de sus condiciones y experiencia en el desarrollo de programas de mantenimiento para la mejora de su empresa.

BIBLIOGRAFIA

1. **EL SISTEMA ELECTRICO NACIONAL**
Gerencia de Transmisión y Transformación
Luz y Fuerza del Centro
2. **MAQUINAS ELECTRICAS**
Stephen J. Chapman
Editorial Mc. Graw Hill
3. **ORGANIZACION Y DIRECCION INDUSTRIAL**
Lawrence L. Bethel
Editorial Fondo de cultura Económica
4. **TEORIA Y PRACTICA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**
Francois Monchy
Editorial Masson
5. **ADMINISTRACION DE EMPRESAS**
Agustin Reyes Ponce
Editorial Limusa
6. **METODOLOGIA SEGURA PARA EL TRABAJO**
Gerencia de Producción
Luz y Fuerza del Centro
7. **PROCEDIMIENTO TECNICO PARA EL MANTENIMIENTO DE EQUIPO ELECTRICO DE POTENCIA**
Gerencia de Transmisión y Transformación
Luz y Fuerza del Centro
8. **TEORIA DE PRUEBAS EN CAMPO A EQUIPO ELECTRICO DE POTENCIA EN SUBESTACIONES ELECTRICAS**
Gerencia de Transmisión y Transformación
Luz y Fuerza del Centro
9. **DISEÑO DE SUBESTACIONES ELECTRICAS**
José Raúl Martín
Editorial Mc. Graw Hill

10. PRUEBAS DE EQUIPO ELECTRICO
V́ctor Ṕrez Amador Barrón
Editorial Limusa
11. SISTEMAS ELECTRICOS DE DISTRIBUCION
Roberto Espinosa y Lara
Facultad de Ingenieŕa UNAM
12. PROTECCION DE INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES
Y COMERCIALES
Gilberto Enŕquez Harper
Editorial Limusa
13. SISTEMAS ELECTRICOS DE GRAN POTENCIA
Weedy B. M.
Editorial Reverte
14. LA ADMINISTRACION EN EL MANTENIMIENTO
Enrique Bouce Villanueva
Editorial C.E.C.S.A.
15. PLANIFICACION PARA LA CALIDAD
Joseph Jurán
Editorial Dias de Santos
16. CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD
Armando V. Feigenbaum
Editorial C.E.C.S.A.
17. LOS COSTOS DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL
Roberto de los Monteros y Espinosa
Facultad de Contaduŕa y Administraci3n UNAM
18. ESTACIONES TRANSFORMADORAS Y DE DISTRIBUCION
Guadencio Zopetti
Editorial Ediciones Gili
19. MANUAL DEL INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
Tomo I al XII
20. NORMA OFICIAL MEXICANA