



T
621.3192
D.4
C.2

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Eléctrica



"MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION
ELECTRICA DE ALTA TENSION DEL EDIFICIO PRINCIPAL
DEL BANCO CENTRAL R-2"

INFORME TECNICO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

Especialización: **POTENCIA**

Presentado por:

Carlos Quinde Ureta

Guayaquil - Ecuador

1.991

DEDICATORIA

A MI MADRE

AGRADECIMIENTO

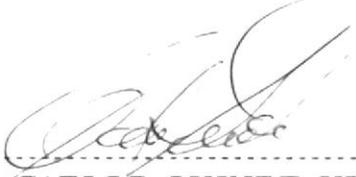
AL ING. JORGE FLORES M.
PROFESOR SUPERVISOR Y
AL ING. ALBERTO HANZE
POR SU AYUDA Y COLABORACION
PARA LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

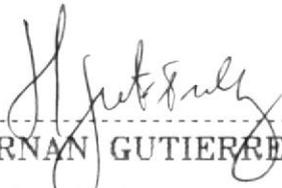
DECLARACION EXPRESA



"LA RESPONSABILIDAD POR LOS HECHOS, IDEAS Y
DOCTRINAS EXPUESTAS EN ESTE INFORME TECNICO,
ME CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE; Y, EL PATRI-
MONIO INTELECTUAL DE LA MISMA, A LA ESCUELA
SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(REGLAMENTO DE EXAMENES Y TITULOS PRO-
FESIONALES DE LA ESPOL).


.....
CARLOS QUINDE URETA



ING. HERNAN GUTIERREZ VERA
DECANO DE LA FACULTAD
DE INGENIERIA ELECTRICA



ING. JORGE FLORES MACIAS
PROFESOR SUPERVISOR



ING. ALBERTO HANZE BELLO
MIEMBRO PRINCIPAL



RESUMEN

La exposición del siguiente informe tiene como objeto establecer los principales procedimientos para el mantenimiento preventivo de un Sistema de Distribución de Alta Tensión que alimenta a un Edificio Estratégico e implementar un programa de mantenimiento periódico de acuerdo a las particularidades propias del sistema de distribución en este Edificio.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.	
INDICE.	
INTRODUCCION.	
I.- GENERALIDADES	
1.1 Antecedentes y Características generales del Sistema de Distribución.	1
1.2 Objetivos.	3
II.- MEDICION Y ANALISIS DE LOS EQUIPOS DE ALTA TENSION	
2.1 Dispositivos de Maniobra y Protección.	4
2.1.1 Inspección de los Dispositivos de Maniobra.	6
2.1.2 Medición de la Resistencia Dieléctrica de los Aisladores	6
2.1.3 Prueba de Aceite en los Dispositivos de Maniobra.	8
2.2 Cables y Conexiones Terminales.	15
2.2.1 Inspección del Cable y Conexiones Terminales.	15
2.2.2 Medición de la Resistencia Dieléctrica del Cable.	16
2.3 Transformadores.	18
2.3.1 Inspección exterior de los Transformadores.	20
2.3.2 Medición de la Resistencia Dieléctrica de los Transformadores.	22
2.3.3 Prueba del Aceite de los Transformadores.	23
III.- MANTENIMIENTO CORRECTIVO GENERAL.	
3.1 Dispositivos de Maniobra y Protección.	28
3.2 Cables y Conexiones Terminales.	31
3.3 Transformadores.	33
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	36
ANEXOS.	44
BIBLIOGRAFIA.	50

I N T R O D U C C I O N

El Edificio Principal del Banco Central R-2, por sus características e importancia inherentes, es un establecimiento en donde la confiabilidad del servicio de energía eléctrica es de vital importancia para el normal desarrollo de las actividades propias de esta Institución. Y es así que, considerando que de acuerdo con los registros de mantenimiento, el Sistema de Distribución de Alta Tensión no había sido sometido a un proceso de mantenimiento preventivo, se decidió realizarlo a fin de mantener la confiabilidad general del Sistema Eléctrico.

I GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES Y CARACTERISTICAS GENERALES DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION.

El diagrama unifilar del Sistema de Distribución de Alta Tensión en el Edificio Principal del Banco Central R-2 se lo muestra en la Figura 1 y consta de los siguientes Transformadores y Elementos de Protección y Maniobra.

Un Disyuntor Trifásico al vacío marca Westinghouse Tipo R 1 de una corriente nominal de ruptura en cortocircuito de 12KA. y una corriente nominal de servicio de 600A., el cual constituye el elemento principal de protección de todo el Sistema de Alta Tensión que alimenta a este Edificio.

Tres Cortacircuitos Trifásicos sumergidos en aceite con fusible incorporado marca G. E. Modelo 9F31-YBA811 de 15KV. y 200A. de corriente nominal para la protección y maniobra de cada uno de los tres Transformadores Trifásicos Clase OA, ubicados en el Sótano del Edificio.

Un Transformador Trifásico Clase OA, 750KVA., Conexión Delta-Y(4 hilos) 13.2KV./208-120V. marca G.E., el cual es protegido por el Cortacircuito 1 con fusible incorporado de 40A. por fase. Se adjunta copia de la placa del transformador correspondiente en el Anexo A.

**DIAGRAMA UNIFILAR DE ALTA TENSION
BANCO CENTRAL**

EDIFICIO PRINCIPAL R-2

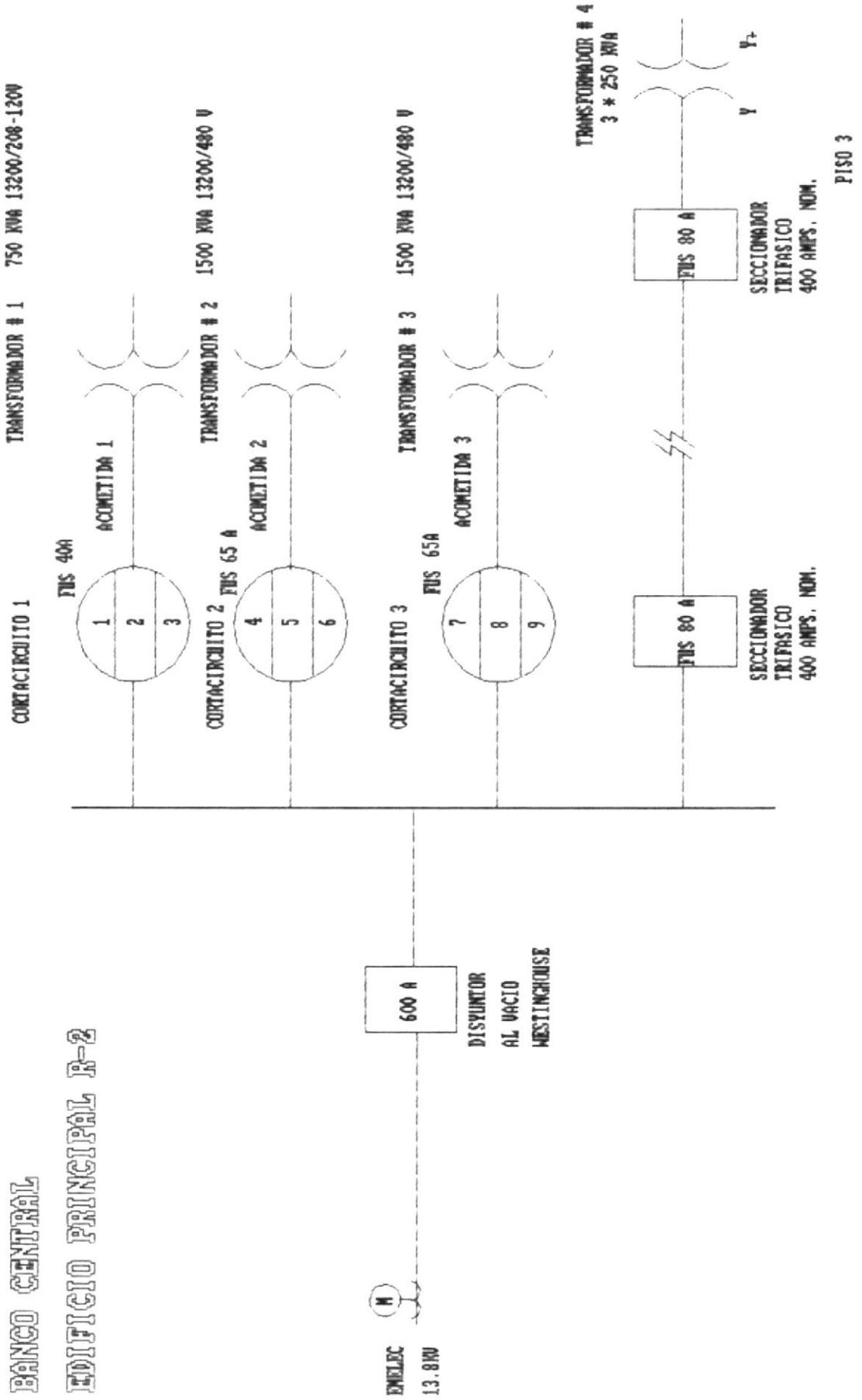


FIG. 1. - DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION DE ALTA TENSION DEL EDIFICIO PRINCIPAL DEL B.C. R-2

Un Transformador Trifásico Clase OA, 1500KVA., Conexión Delta-Delta(3 hilos) 13.2KV./480V. marca G.E., el cual es protegido por el Cortacircuito 2 con fusible incorporado de 65A. por fase. Se adjunta copia de la placa del Transformador correspondiente en el Anexo B.

Un Transformador Trifásico Clase OA, 1500KVA., Conexión Delta-Delta(3 hilos) 13.2KV./480V. marca Delta-Star, el cual es protegido por el Cortacircuito 3 con fusible incorporado de 65A. por fase. Se adjunta copia de la placa del Transformador correspondiente en el Anexo C.

Dos Seccionadores Trifásicos de una corriente nominal de 400A. Uno de estos Seccionadores está ubicado en el Sótano del Edificio junto a todos los Transformadores y Elementos de Protección y Maniobra anteriormente señalados y el otro junto al Banco de Transformadores de 3x250KVA., situado en el Tercer Piso del Edificio Principal.

Un Banco de Transformadores formado por tres Transformadores individuales de 250KVA., Conexión Y-Y(4 hilos) 13.2KV./208-120 V., el cual es protegido por los dos Seccionadores con fusible incorporado de 80A. por fase.

1.2 OBJETIVOS

Considerando que, de acuerdo con los registros de mantenimiento, el Sistema de Alta Tensión del Edificio

Principal del Banco Central R-2 no había sido sometido a un proceso de mantenimiento preventivo y en vista de que la confiabilidad del Sistema Eléctrico es de vital importancia en un Edificio de estas características, se determinó la imperiosa necesidad de realizar el correspondiente mantenimiento general del Sistema de Distribución de Alta Tensión, proponiendo los principales procedimientos para su ejecución e implementando un programa de mantenimiento periódico de acuerdo a las particularidades propias del Sistema de Distribución de este Edificio.

II MEDICION Y ANALISIS DE LOS EQUIPOS DE ALTA TENSION

En general, todos los elementos del Sistema de Distribución de Alta Tensión, cuyo esquema se muestra en la Figura 1, van a ser sometidos a los procesos de medición y análisis que se detallan en la Tabla 2.1.

2.1 DISPOSITIVOS DE MANIOBRA Y PROTECCION

De acuerdo con el Diagrama Unifilar del Sistema de Distribución de Alta Tensión del Edificio Principal del Banco Central R-2 de la Figura 1, los dispositivos de maniobra y protección de este Sistema, están conformados por los siguientes elementos:

Un Disyuntor al vacío marca Westinghouse Tipo R1 pro-

T A B L A 2 . 1

TIPOS DE PRUEBAS Y ANALISIS A SER SOMETIDOS LOS DISTINTOS
ELEMENTOS DEL ACTUAL SISTEMA DE DISTRIBUCION DE ALTA TENSION

TIPOS DE PRUEBA	ELEMENTO A SER ANALIZADO	PARTE DEL EQUIPO A SER MEDIDO O ANALIZADO
ENSAYO DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO (MEGADO)	Cortacircuitos	bushings
	Transformador	bushings, equipo
	Conductores	cable
PRUEBAS DE ACEITE Rigidez Dieléctrica Número Acido Color	Cortacircuitos	aceite
	Transformador	aceite

visto de un resorte acumulador de accionamiento manual. Tres Seccionadores Trifásicos sumergidos en aceite con fusibles incorporados marca General Electric y Dos Celdas de Alta Tensión que constan de Seccionadores Trifásicos del tipo cuchilla que opera bajo el principio de interrupción por aire y equipados con fusibles de alta capacidad de ruptura para protección contra cortocircuito.

2.1.1 INSPECCION DE LOS DISPOSITIVOS DE MANIOBRA

Este mantenimiento consiste en una inspección visual y manual de todos los dispositivos de maniobra anteriormente señalados .

Este procedimiento incluye lo siguiente:

Limpieza manual de los aisladores correspondientes a todos los dispositivos de maniobra, la cual es realizada con solvente para eliminar la contaminación producida principalmente por atracción electrostática de partículas en suspensión. Se observó cuidadosamente, sin resultados positivos, la posible presencia de grietas, fisuras ó fuga de aceite en los aisladores.

Ajuste, lubricación y prueba de los mecanismos manuales de operación de los dispositivos de maniobra.

2.1.2 MEDICION DE LA RESISTENCIA DIELECTRICA DE LOS AISLADORES

Los bushings, además de ser buenos aisladores y poder

soportar esfuerzos eléctricos, deben ser sellados contra el agua, gas y aceite a fin de mantener la humedad fuera de los dispositivos de protección y de los transformadores.

Para verificar las condiciones del aislamiento de los bushings y detectar contaminación y/o deterioro en el estado inicial, el más común de los equipos utilizados es el Megger, el cual es esencialmente un medidor de resistencia de alto rango que tiene un generador de corriente para producir un alto voltaje, el cual a su vez, produce una pequeña corriente que fluye a través y sobre la superficie del aislador a ser probado.

Por ser esta prueba muy sensible a las condiciones de humedad, temperatura y limpieza de las partes; las lecturas son tomadas a una temperatura por encima del punto de rocío, son corregidas a una temperatura base de 20 grados centígrados y los aisladores son previamente limpiados y desengrasados, respectivamente.

Por último, el bushing sometido a esta prueba de aislamiento es aislado completamente de otros equipos y la conexión del Megger para esta prueba es la siguiente:

Equipo Megger	Punto de conexión
Terminal de Línea	Al terminal de conexión del bushing
Terminal de Tierra	A la carcasa del equipo.

Terminal de Guardia Alrededor de la superficie del bushing.

Esta última conexión es para eliminar el efecto de la superficie de fuga.

En la Figura 2 se muestra este diagrama de conexión para la medición de la resistencia de aislamiento DC, para todos bushings de los distintos Elementos del actual Sistema de Distribución.

A continuación en la Tabla 2.2 se tabulan los valores de la resistencia de aislamiento de los bushings correspondientes tanto a la entrada como a la salida de los seccionadores de protección y maniobra, así como también de los bushings de Alta y Baja Tensión de los respectivos Transformadores de Distribución.

Todos los valores son corregidos a una temperatura base de 20 grados centígrados.

En esta Tabla no están registrados los valores de la resistencia de aislamiento de los bushings correspondientes al disyuntor al vacío marca Westinghouse, por estar sus terminales de conexión debidamente aislados.

2.1.3 PRUEBA DE ACEITE EN LOS DISPOSITIVOS DE MANIOBRA

Los dispositivos de maniobra a los que se realizará esta prueba, corresponden evidentemente a los tres Seccionadores Trifásicos sumergidos en aceite, los cuales vienen equipados con los respectivos fusibles de

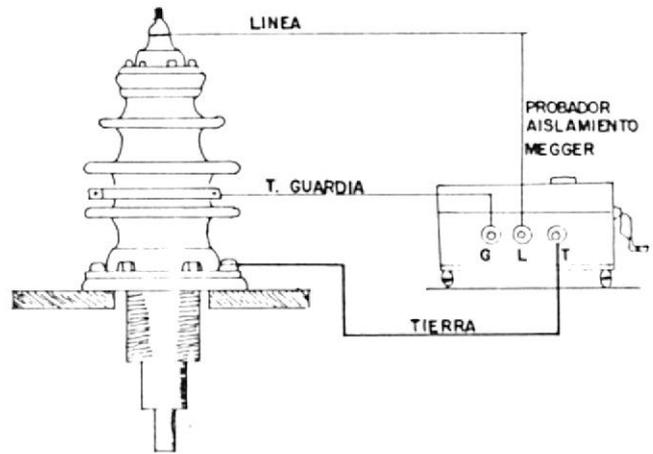


FIG 2.- Diagrama General de conexión para la medición de la resistencia de aislamiento de los bushings de los diferentes elementos del actual Sistema de Distribución.

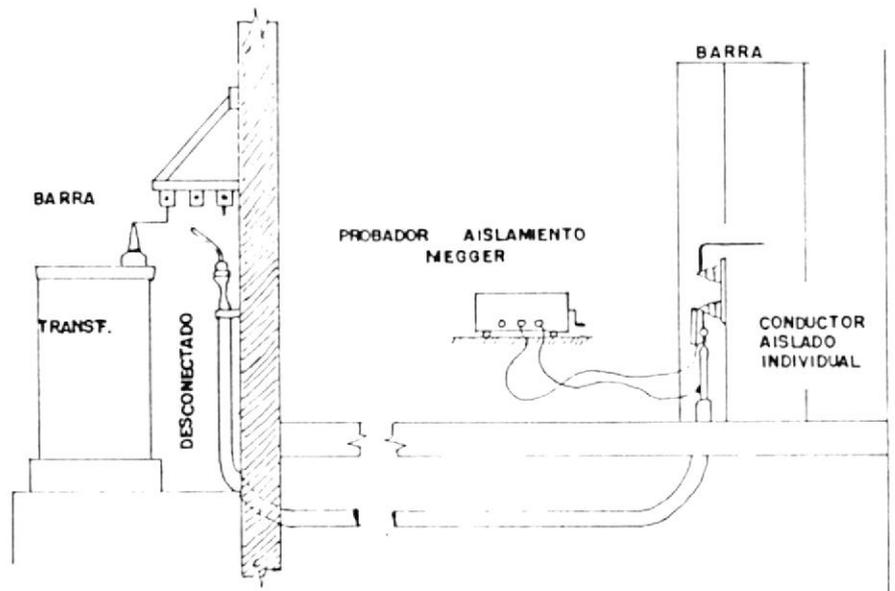


FIG. 3.- Diagrama General de conexión para la medición de la resistencia de aislamiento de un cable individual de Alta Tensión.

TABLA 2.2

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DE LOS BUSHINGS

		CORTACIRCUITO		TRANSFORMADOR	
		ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
Voltaje de Prueba		2500VDC	2500VDC	2500VDC	2500VDC
ACOMETIDA 1	FASE A	10000 M. Ohm	35000 M. Ohm	30000 M. Ohm	25000 M. Ohm
	FASE B	45000 M. Ohm	35000 M. Ohm	35000 M. Ohm	20000 M. Ohm
	FASE C	40000 M. Ohm	45000 M. Ohm	40000 M. Ohm	25000 M. Ohm
ACOMETIDA 2	FASE A	35000 M. Ohm	50000 M. Ohm	40000 M. Ohm	25000 M. Ohm
	FASE B	50000 M. Ohm	35000 M. Ohm	35000 M. Ohm	30000 M. Ohm
	FASE C	30000 M. Ohm	40000 M. Ohm	30000 M. Ohm	25000 M. Ohm
ACOMETIDA 3	FASE A	45000 M. Ohm	45000 M. Ohm	40000 M. Ohm	25000 M. Ohm
	FASE B	50000 M. Ohm	35000 M. Ohm	40000 M. Ohm	30000 M. Ohm
	FASE C	40000 M. Ohm	35000 M. Ohm	50000 M. Ohm	25000 M. Ohm

protección.

Estos dispositivos trifásicos de alta tensión de protección y maniobra, tienen cada fase instalada en tanques individuales, los cuales están acoplados mecánicamente con barras metálicas para su operación manual.

La función que desempeña el aceite en estos dispositivos es diferente a la que este mismo fluido desempeñaría, por ejemplo, en un transformador. Así, además de la esencial propiedad aisladora que cumple en ambos casos, la principal función que desempeña en un transformador es la de disipar el calor. En cambio, en estos dispositivos de protección y maniobra, su principal función es la de extinguir el arco eléctrico. Al hacer esto, se forman diminutas partículas de carbono, las cuales conjuntamente con impurezas, con el tiempo disminuyen el voltaje de ruptura de este aceite.

Los métodos de prueba para el aceite de los dispositivos de protección y maniobra son los mismos utilizados para el caso del aceite de los transformadores. Así, las más comunes pruebas a las que se someten estos aceites son las de rigidez dieléctrica, acidez y color. Mediante la prueba de la rigidez dieléctrica se determina el voltaje de ruptura del dieléctrico del líquido aislante y por ende la capacidad del aceite para soportar esfuerzos eléctricos sin que éste pierda sus pro-

piedades aislantes.

Esta prueba solo detecta la presencia en el aceite de humedad, suciedad y partículas conductoras pero no ácidos y lodo.

Para determinar la rigidez dieléctrica del aceite existen dos métodos.

El método aplicado en este mantenimiento es el basado en la norma ASTM D877 cuyas características fundamentales son:

Tipo de Electrodo	Disco(1" de diametro, 3 mm. espesor)
Separación entre electrodos	2.5 mm.
Rango del incremento de voltaje	3 KV/seg. +/- 20%

La segunda prueba tradicional a la que se someten estos aceites, es la del llamado Número Acido basado en la norma ASTM D-974 la cual mide la acidez en el transformador. Estos ácidos orgánicos deterioran el sistema de aislamiento y pueden inducir corrosión en el hierro cuando la humedad está también presente. Un incremento en el número de neutralización es un índice de la velocidad de deterioro del aceite. El lodo será el resultado inevitable de una situación ácida no corregida. El contenido ácido es expresado como el número de miligramos de Hidroxido de Potasio (KOH), una base, necesarios para neutralizar el ácido en un gramo de muestra del aceite a analizar.

La próxima en la serie de pruebas estandar del aceite, es la prueba del color. Esta prueba es solo significativa cuando hay un cambio marcado en el color del aceite y se basa en la norma ASTM D-1500 y como su nombre lo indica, esta prueba se la ejecuta comparando la muestra del aceite con una serie de colores estandar.

En la siguiente Tabla 2.3 se tabula el registro de las pruebas de aceite anteriormente señaladas a las que se han sometido los dispositivos de protección y maniobra. Considerando que en cada uno de los Cortacircuitos Trifásicos cada fase es independiente, el número de la muestra de aceite de la Tabla 2.3 corresponde al mismo número de la figura 1.

Una vez tomada la muestra de aceite del fondo del respectivo tanque del cortacircuito, se realiza el ensayo de la rigidez dieléctrica por cada llenado de la celda de disco plano, entre cuyos electrodos se produce la ruptura.

De acuerdo con la Tabla 2.3, con cada una de estas muestras se ejecutan cinco tensiones de ruptura sucesivas, tomadas a intervalos de un minuto.

En general, todas estas muestras cumplen el método de la consistencia estadística, el cual es un método matemático que asegura que la muestra es una represen-



TABLA 2.3

PRUEBAS DEL ACEITE DE LOS DISPOSITIVOS
DE MANIOBRA Y PROTECCION

MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3	
Ruptura	Perforacion	Ruptura	Perforacion	Ruptura	Perforacion
1	20 KV.	1	19 KV.	1	24 KV.
2	16 KV.	2	18 KV.	2	20 KV.
3	18 KV.	3	16 KV.	3	22 KV.
4	19 KV.	4	17 KV.	4	19 KV.
5	16 KV.	5	15 KV.	5	21 KV.
Promedio	18 KV.	Promedio	17 KV.	Promedio	21 KV.
Numero Acido	.30	Numero Acido	.30	Numero Acido	.30
Color	Marginal	Color	Marginal	Color	Marginal
MUESTRA 4		MUESTRA 5		MUESTRA 6	
Ruptura	Perforacion	Ruptura	Perforacion	Ruptura	Perforacion
1	27 KV.	1	21 KV.	1	19 KV.
2	24 KV.	2	21 KV.	2	18 KV.
3	25 KV.	3	20 KV.	3	21 KV.
4	22 KV.	4	24 KV.	4	23 KV.
5	23 KV.	5	23 KV.	5	22 KV.
Promedio	24 KV.	Promedio	22 KV.	Promedio	21 KV.
Numero Acido	.30	Numero Acido	.30	Numero Acido	.30
Color	Marginal	Color	Marginal	Color	Marginal
MUESTRA 7		MUESTRA 8		MUESTRA 9	
Ruptura	Perforacion	Ruptura	Perforacion	Ruptura	Perforacion
1	26 KV.	1	27 KV.	1	20 KV.
2	22 KV.	2	24 KV.	2	19 KV.
3	23 KV.	3	26 KV.	3	21 KV.
4	21 KV.	4	23 KV.	4	22 KV.
5	24 KV.	5	24 KV.	5	18 KV.
Promedio	23 KV.	Promedio	25 KV.	Promedio	20 KV.
Numero Acido	.30	Numero Acido	.30	Numero Acido	.30
Color	Marginal	Color	Marginal	Color	Marginal

tación confiable del aceite ensayado y que por definición establese, que la diferencia entre la mayor y menor ruptura multiplicado por tres deberá ser menor ó igual a la segunda menor ruptura.

2.2 CABLES Y CONEXIONES TERMINALES

El cable de Alta Tensión constituye el elemento mas robusto de todos los aparatos eléctricos. Sin embargo, el mantenimiento preventivo constituye la mejor manera de asegurar un servicio confiable de estos conductores. La inspección visual y las pruebas eléctricas del aislamiento constituyen los principales procedimientos de este mantenimiento.

2.2.1 INSPECCION DEL CABLE Y CONEXIONES TERMINALES

Por la configuración del Sistema Electrico de Distribución de Alta Tensión en el Edificio Principal que se muestra en la figura 1, los Elementos de Protección y Maniobra están concentrados, por lo que los cables aislados de alta tensión que pasan a través de tuberías rígidas individuales son de distancia mínima, a excepción únicamente del cable de acometida de alta tensión que alimenta a la Subestación Eléctrica de 3x250 KVA., ubicada en el Tercer Piso.

Ninguno de los cables de alta tensión está empalmado. Los cables de alta tensión fueron inspeccionados visualmente, incluidas las puntas terminales para interior

respectivas, sin novedad alguna.

Todas las conexiones terminales fueron desconectadas, limpiadas con solvente, recubiertas con pasta de contacto y debidamente ajustadas nuevamente.

2.2.2 MEDICION DE LA RESISTENCIA DIELECTRICA DEL CABLE

Las dos pruebas mas comunes usadas para probar el aislamiento del cable conductor son la prueba de la resistencia del aislamiento y la prueba de sobretensión de corriente continua.

El tipo de prueba aplicada en este mantenimiento corresponde a la medición de la resistencia de aislamiento con un equipo Megger, la cual es una prueba simple, rápida, conveniente y no destructiva. Sin embargo, las lecturas resultantes no son una medida de la fortaleza del dieléctrico ni revelará puntos débiles en el aislamiento, pero sí la contaminación de éste por humedad, suciedad ó carbonización.

Iguales observaciones, consideraciones y procedimientos aplicados en el caso de la medición de la resistencia de aislamiento de los bushings de la sección 2.1.2, se aplican tambien a este caso.

Además, considerando que tambien estas mediciones son sensibles a la duración de la prueba, existen algunos métodos, entre ellos el Método de Tiempo-Resistencia, el cual es medianamente independiente de la temperatura

y a menudo puede dar información concluyente sin el registro de mediciones tomadas en el pasado. Este método está basado en el efecto de absorción del buen aislante comparado con el aislante húmedo o contaminado. Simplemente, se toman lecturas sucesivas a intervalos específicos de tiempo y se observa la diferencia en las lecturas así obtenidas. Estos intervalos de tiempo son generalmente de 30 segundos, 1 y 10 minutos y la relación entre las lecturas correspondientes a los intervalos de 10 y 1 minutos se lo denomina el Índice de Polarización (I.P.).

Obviamente, para esta prueba los cables son desconectados en ambos extremos, de los otros elementos del Sistema de Distribución.

Todos los conductores son individuales.

En esta prueba el Terminal de Guardia del Megger no se lo utiliza.

Precisamente, en la Figura 3 se muestra este diagrama de conexión para la medición de la resistencia de aislamiento de los distintos conductores individuales de Alta Tensión que interconectan los distintos Elementos del actual Sistema de Distribución.

Por estar los terminales de conexión de los bushings exteriores del Disyuntor al vacío marca Westinghouse debidamente aislados y considerando que la conexión de

la salida de este disyuntor a la entrada respectiva de los tres cortacircuitos y del seccionador trifásico es realizada con cables, la primera medición de la resistencia de aislamiento de estos conductores corresponden al conjunto de estos puentes de interconexión que conforman cada fase. Durante esta medición, el disyuntor Westinghouse se encuentra abierto.

A continuación en la Tabla 2.4 se tabulan los valores de la resistencia de aislamiento del conjunto de conductores anteriormente señalados; de los cables individuales de alta tensión de interconexión entre los tres cortacircuitos trifásicos y los correspondientes transformadores 1, 2 y 3 (Acometidas 1, 2 y 3) y por último, entre los cables individuales de alta tensión que conectan los dos seccionadores trifásicos ubicados entre el sótano y el tercer piso de este Edificio. Ver figura 1.

2.3 TRANSFORMADORES

Tal como se muestra en la figura 1, el Sistema de Distribución de Alta Tensión de este Edificio consta de los Transformadores 1, 2 y 3 ubicados en el sótano y el Banco de Transformadores de 3X250 KVA ubicado en el Tercer Piso.

El presente trabajo de mantenimiento preventivo comprende únicamente a los transformadores trifásicos su-

TABLA 2.4

MEDICION DE LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DE LOS CONDUCTORES

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DE LOS CONDUCTORES			
Temperatura ambiente (T _{amb})	Temperatura de los conductores (T _{cond})	Resistencia de aislamiento (R _{ai})	Resistencia de aislamiento (R _{ai})
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DE LOS CONDUCTORES			
Temperatura ambiente (T _{amb})	Temperatura de los conductores (T _{cond})	Resistencia de aislamiento (R _{ai})	Resistencia de aislamiento (R _{ai})
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DE LOS CONDUCTORES			
T _{amb}	T _{cond}	R _{ai}	R _{ai}
20	25	10000000	10000000
	30	10000000	10000000
	35	10000000	10000000
15	20	10000000	10000000
	25	10000000	10000000
	30	10000000	10000000
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DE LOS CONDUCTORES			
20	25	10000000	10000000
	30	10000000	10000000
	35	10000000	10000000
15	20	10000000	10000000
	25	10000000	10000000
	30	10000000	10000000
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DE LOS CONDUCTORES			
20	25	10000000	10000000
	30	10000000	10000000
	35	10000000	10000000
15	20	10000000	10000000
	25	10000000	10000000
	30	10000000	10000000
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DE LOS CONDUCTORES			
20	25	10000000	10000000
	30	10000000	10000000
	35	10000000	10000000
15	20	10000000	10000000
	25	10000000	10000000
	30	10000000	10000000

mergidos en aceite y autoenfriados ubicados en el sótano y cuyas placas correspondientes se muestran en los Anexos A , B y C respectivamente.

2.3.1 INSPECCION EXTERIOR DE LOS TRANSFORMADORES

Existen inspecciones básicas que pueden realizarse con el Transformador en servicio. Estas incluyen inspecciones visuales y algunos tipos de prueba.

El mayor énfasis está dado en datos de la carga eléctrica y temperatura, pues ambos parámetros determinan si el transformador está operando dentro de sus límites permisibles.

Así, en los Anexos D, E y F se grafican en forma condensada las Curvas de Carga de los Transformadores 1, 2 y 3 respectivamente, tomadas en un día laborable cualquiera, las cuales vienen expresadas en Amperios en el lado del primario en lugar de KW., pues es una mejor indicación de las pérdidas que producen el calentamiento interno en el Transformador.

Las forma de sus respectivas curvas de carga explican la carga eléctrica que fundamentalmente estos transformadores alimentan. Así:

Transformador 1

Este Transformador alimenta directamente todos los circuitos de alumbrado y tomacorrientes usados para los equipos de oficina y los equipos computacionales a tra-

vés de estabilizadores y UPS.

Su respectiva Curva de Carga es casi constante durante el horario normal de 9H00 a 16H00.

Temperatura máxima superior del Aceite: 70 Grados C.

Transformador 2

Alimenta principalmente toda la carga electrica trifásica de los ascensores, bombas de agua y escaleras electromecánicas. La forma irregular de su Curva de Carga se explica por la carga electrica variable que alimenta.

Temperatura máxima superior del Aceite: 59 Grados C.

Transformador 3

Alimenta fundamentalmente todas las Centrales de Aire Acondicionado de distinto tipo y capacidad que hay en este edificio. En el lapso aproximado de 24 Horas, la forma de su Curva de Carga, simula el ciclo de una onda cuadrada.

Temperatura máxima superior del Aceite: 51 Grados C.

Otra de estas inspecciones se refieren, en el presente trabajo de mantenimiento, a la revisión del dispositivo de protección del nivel de aceite e inspección visual de fugas ó presencia de partes corroidas.

Ninguna de las inspecciones anteriores mostró alguna situación anormal.

2.3.2 MEDICION DE LA RESISTENCIA DIELECTRICA DE LOS TRANSFORMADORES

Iguales observaciones, consideraciones y procedimientos aplicados en el caso de la medición de la resistencia de aislamiento de los bushings de la sección 2.1.2, así como también para la medición de la resistencia de aislamiento de los cables de la sección 2.2.2, son aplicados también en este caso, utilizándose el mismo equipo Megger.

Como en el caso anterior, la corriente total que fluye a través y a lo largo del aislamiento, está formada de tres corrientes: corriente de carga capacitiva, corriente de absorción del dieléctrico y la corriente de fuga.

La corriente de fuga es la más importante componente cuando se intenta evaluar la condición del aislamiento. La medición de la resistencia de aislamiento del transformador, es generalmente aceptado como un indicador confiable de la presencia ó ausencia de contaminantes perjudiciales ó degradación.

La resistencia de aislamiento a determinar en un Transformador, son la resistencia que presenta un devanado con respecto a otro y la que presenta un devanado con respecto al núcleo y con respecto al tanque; es decir, las lecturas de resistencia de aislamiento que

se toman son:

A. T. contra B. T. (Baja Tensión)

A. T. contra B. T. + tanque a tierra (T.T.)

A. T. + T.T. contra B. T.

Precisamente, en la Figura 4 se muestra el diagrama de conexión para la medición de la resistencia de aislamiento DC del Transformador entre los devanados de Alta Tensión y Baja Tensión.

A continuación en las Tablas 2.5, 2.6 y 2.7, se tabulan los valores de la resistencia de aislamiento de los Transformadores 1, 2 y 3 respectivamente.

2.3.3 PRUEBA DEL ACEITE DE LOS TRANSFORMADORES

Es un hecho que la vida de un transformador es la vida del sistema de aislamiento.

Puesto que el aceite es parte del sistema de aislamiento, éste requiere también pruebas. Iguales observaciones, consideraciones, procedimientos y tipos de prueba aplicados en el caso de las Pruebas de Aceite en los Dispositivos de Maniobra y Protección de la Sección 2.1.3, son aplicados en estas pruebas con el aceite de los transformadores.

Las muestras de aceite para las pruebas correspondientes de cada transformador son tomadas de la parte inferior del mismo, siguiendo en forma estricta la norma ASTM D923 de toma de muestras para el efecto.

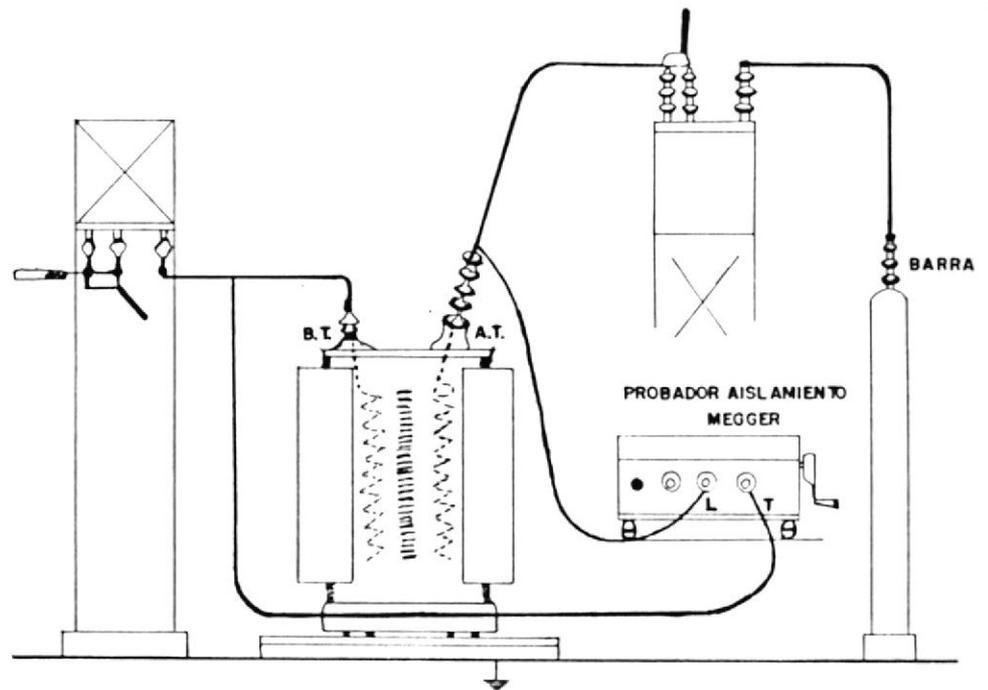


FIG. 4.- Diagrama de conexión para la medición de la resistencia de aislamiento de un Transformador de Distribución entre los devanados de Alta Tensión y Baja Tensión.

TABLA 2.6

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DEL TRANSFORMADOR

DATOS DE TRANSFORMADOR						
Capacidad	1500 KVA.		No. de Serie:		L 243204	
Voltaje	13.2 KV.		Clase :		0A	
DATOS DE TIERRA						
Voltaje de Prueba	2500 VDC		2500 VDC		2500 VDC	
Conectores de Prueba	Gr. T	T. de Línea	Gr. T	T. de Línea	Gr. T	T. de Línea
	Gr. F	T. de Tierra	Gr. F	T. de Tierra	Gr. F	T. de Tierra
	Gr. G	T. de Guardia	Gr. G	T. de Guardia	Gr. G	T. de Guardia
30"	5.0 M. Ohm		6.0 M. Ohm		7.5 M. Ohm	
1"	7.0 M. Ohm		8.0 M. Ohm		9.5 M. Ohm	
10"	12.0 M. Ohm		14.0 M. Ohm		16.0 M. Ohm	
I. P.	1.00		1.00		1.00	

TABLA 2.7

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DEL TRANSFORMADOR

DATOS DEL TRANSFORMADOR						
Capacidad de	1500 KVA	Tipo de aceite		Doble		
Tipo de	1-1-1	Tipo de		1-1-1		
DATOS DE SERVICIO						
Medida de	M.O. M.C.	1500 M.C.	1500 M.C.	1500 M.C.	1500 M.C.	1500 M.C.
Temperatura	1-1	1-1 de	1-1-1	1-1 de	1-1-1	1-1 de
	1-1	1-1 de	1-1-1	1-1 de	1-1-1	1-1 de
	-	1-1 de	-	1-1 de	-	1-1 de
		Escudo		Escudo		Escudo
10"	15.0 M.C.		15.0 M.C.		15.0 M.C.	
11"	15.0 M.C.		15.0 M.C.		15.0 M.C.	
16"	15.0 M.C.		15.0 M.C.		15.0 M.C.	
1-1	1-1		1-1		1-1	

A continuación, en la Tabla 2.8 se tabula el registro de las pruebas de aceite correspondientes a su Rigidez Dieléctrica, Número Acido y Color de las muestras tomadas de los Transformadores 1, 2 y 3 respectivamente. En general, en lo referente a la medición de la rigidez dieléctrica del aceite, los resultados de las muestras analizadas cumplieron el método de la consistencia estadística.

III MANTENIMIENTO CORRECTIVO GENERAL

Una vez concluidas las inspecciones, pruebas y mediciones, tanto en operación como fuera de servicio, de todos los elementos que constituyen el Sistema de Distribución de Alta Tensión de este edificio, se procede, en base a las inspecciones realizadas y a los datos registrados en las respectivas Tablas, a ejecutar el mantenimiento correctivo correspondiente.

3.1 DISPOSITIVOS DE MANIOBRA Y PROTECCION

De los datos registrados en la Tabla 3.2, se observa claramente una resistencia anormal para el aislador de entrada del Cortacircuito 1, Fase A.

De una nueva inspección minuciosa del bushing correspondiente, no se observó fisuras, grietas o signo alguno de deterioro físico de este aislador, habiendose

atribuido la baja resistencia de aislamiento obtenida a la presencia de humedad.

En efecto, después de mantener el aislador desergeni- zado sometido al calor generado por tres focos infraro- jos de 250 watts cada uno, durante un lapso continuo de 12 horas, se obtuvo una resistencia de aislamiento de 30.000 Megohms, que está dentro de los valores nor- males de operación, así como también el resto de bushings cuyas resistencias de aislamiento correspon- dientes están registradas en la Tabla 2.2.

En lo referente a los datos de la prueba de aceite de los Cortacircuitos tabulados en la Tabla 2.3, se deter- mina claramente que el promedio de la rigidez dieléct- rica obtenido del análisis de las muestras de aceite de estos tres Cortacircuitos, es muy bajo.

De la inspección visual del aceite de estos dispositi- vos de maniobra y protección, se observó la presencia de partículas sólidas contaminantes, del tipo carbonos- sas formadas por arcos eléctricos.

A fin de mejorar las propiedades del aceite, a éste se lo sometió a un reacondicionamiento para eliminar fí- sicamente estas partículas sólidas en suspensión, me- diante filtros. Estos dispositivos se basan en el prin- cipio de hacer circular el aceite bajo presión, a tra- vés de un material absorbente como es el papel, para

remover estas partículas sólidas.

En la Tabla 2.9 se muestra el Cuadro Comparativo del Potencial Dieléctrico de Ruptura del aceite de los Cortacircuitos medido antes y después de realizado el filtrado del aceite correspondiente.

En base a los valores promedios obtenidos anteriormente, se determina que la mejora del voltaje de ruptura del dieléctrico de estos aceite, una vez realizado el filtrado correspondiente, no es suficiente para poder soportar el aceite los esfuerzos eléctricos a que normalmente están sometidos estos cortacircuitos.

Lo más aconsejable y seguro bajo estas circunstancias, fué la de cambiar totalmente el aceite de los tres cortacircuitos, previo el limpiado integral con solvente de las partes internas correspondientes, para eliminar los posibles residuos de carbonizaciones aún presentes.

La decisión anterior se facilitó por la relativa poca cantidad de este aceite de aislamiento a utilizarse; aproximadamente cuarenta galones en total.

3.2 CABLES Y CONEXIONES TERMINALES

En base a los datos de la Resistencia de Aislamiento de los distintos conductores de Alta Tensión registrados en la Tabla 2.3, se determina claramente que el respectivo nivel de aislamiento de cada uno de estos cables

TABLA 2.9

REGISTRO COMPARATIVO DE LA RIGIDEZ DIELECTRICA
 PROMEDIO DE LOS ACEITES DE LOS TRES CORTACIRCUITOS

MUESTRAS	1	2	3
Antes del Filtrado	10 87%	11 87%	11 87%
Despues del Filtrado	10 87%	10 87%	10 87%
MUESTRAS	4	5	6
Antes del Filtrado	10 87%	10 87%	10 87%
Despues del Filtrado	10 87%	10 87%	10 87%
MUESTRAS	7	8	9
Antes del Filtrado	10 87%	10 87%	10 87%
Despues del Filtrado	10 87%	10 87%	10 87%

Nota: Los resultados de rigidez de los aceites antes y despues de ser filtrados en los tres cortacircuitos, respectivamente.

es satisfactorio.

Del mismo modo, no se observó ninguna novedad en la inspección visual de los conductores ni en las puntas terminales de alta tensión respectivas.

3.3 TRANSFORMADORES

De los registros de las Resistencia de Aislamiento correspondientes a los Transformadores 1, 2 y 3 tabulados en las Tablas 2.5, 2.6 y 2.7 respectivamente y tomando como base los Indices de Polarización calculados en todas las conexiones de prueba de los respectivos Transformadores, se determina la condición aceptable del aislamiento de los tres transformadores. En efecto, todos los Indices de Polarización calculados, se encuentran entre 1.25 y 2 ó por encima de este valor, los cuales corresponden a una Resistencia de Aislamiento de estos Transformadores entre aceptable y buena respectivamente.

En relación a las pruebas del aceite de los Transformadores 1, 2 y 3 registrados en la Tabla 2.8, se observa claramente que los Transformadores 1 y 2 registran un valor promedio del voltaje de ruptura del dieléctrico, que está en el límite mínimo aceptable para el tipo de aceites que están en condiciones satisfactorias para uso continuo. Por seguridad, se determinó la necesidad de reacondicionarlo, es decir filtrarlo y deshidratarlo

Mediante este proceso se remueve la humedad, materiales sólidos y gases disueltos por medios mecánicos, ó mas propiamente dicho medios físicos, debido a que los procesos descritos por esta definición incluyen los fenómenos físicos de absorción y destilación al vacío. Este proceso se lo realizó con el mismo equipo filtrador utilizado para reacondicionar el aceite de los Cortacircuitos.

Este equipo Filtro-prensa portátil está compuesto por una bomba de desplazamiento positivo de una capacidad de 30 GPM. accionada por un motor de 1 1/2 HP. En este equipo, el aceite a filtrar pasa por unos cartuchos de celulosa y microfibras que retienen partículas sólidas en el rango de 1 a 8 micrones. Todo el conjunto dispone de una valvula de alivio ajustada a 50 Psi., la cual protege a los cartuchos de filtrado de un incremento excesivo en la presión diferencial. Consta además de una válvula automática de ventilación de aire, la cual permite la continua extracción del aire atrapado en la cámara de filtrado.

A continuación en la Tabla 2.10 se muestra el registro comparativo de la rigidez dieléctrica del aceite de los Transformadores 1 y 2 sometidos al proceso de filtrado. De los resultados registrados, se determina que este proceso de reacondicionado del aceite fué suficiente

para mejorar las condiciones de estos aceites para uso continuo como fluido aislante y refrigerante en los respectivos Transformadores.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Todo equipo que en general no mejora con el uso y el transcurso inexorable del tiempo, debe ser sometido a un mantenimiento que en el común de los casos, es de tres tipos: Mantenimiento imprevisto, Mantenimiento ordinario y Mantenimiento preventivo.

Sin embargo, para el caso particular que nos ocupa, el mantenimiento a aplicarse será del tipo protectivo, es decir: preventivo, predictivo y correctivo.

El primer paso en este sentido será llevar un registro cronológico de los datos de prueba y medición correspondientes a cada uno de los Elementos del Sistema de Distribución de Alta Tensión analizado. Seguidamente se determinará el periodo de ejecución de las respectivas pruebas y mediciones.

Así, en la Tabla 2.11 se muestra una guía del tipo de inspecciones, pruebas y/o mediciones a ser realizadas en los distintos Elementos del actual Sistema de Distribución de Alta Tensión con el respectivo intervalo de ejecución de las mismas.

T A B L A 2 . 1 1

INTERVALOS MINIMOS PARA LAS INSPECCIONES, PRUEBAS Y MEDICIONES DE LOS DISTINTOS ELEMENTOS DEL ACTUAL SISTEMA DE DISTRIBUCION ELECTRICA DE ALTA TENSION

INTERVALO	INSPECCIONES VISUALES Y/O PRUEBAS
Diario	<ol style="list-style-type: none"> 1. Corriente de Carga y Voltaje de los distintos Transformadores. 2. Temperatura Máxima del Aceite de los Transformadores. 3. Lecturas de operación del Disyuntor al Vacío marca Westinghouse. 4. Determinación de ruidos inusuales.
Semanal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fugas de Aceite. 2. Lectura del nivel de aceite de los Transformadores.
Mensual	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inspección visual de los Bushings. 2. Inspección de todos los dispositivos de protección y alarma.
Anual	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pruebas de Aceite de todos los Transformadores y Cortacircuitos. 2. Inspección de las Puntas Terminales de los Cables de conexión e interconexión. 3. Limpieza de los Bushings. 4. Lubricación de los mecanismos de operación manual del Disyuntor Principal y de los Cortacircuitos.
Bianual	<ol style="list-style-type: none"> 1. Medición de la resistencia de aislamiento DC de los Transformadores y Cortacircuitos. 2. Medición de la resistencia de aislamiento DC de los Cables de Alta Tensión de conexión e interconexión.

En lo referente a la estandarización de las distintas pruebas y/o mediciones a que en el futuro serán sometidos los los diferentes Elementos del presente Sistema de Distribución de Alta Tensión, a continuación se adjuntan las Tablas 2.12, 2.13, 2.14, 2.15 y 2.16, que servirán de Tablas Modelos para la Tabulación de Datos de las correspondientes mediciones y pruebas indicadas a lo largo del presente Informe Técnico.

Por último, tomando en consideración que de las tres Curvas de Carga Máxima de los Transformadores 1, 2 y 3 graficados en los Anexos D, E y F respectivamente, solamente el Transformador 1 de 750 KVA. está sometido a plena carga casi en forma constante de 10H00 a 16H00, se recomienda cambiarle la Clase a este Transformador, de Autoenfriado a un Transformador de Ventilación Forsada, con lo cual, de acuerdo a su placa mostrada en el Anexo A, se incrementaría su Capacidad Nominal a 862 KVA.



TABLA 2.12

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DE LOS BUSHINGS

		POSTA INSULADA		TRANSFORMADOR	
		ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
Pac. Extra. 3 - 11 kV		250000	250000	250000	250000
AC. BUSHING 1	10 kV				
	15 kV				
	20 kV				
AC. BUSHING 2	10 kV				
	15 kV				
	20 kV				
AC. BUSHING 3	10 kV				
	15 kV				
	20 kV				

TABLA 2.13

PRUEBAS DEL ACEITE DE LOS DISPOSITIVOS
DE MANIOBRA Y PROTECCION

DISPOSITIVO 1		DISPOSITIVO 2		DISPOSITIVO 3	
Pruebas de Funcionamiento	Pruebas de Resistencia	Pruebas de Funcionamiento	Pruebas de Resistencia	Pruebas de Funcionamiento	Pruebas de Resistencia
1	2	1	2	1	2
3	4	3	4	3	4
5	6	5	6	5	6
Pruebas de Funcionamiento y Resistencia		Pruebas de Funcionamiento y Resistencia		Pruebas de Funcionamiento y Resistencia	
Pruebas de Resistencia		Pruebas de Resistencia		Pruebas de Resistencia	
DISPOSITIVO 7		DISPOSITIVO 8		DISPOSITIVO 9	
Pruebas de Funcionamiento	Pruebas de Resistencia	Pruebas de Funcionamiento	Pruebas de Resistencia	Pruebas de Funcionamiento	Pruebas de Resistencia
1	2	1	2	1	2
3	4	3	4	3	4
5	6	5	6	5	6
Pruebas de Funcionamiento y Resistencia		Pruebas de Funcionamiento y Resistencia		Pruebas de Funcionamiento y Resistencia	
Pruebas de Resistencia		Pruebas de Resistencia		Pruebas de Resistencia	
DISPOSITIVO 10		DISPOSITIVO 11		DISPOSITIVO 12	
Pruebas de Funcionamiento	Pruebas de Resistencia	Pruebas de Funcionamiento	Pruebas de Resistencia	Pruebas de Funcionamiento	Pruebas de Resistencia
1	2	1	2	1	2
3	4	3	4	3	4
5	6	5	6	5	6
Pruebas de Funcionamiento y Resistencia		Pruebas de Funcionamiento y Resistencia		Pruebas de Funcionamiento y Resistencia	
Pruebas de Resistencia		Pruebas de Resistencia		Pruebas de Resistencia	



TABLA 2.14
MEDICION DE LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DE LOS CONDUCTORES

INFORMACION DE LOS CABLES			
Calibre	: AWG 2	Voltaje Max. Nom.:	15.0KV
Tipo de Conductor:	Individual-TW	Voltaje Operacion:	13.2KV
INFORMACION DE LA PRUEBA			
Temp. Ambiente	: 25 Grados C	Marca del Megger	: Fiddle
Temp. de Ajuste	: 20 Grados C	Voltaje de Prueba:	2500VDC
PUENTES DE INTERCONEXION			
FASE	A	B	C
30" 1" 10" L.F.			
ACOMETIDA 1			
30" 1" 10" L.F.			
ACOMETIDA 2			
30" 1" 10" L.F.			
ACOMETIDA 3			
30" 1" 10" L.F.			
CABLE DE CONEXION ENTRE SECCIONADORES			
30" 1" 10" L.F.			

TABLA 2.15

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DEL TRANSFORMADOR

DATOS DEL TRANSFORMADOR				
Capacidad:		No. de Serie:		
2000 KVA		123456789		
DATOS DE PRUEBA				
Medida de prueba	Temp. ambiente	Temp. aceite	Temp. bobinado	Resistencia
Prueba de resistencia	25°C	35°C	45°C	1000 MΩ
Prueba de resistencia	25°C	35°C	45°C	1000 MΩ
Prueba de resistencia	25°C	35°C	45°C	1000 MΩ
Prueba de resistencia	25°C	35°C	45°C	1000 MΩ
Prueba de resistencia	25°C	35°C	45°C	1000 MΩ
Prueba de resistencia	25°C	35°C	45°C	1000 MΩ
Prueba de resistencia	25°C	35°C	45°C	1000 MΩ
Prueba de resistencia	25°C	35°C	45°C	1000 MΩ
Prueba de resistencia	25°C	35°C	45°C	1000 MΩ
Prueba de resistencia	25°C	35°C	45°C	1000 MΩ

GENERAL ELECTRIC

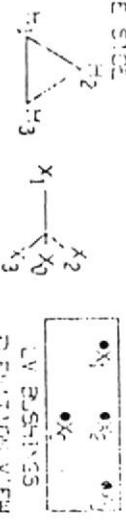
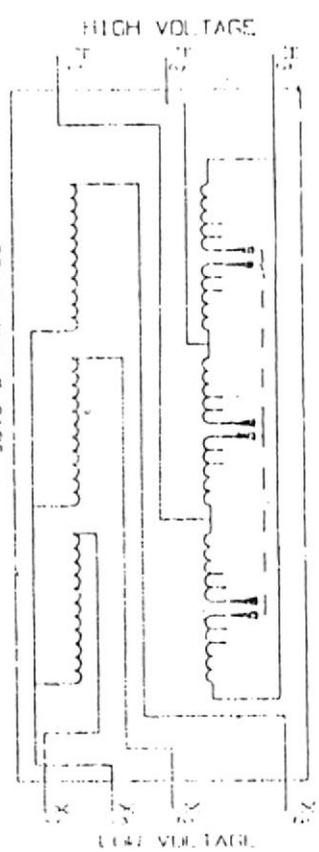
TRANSFORMER

NC L 243203 CLASS OA THREE-PHASE 50-5072

VOLTAGE RATINGS 13200 - 208Y/120
 KVA RATING 750 CONTINUOUS 55 C RISE SELF COOLED
 KVA RATING 662 CONTINUOUS 55 C RISE FUTURE FORCED AIR ALL WINDINGS ALUMINUM

HIGH VOLTAGE CONNECTION	AMP 750 KVA	TAP CHANGER POSITION
13550	51.2	1
13530	32.0	2
13200	32.8	3
12870	33.6	4
12540	34.5	5

LOW VOLTAGE CONNECTION	AMP 750 KVA
208Y/120	2083



LIQUID LEVEL BELOW TOP SURFACE OF HIGHEST POINT OF HANDHOLE FLANGE AT 25 C IS 17.00 INCHES.
 LIQUID LEVEL CHANGES .01 INCH PER 1 C CHANGE IN LIQUID TEMPERATURE.
 MAXIMUM OPERATING PRESSURES OF LIQUID PRESERVATION SYSTEM 5 POUNDS POSITIVE TO 5 POUNDS NEGATIVE.
 TANK SUITABLE FOR 5 POUNDS VACUUM FILLING.
 MAXIMUM OPERATING PRESSURE OF LIQUID PRESERVATION SYSTEM 5 POUNDS POSITIVE TO 5 POUNDS NEGATIVE.
 MAXIMUM OPERATING PRESSURE OF LIQUID PRESERVATION SYSTEM 5 POUNDS POSITIVE TO 5 POUNDS NEGATIVE.
 MAXIMUM OPERATING PRESSURE OF LIQUID PRESERVATION SYSTEM 5 POUNDS POSITIVE TO 5 POUNDS NEGATIVE.

CAUTION: BEFORE INSTALLING OR OPERATING READ INSTRUCTIONS
 GEK 5678

ROME, GEORGIA

MADE IN U.S.A.

GENERAL ELECTRIC

TRANSFORMER

NO. **L 243204**

CLASS OA

THREE-PHASE

60 HERTZ

VOLTAGE RATING 13200 - 450

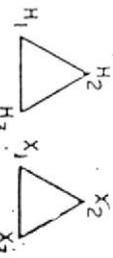
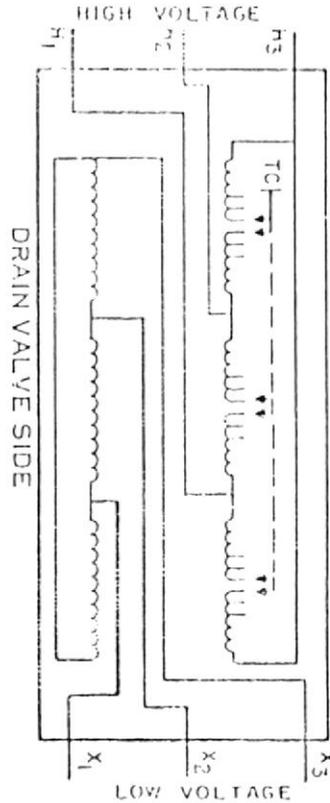
KVA RATING 1500 CONTINUOUS 65 C RISE SELF COOLED

KVA RATING 1725 CONTINUOUS 65 C RISE FUTURE FORCED AIR

ALL WINDINGS ALUMINUM

HIGH VOLTAGE CONNECTION		TAP
VOLTS	AMP 1500 KVA	CHANGER POSITION
13660	52.5	1
13530	54.0	2
13200	55.6	3
12870	57.3	4
12540	59.1	5

LOW VOLTAGE CONNECTION	
VOLTS	AMP 1500 KVA
480	1805



APPROX. WEIGHTS IN POUNDS
 TOTAL 7020
 TANKING 3250
 TANK AND FITTINGS 2400
 OIL 1370

LIQUID LEVEL BELOW TOP SURFACE OF HIGHEST POINT OF HANDHOLE FLANGE AT 25 C IS 12.50 INCHES.
 LIQUID LEVEL CHANGES .40 INCH PER 10 C CHANGE IN LIQUID TEMPERATURE.
 MAXIMUM OPERATING PRESSURES OF LIQUID PRESERVATION SYSTEM 5 POUNDS POSITIVE TO 5 POUNDS NEGATIVE.
 TANK SUITABLE FOR 5 POUNDS VACUUM FILLING.
 IMPEDANCE VOLTS **5.42** PER CENT AT RATED VOLTS AT 1500 KVA

CAUTION! BEFORE INSTALLING OR OPERATING READ INSTRUCTIONS

NP231R3165

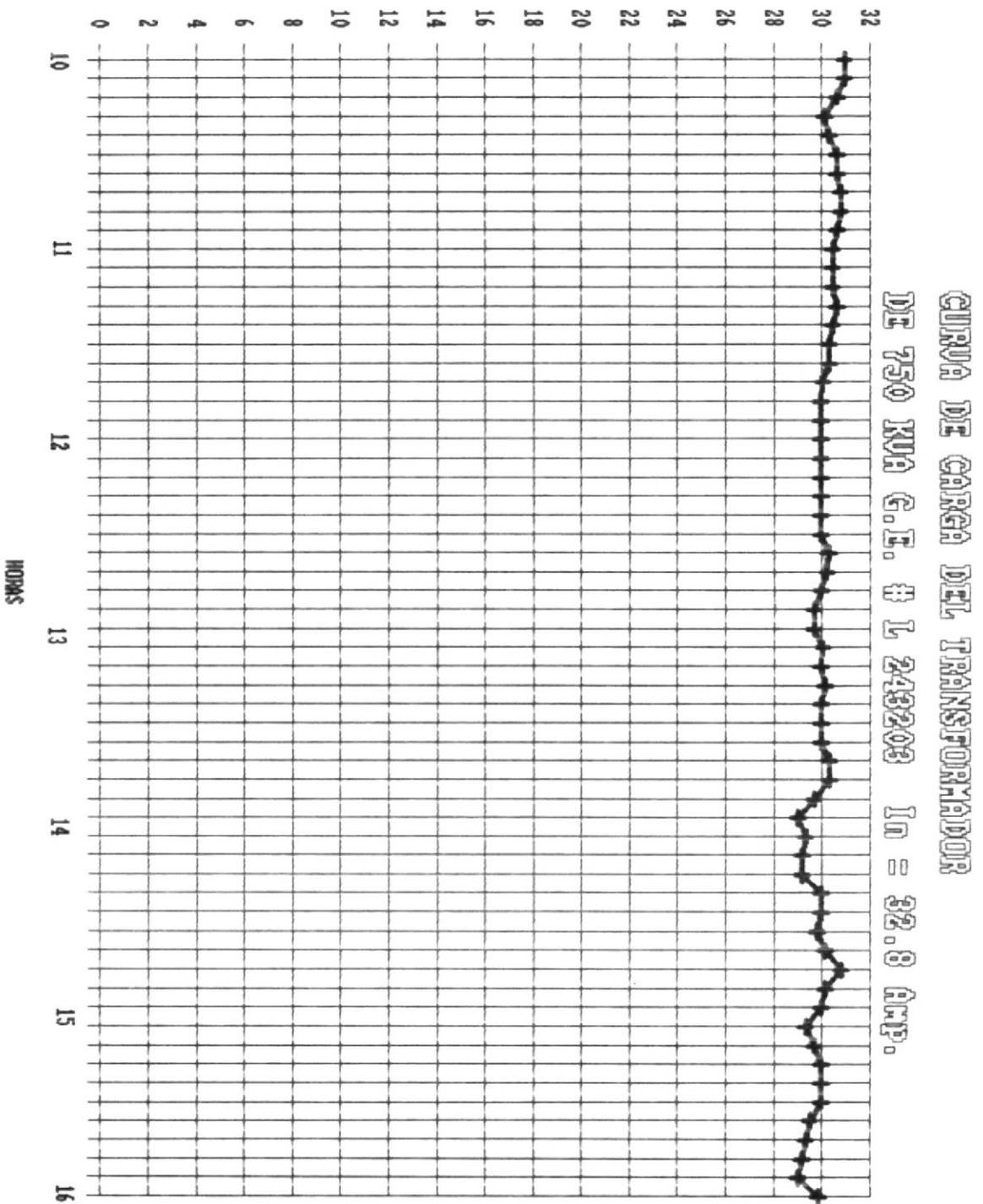
ANEXO B

ROME, GEORGIA

MADE IN U.S.A.

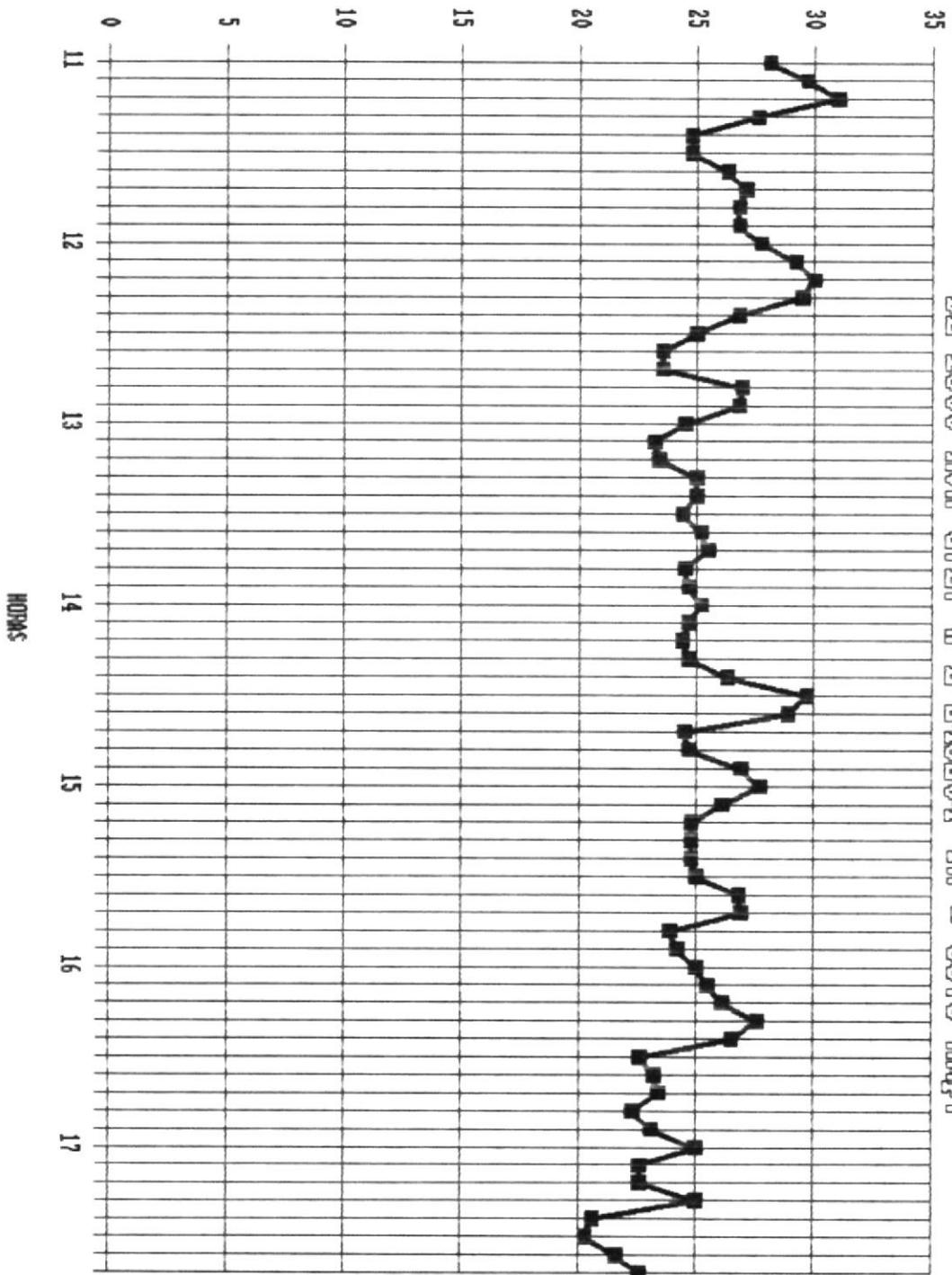
ANEXO D

AMPERIOS DEL LADO DEL PRIMARIO



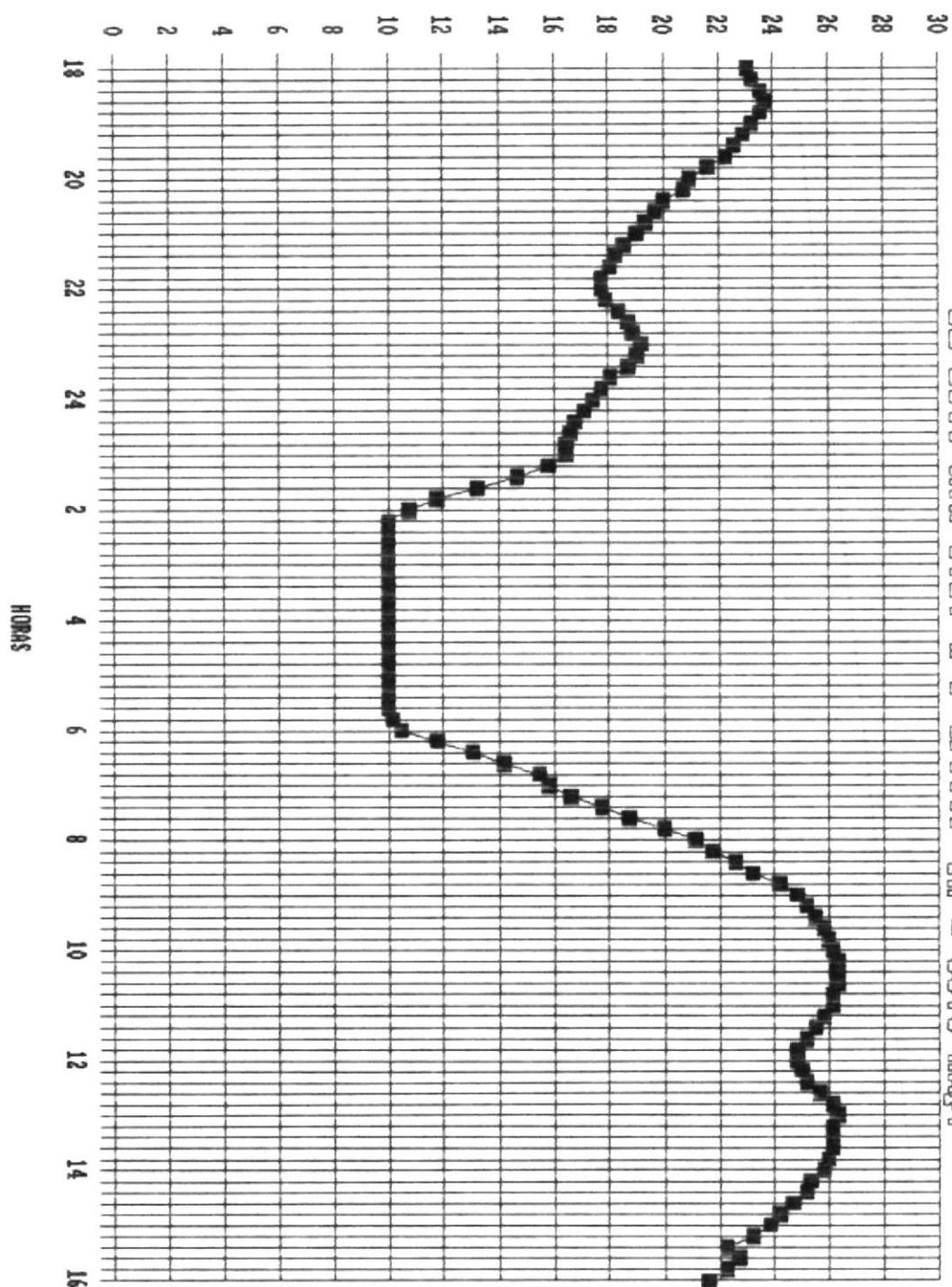
ANEXO E

AMPERIOS DEL LADO DEL PRIMARIO



ANEXO F

AMPERIOS DEL LADO DEL PRIMARIO



BIBLIOGRAFIA

S. D. MYERS, J. J. KELLY, R. H. PARRISH, A Guide To Transformer Maintenance, TRANSFORMER MAINTENANCE INSTITUTE, S. D. MYERS INC., 1981.

Circuit Breakers, Switchgears, Relays, Substations and Fuses C 37, I. E. E. E., 1987

INECEL, Manual de Mantenimiento de Transformadores, Reguladores y Reactores. CENTRO NACIONAL DE FORMACION ELECTRICA, CENAFE, 1987.

GILBERTO ENRIQUEZ HARPER, Curso de Transformadores y Motores Trifásicos de Inducción, EDITORIAL LIMUSA, 1979



A.F. 142265