



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Pruebas de campo del banco de autotransformadores de la Subestación Policentro-Guayaquil de 138/69/Kv. Previás a su puesta en servicio

Informe Técnico

**Previo a la obtención del Título de:
INGENIERO EN ELECTRICIDAD
Especialización: POTENCIA**

**Presentado por:
VICTOR VACCARO INIGA**

**Año Lectivo 1990 - 1991
Guayaquil Ecuador**

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Armando Altamirano Ch.
Supervisor del Informe y Técnico,
por su ayuda y colaboración
para la realización de este trabajo.



ING. JORGE FLORES MACIAS
Sub-Decano de la Facultad
de Ingeniería en Electricidad



ING. ARMANDO ALTAMIRANO CH.
Profesor Supervisor del
Informe Técnico



ING. GUSTAVO BERMUDEZ FLORES
Miembro Principal

DECLARACION EXPRESA

"LA RESPONSABILIDAD POR LOS HECHOS, IDEAS Y DOCTRINAS EXPUESTOS EN ESTE INFORME TECNICO, LE CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE, Y, EL PATRIMONIO INTELECTUAL DEL MISMO, A LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL)



VICTOR VACCARO I.

RESUMEN

El presente trabajo proporciona un detalle de las pruebas de campo más usadas para determinar las condiciones de operación de un transformador de potencia de alto voltaje.

Para este caso, las pruebas se realizan en el Banco de Autotransformadores 138/69/13.6 kv de la Subestación Policentro del Sistema Nacional Interconectado (S.N.I.)

Las pruebas que se llevan a cabo son: Resistencia de bobinas, relación de transformación, resistencia de aislamiento y factor de potencia. En cada una de ellas se muestran esquemáticamente las conexiones y resultados obtenidos.

Se tuvo especial cuidado de realizar las pruebas en días claros, soleados y con humedades relativas menores del 75%. Considerando que las pruebas se desarrollan a diferentes temperaturas de equipo y/o del ambiente, es necesario corregir todos los valores medidos a las temperaturas bases, a través de los diferentes factores de corrección que para cada prueba y equipo existe.

Para las pruebas de factor de potencia se utilizó un equipo que en definitiva mide el factor de pérdidas (Tangente Delta), que para ángulos pequeños es aproximadamente igual al Factor de Potencia.

Se incluye en el apéndice, una prueba que no es de campo, pero que debe realizarse en el Laboratorio para determinar las características Físico-Químicas del aceite aislante.

En la parte correspondiente de conclusiones y recomendaciones, se incluyen los valores mínimos o máximos permitidos en cada una de las pruebas para la correcta operación del equipo, comparándolos con los valores obtenidos en las mismas.

INDICE GENERAL

RESUMEN

INDICE GENERAL

INTRODUCCION

I. DATOS NOMINALES

II. MEDICION DE LA RESISTENCIA DE BOBINAS

2.1 CONEXIONES

2.2 EQUIPO UTILIZADO Y RESULTADOS

III. MEDICION DE LA RELACION DE TRANSFORMACION

3.1 CONEXIONES

3.2 EQUIPOS UTILIZADO Y RESULTADOS

IV. MEDICION DE LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

4.1 CONEXIONES

4.2 EQUIPO UTILIZADO Y RESULTADOS

V. MEDICION DEL FACTOR DE POTENCIA

5.1 FACTOR DE POTENCIA DE LOS BOBINADOR

5.1.1 CONEXIONES Y RESULTADOS

5.2 FACTOR DE POTENCIA DE LOS BUSHINGS

5.2.1 CONEXIONES Y RESULTADOS

VI. PRUEBAS ELECTRICAS DEL ACEITE AISLANTE

6.1 MEDICION DE LA RIGIDEZ DIELECTRICA

6.2 MEDICION DEL FACTOR DE POTENCIA

FIGURAS No. 1-13

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

APENDICE: ANALISIS QUIMICO DEL ACEITE

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

A partir del 25 de julio de 1990, el Sistema Nacional Interconectado (S.N.I.) incorpora a su Red de 138Kv, en la zona norte de Guayaquil, la subestación Policentro con niveles de tensión de 138/69/13,8Kv, la cual es alimentada desde la subestación Pascoales a través de dos circuitos de 138 kv, 15 KMS de longitud, con estructuras tipo poste en su gran mayoría.

La Subestación Policentro cuenta con un Banco Trifásico de 3 Autotransformadores "Ansaldo" de fabricación italiana con una capacidad total de 150 MVA. La entrega de energía a la Empresa Eléctrica se la realiza a través de cuatro alimentados de 69 Kv, que servirán para mejorar la confiabilidad del servicio, así como también el incremento futuro de la ciudad de Guayaquil.

Previo a la puesta en servicio de la subestación, fue necesario realizar inspecciones y pruebas, que determinen la calidad del montaje y de los equipos, para de esta manera asegurarnos la correcta operación del mismo.

Las pruebas eléctricas del equipo primario de patio, objeto de este informe técnico, se desarrollaron entre los meses de abril a julio de 1990. Pruebas que se realizan bajo la supervisión de tres delegados: un delegado del Sistema Nacional de Transmisión, un delegado por el Contratista y un delegado por la Dirección de Operación del S.N. I. La participación del suscrito en las pruebas fue como delegado de la DOSNI.

1. DATOS NOMINALES

Considerando que se debe tener un pleno conocimiento de las características eléctricas operativas del equipo bajo prueba así como también de las condiciones límites de operación del mismo, se detalla en este capítulo, los datos nominales de placa de los autotransformadores de la S/E POLICENTRO.

En las figuras 1 y 2, se muestra el conexionado general del Banco Trifásico, y la ubicación de las bobinas y el desarrollo de las conexiones internas para los diferentes TAPS, sea de Vacío o de carga.

Auto transformador monofásico

Marca: Ansaldo

Fabricado en Italia (1987)

Autotransformador No. 308305/*

Normas Ansi C. 57.12.00-1980

Enfriamiento OA/FA/FA

Frecuencia 60 Hz

Temperatura Ambiente 40°C

- Potencia Nominal (MVA)

A 55°C	30/30/10	A Régimen OA
	40/40/13.33	A Régimen FA
	50/50/16.66	A Régimen FA

A 65°C	33.6/33.6/11.2	A Régimen OA
	44.8/44.8/14.93	A Régimen FA
	56/56/16.66	A Régimen FA

- Tensión Nominal (V)

Primario	138000/√3	2x2.5%
Secundario	69000/√3	16x0.625%
Terciario	13800	

- Corriente Nominal (A)

	0A	FA	FA
Primario	376.5	502	627.5
Secundario	753	1004.1	1255.1
Terciario	724.6	966.1	1207.7

-DEVANADO PRIMARIO HI-H0.X0

TAP EN VACIO		TENSION (V)	CORRIENTE (A) 85°C		
POS	CONEXION		0A	FA	FA
A	2	131100/ $\sqrt{3}$	396.3	528.5	660.6
B	3	134550/ $\sqrt{3}$	386.2	514.9	643.6
C	4	138000/ $\sqrt{3}$	376.5	502.0	627.5
D	5	141500/ $\sqrt{3}$	367.5	489.8	612.2
E	6	144900/ $\sqrt{3}$	358.6	476.1	597.6

* 1: FASE A

2: FASE B

3: FASE C

-DEVANADO SEGUNDARIO HI-HO X0

TAP BAJO CARGA			TENSION (V)	CORRIENTE (A) 55°C		
POS	CONEXION			OA	FA	FA
1	7-2	7	62100//3	836.7	1115.6	1394.6
2		8	62531//3	830.9	1107.9	1384.9
3		9	62963//3	825.3	1100.4	1375.5
4		10	63394//3	819.6	1092.9	1366.1
5		11	63825//3	814.1	1085.5	1356.9
6		12	64256//3	808.6	1078.2	1347.7
7		13	64688//3	803.3	1071.0	1338.8
8		14	65119//3	797.9	1063.9	1329.9
9		15	65550//3	792.7	1056.9	1321.2
10		16	65981//3	787.5	1050.0	1312.5
11		17	66413//3	782.4	1043.2	1304.0
12		18	66844//3	777.4	1036.5	1295.6
13		19	67275//3	772.2	1029.8	1287.3
14		20	67706//3	767.5	1023.3	1279.1
15		21	68138//3	762.6	1016.8	1271.0
16		22	68569//3	757.8	1010.4	1263.0
17		7	69000//3	753.0	1004.1	1255.1
18		8	69413//3	748.4	997.8	1247.3
19		9	69863//3	743.8	991.7	1239.6
20		10	70294//3	739.2	985.6	1232.0
21		11	70725//3	734.7	979.6	1224.5
22		12	71156//3	730.3	973.7	1217.1
23		13	71588//3	725.8	967.8	1209.7
24		14	72019//3	721.5	962.0	1202.5
25		15	72450//3	717.2	956.3	1195.3
26		16	72881//3	712.9	950.3	1188.3
27		17	73313//3	708.8	945.0	1181.3
28		18	73744//3	704.6	939.5	1174.4
29		19	74175//3	700.5	934.0	1167.5
30		20	74606//3	696.5	928.6	1160.8
31		21	75038//3	692.5	923.3	1154.1
32		22	75469//3	688.5	918.0	1147.5
33		23	75900//3	684.6	912.8	1141.0

- DEVANADO TERCARIO V1-V2

TENSION 13800 V

CORRIENTE 55°C

REGIMEN OA: 724.6 A

REGIMEN FA: 966.1 A

REGIMEN FA: 1207.7 A

-TRANSFORMADORES DE CORRIENTE (ANSI C57.13)

SIGLA	RELACION	CARGA
TC 1	1000/5 A	C 400
TC 2	1000/5 A	0.3 - B4
TC 3	600/5 A	1.2 - B1
TC 4	2000/5 A	C 400
TC 5	2000/5 A	0.3 - B4
TC 6	1500/5 A	0.3 - B1
TC 7	1200/5 A	C - 400
TC 8	1200/5 A	1.2 - B1
TC 9	600/5 A	1.2 - B1
TC 10	600/5 A	C - 200

TC 1-2

RELACION	BORNES
100/5	X2-X3
200/5	X1-X2
300/5	X1-X3
400/5	X4-X5
500/5	X3-X4
600/5	X2-X4
800/5	X1-X4
900/5	X3-X5
1000/5	X2-X5
1200/5	X1-X5

- PESO S

TOTAL 59500 Kg

ACEITE 18300 Kg

- ACEITE SEGUN NORMAS IEC 296 CL II

II MEDICION DE LA RESISTENCIA DE BOBINADOS

La medida de la resistencia de las bobinas del banco de autotransformadores se la realiza en tiempo soleado, teniendo especial cuidado de que los terminales de prueba del equipo sean conectados a la parte fija de los terminales de los Bushings, para de esta manera evitar introducir en la medición valores adicionales por resistencias en contacto.

2.1 Conexiones

Las conexiones entre el equipo de medición y el autotransformador se detallan a continuación en la Figura 3.

Es necesario indicar que en los autotransformadores se desconectan todos los terminales de los Bushings para efectos de la prueba.

2.2 Equipos Utilizado y Resultados

Equipo Utilizado: Low-Resistance Ohmmeter

Marca: BIDDLE

Número: 6366

RESULTADOS: Los valores medidos de la resistencia de las bobinas en los diferentes autotransformadores se realizaron a diferentes temperaturas, razón está por lo que fue necesario corregir dicho valor a 75°C.

El factor de corrección (K75) es determinado de la siguiente relación:

$$K75 = 309.5 / 234.5 + T_d$$

DONDE T_d = Temperatura del devanado

De esta manera el valor corregido a 75°C queda determinado por la siguiente relación:

$$R75 = R_M \times K75$$

DONDE R_M = Resistencia Medida

Los resultados obtenidos se encuentran en las tablas I, II y III.

En la tabla IV se presenta un cuadro comparativo de porcentajes de diferencia entre los valores medidos en el sitio con los valores medidos en fábrica (RF). En estos valores, el fabricante no suministra en los reportes de prueba los valores de la resistencia entre H1-H0 para los Taps B y D.

TABLA I

TAP POS.LTC	Td °C	RM(OHM)			R75(OHM)		
		H1-H0	X1-X0	Y1-Y2	H1-H0	X1-X0	Y1-Y2
A-17	34	0.106			0.122		
B-17	34	0.110			0.127		
C-17	34	0.114			0.131		
D-17	34	0.119			0.137		
E-17	34	0.127			0.146		
A-1	34		0.061			0.070	
A-17	34		0.072			0.083	
A-33	34		0.079			0.091	
B-1	34		0.061			0.070	
B-17	34		0.072			0.083	
B-33	34		0.077			0.089	
C-1	34		0.061			0.070	
C-17	34		0.071			0.082	
C-33	34		0.077			0.089	
D-1	34		0.062			0.071	
D-17	34		0.071			0.082	
D-33	34		0.079			0.091	
E-1	34		0.062			0.071	
E-17	34		0.070			0.081	
D-33	34		0.080			0.092	
	34			0.0132			0.0152

RESISTENCIA DE BOBINAS
AUTOTRANSFORMADOR FASE A
No. 308305/1

TABLA II

TAP POS.LTC	Td °C	RM (OHM)			R75(OHM)		
		H1-H0	X1-X0	Y1-Y2	H1-H0	X1-X0	Y1-Y2
A-17	32	0.108			0.125		
B-17	32	0.112			0.130		
C-17	32	0.112			0.130		
D-17	32	0.120			0.139		
E-17	32	0.128			0.149		
A-1	32		0.060			0.070	
A-17	32		0.070			0.081	
A-33	32		0.075			0.087	
B-1	32		0.061			0.071	
B-17	32		0.070			0.081	
B-33	32		0.075			0.087	
C-1	32		0.061			0.071	
C-17	32		0.069			0.080	
C-33	32		0.076			0.088	
D-1	32		0.061			0.071	
D-17	32		0.070			0.081	
D-33	32		0.075			0.087	
E-1	32		0.061			0.071	
E-17	32		0.069			0.080	
E-33	32		0.075			0.087	
	32			0.0133			0.0154

RESISTENCIA DE BOBINAS
AUTOTRANSFORMADOR FASE B
No: 308305/2

TABLA III

TAP POS.LTC	Td °C	RM (OHM)			R75(OHM)		
		H1-H0	X1-X0	Y1-Y2	H1-H0	X1-X0	Y1-Y2
A-17	31	0.107			0.125		
B-17	31	0.110			0.128		
C-17	31	0.116			0.135		
D-17	31	0.120			0.140		
E-17	31	0.127			0.148		
A-1	31		0.062			0.072	
A-17	31		0.071			0.082	
A-33	31		0.077			0.090	
B-1	31		0.062			0.072	
B-17	31		0.070			0.082	
B-33	31		0.076			0.088	
C-1	31		0.062			0.072	
C-17	31		0.069			0.080	
C-33	31		0.076			0.088	
D-1	31		0.062			0.072	
D-17	31		0.070			0.082	
D-33	31		0.075			0.087	
E-1	31		0.060			0.070	
E-17	31		0.070			0.082	
E-33	31		0.075			0.087	
	31			0.0132			0.0154

RESISTENCIA DE BOBINAS
AUTOTRANSFORMADOR FASE C
No. 308305/3

TABLA IV

FASE	BOBINA	TAP	RF-55°C OHM	RF-75°C OHM	R75 OHM	% DIF
A	H1-H0	A	0.1181	0.1262	0.1220	3.3
		C	0.1252	0.1338	0.1310	2.1
		E	0.1404	0.1501	0.1460	2.7
	X1-X0	1	0.06706	0.07169	0.07050	1.6
		17	0.07543	0.08064	0.08250	2.3
		33	0.08229	0.08797	0.09000	2.3
B	Y1-Y2		0.01426	0.01507	0.01520	0.9
	H1-H0	A	0.1181	0.1262	0.1250	0.9
		C	0.1249	0.1335	0.1300	2.6
		E	0.1408	0.1505	0.1490	1.0
	X1-X0	1	0.06699	0.07162	0.07100	0.9
		17	0.07561	0.08083	0.08050	0.4
		33	0.08263	0.08834	0.08750	0.9
	Y1-Y2		0.01442	0.01524	0.01540	-1.0
C	H1-H0	A	0.1154	0.1234	0.12500	-1.3
		C	0.1232	0.1317	0.13500	-2.5
		E	0.1380	0.1475	0.14800	-0.3
	X1-X0	1	0.06548	0.07000	0.07200	-2.8
		17	0.07356	0.07864	0.08200	-4.3
		33	0.08061	0.08618	0.08750	-1.5
	Y1-Y2		0.01390	0.01469	0.01540	-4.8

PORCENTAJE DE DIFERENCIA ENTRE LA MEDICION DE LA RESISTENCIA DE BOBINAS REALIZADA EN EL CAMPO CON LA REALIZADA EN FABRICA

RF: MEDICION REALIZADA EN FABRICA

III MEDICION DE LA RELACION DE TRANSFORMACION

Para medir la relación de transformación del Banco de Autotransformadores de la S/E Policentro se usa un método de comparación, para de esta manera eliminar la caída de tensión originada en el devanado excitado por la circulación de corriente. A pesar de haberse realizado estas pruebas en la fábrica con participación de personal de INECEL, es necesario realizarlas en el campo para determinar si en el transporte se produjeron cortocircuitos entre espiras o si se han desconectado termal en los cambiadores de Taps, sean estos en Vacío o en carga.

Se realiza esta medición, con la finalidad en primer lugar, de comparar con los valores enviados por el fabricante, y en segundo lugar, para completar la información, ya que el fabricante no suministra estos valores para las diferentes combinaciones posibles de los Taps, tanto de Vacío como de carga. Valores que serán de mucha importancia, para en un futuro poder determinar, usando estos registros y en lo posible el mismo equipo, probables cortos circuitos entre espiras o fallas internas en los acoples de las bobinas o Taps.

3.1 Conexiones

Las conexiones entre el equipo de medición y el autotransformador se detallan en la Figura 4. Además, tal como en la prueba anterior, los autotransformadores se encuentran totalmente desconectados.

3.2 Equipos utilizados y resultados

Equipo Utilizado: Turn Transformer ratio
 Marca Biddle
 Numero 6147

RESULTADOS: Los resultados obtenidos para las diferentes fases del Banco de Autotransformadores se encuentran en las tablas V, VI y VII.

La Tabla VIII muestra un cuadro comparativo de los valores de relación $H1-H0/X1-X0$, medidos en fábrica y medidos en campo, con los valores teóricos. Para efectos de esta tabla solo se ha

considerado la variación del LTC para la posición del TAP A, ya que esta es la información que suministra el fabricante.

De igual manera, la tabla IX, muestra la relación $H/H_0/x_1/x_0$ variando el TAP en vacío, y permaneciendo constante la posición del LTC en 1. Se comparó además la relación $H/H_0/V_1-V_2$, sólo para TAP A, por no disponer del resto de información. *

TABLA V

RELACION H1-H0/X1-X0

TAP LTC	A	B	C	D	E
1	2.105	2.163	2.213	2.266	2.321
2	2.087	2.143	2.196	2.250	2.304
3	2.073	2.127	2.180	2.234	2.287
4	2.066	2.120	2.173	2.226	2.278
5	2.051	2.106	2.158	2.210	2.262
6	2.037	2.089	2.143	2.193	2.247
7	2.023	2.075	2.128	2.179	2.231
8	2.009	2.061	2.113	2.164	2.216
9	1.995	2.047	2.018	2.150	2.201
10	1.981	2.033	2.083	2.135	2.185
11	1.967	2.020	2.069	2.121	2.170
12	1.955	2.006	2.056	2.107	2.156
13	1.941	1.991	2.042	2.092	2.142
14	1.929	1.978	2.028	2.078	2.128
15	1.922	1.972	2.022	2.071	2.121
16	1.910	1.959	2.009	2.058	2.107
17	1.896	1.946	1.995	2.044	2.092
18	1.884	1.934	1.982	2.030	2.078
19	1.871	1.921	1.969	2.018	2.065
20	1.866	1.915	1.963	2.012	2.059
21	1.854	1.903	1.950	1.997	2.046
22	1.843	1.890	1.938	1.985	2.033
23	1.831	1.878	1.926	1.973	2.020
24	1.820	1.867	1.914	1.960	2.008
25	1.809	1.855	1.903	1.948	1.994
26	1.797	1.844	1.889	1.937	1.982
27	1.785	1.832	1.878	1.924	1.970
28	1.774	1.821	1.867	1.913	1.958
29	1.763	1.810	1.855	1.901	1.946
30	1.753	1.798	1.844	1.888	1.934
31	1.748	1.792	1.838	1.883	1.929
32	1.737	1.781	1.828	1.872	1.917
33	1.727	1.771	1.817	1.861	1.906

RELACION H1-H0/Y1-Y2

17	5.492	5.615	5.755	5.895	6.039
----	-------	-------	-------	-------	-------

RELACION DE TRANSFORMACION

AUTOTRANSFORMADOR FASE A

Nº. 308305/1

TABLA VI

RELACION H1-H0/X1-X0

TAP					
LTC	A	B	C	D	E
1	2.103	2.157	2.212	2.265	2.320
2	2.087	2.142	2.195	2.249	2.304
3	2.072	2.127	2.180	2.234	2.286
4	2.065	2.119	2.171	2.226	2.278
5	2.050	2.105	2.157	2.211	2.262
6	2.037	2.088	2.141	2.193	2.247
7	2.023	2.074	2.126	2.179	2.231
8	2.009	2.060	2.112	2.164	2.216
9	1.993	2.046	2.098	2.149	2.201
10	1.980	2.032	2.082	2.135	2.185
11	1.967	2.018	2.069	2.120	2.170
12	1.954	2.005	2.055	2.106	2.156
13	1.941	1.990	2.041	2.090	2.142
14	1.928	1.977	2.027	2.077	2.127
15	1.922	1.971	2.021	2.070	2.121
16	1.910	1.959	2.008	2.057	2.106
17	1.895	1.945	1.994	2.044	2.091
18	1.883	1.932	1.980	2.030	2.077
19	1.871	1.920	1.967	2.017	2.064
20	1.865	1.914	1.961	2.011	2.058
21	1.854	1.900	1.950	1.997	2.045
22	1.841	1.888	1.936	1.984	2.032
23	1.830	1.876	1.925	1.972	2.020
24	1.819	1.865	1.913	1.960	2.007
25	1.808	1.854	1.901	1.947	1.993
26	1.795	1.843	1.888	1.935	1.980
27	1.783	1.831	1.876	1.924	1.969
28	1.773	1.820	1.865	1.913	1.957
29	1.763	1.809	1.854	1.900	1.945
30	1.752	1.797	1.843	1.887	1.934
31	1.747	1.791	1.837	1.883	1.928
32	1.736	1.780	1.826	1.870	1.916
33	1.726	1.770	1.816	1.860	1.905

RELACION H1-H0/Y1-Y2

17	5.470	5.612	5.752	5.892	6.035
----	-------	-------	-------	-------	-------

RELACION DE TRANSFORMACION

AUTOTRANSFORMADOR FASE B

Nº. 30830512

TABLA VII

RELACION HI-H0/X1-X0

TAP						
LTC	A	B	C	D	E	
1	2.104	2.158	2.212	2.266	2.320	
2	2.087	2.143	2.195	2.250	2.304	
3	2.073	2.127	2.180	2.234	2.286	
4	2.066	2.119	2.172	2.226	2.278	
5	2.052	2.105	2.157	2.211	2.263	
6	2.037	2.089	2.142	2.193	2.247	
7	2.024	2.075	2.128	2.179	2.232	
8	2.009	2.061	2.112	2.164	2.215	
9	1.995	2.047	2.097	2.149	2.201	
10	1.981	2.033	2.083	2.134	2.185	
11	1.968	2.020	2.069	2.120	2.171	
12	1.955	2.005	2.055	2.106	2.156	
13	1.942	1.990	2.042	2.090	2.142	
14	1.929	1.978	2.028	2.077	2.127	
15	1.922	1.971	2.021	2.070	2.121	
16	1.910	1.959	2.008	2.057	2.107	
17	1.895	1.946	1.993	2.043	2.091	
18	1.884	1.933	1.880	2.030	2.078	
19	1.871	1.921	1.968	2.017	2.065	
20	1.866	1.915	1.962	2.011	2.059	
21	1.955	1.903	1.950	1.997	2.045	
22	1.842	1.869	1.938	1.984	2.032	
23	1.832	1.977	1.925	1.972	2.020	
24	1.820	1.966	1.913	1.960	2.008	
25	1.809	1.855	1.902	1.947	1.993	
26	1.797	1.844	1.889	1.935	1.981	
27	1.785	1.832	1.878	1.924	1.970	
28	1.774	1.820	1.866	1.912	1.958	
29	1.763	1.810	1.855	1.901	1.946	
30	1.753	1.796	1.845	1.887	1.934	
31	1.747	1.792	1.838	1.882	1.928	
32	1.737	1.782	1.827	1.871	1.914	
33	1.727	1.770	1.816	1.860	1.915	

RELACION HI-H0/Y1-Y2

17	5.472	5.613	5.753	5.893	6.035
----	-------	-------	-------	-------	-------

RELACION DE TRANSFORMACION
AUTOTRANSFORMADOR FASE C
No. 308305/3

TABLA VIII

TAP A	TEORICA	RELACION $H1-H0/X1-X0$					
		MEDIDA - 8A		MEDIDA - 8B		MEDIDA - 8C	
LTC		FABRICA	CAMPO	FABRICA	CAMPO	FABRICA	CAMPO
1	2.111	2.108	2.105	2.108	2.103	2.108	2.104
2	2.097	2.093	2.087	2.093	2.087	2.093	2.087
3	2.082	2.078	2.073	2.078	2.072	2.078	2.073
4	2.068	2.071	2.066	2.071	2.065	2.071	2.066
5	2.054	2.056	2.051	2.056	2.050	2.056	2.052
6	2.040	2.042	2.037	2.042	2.037	2.042	2.037
7	2.027	2.027	2.023	2.027	2.023	2.028	2.024
8	2.013	2.013	2.009	2.013	2.009	2.013	2.009
9	2.000	1.999	1.995	1.999	1.993	2.000	1.995
10	1.987	1.987	1.981	1.987	1.980	1.988	1.981
11	1.974	1.972	1.967	1.972	1.967	1.975	1.968
12	1.961	1.960	1.955	1.960	1.954	1.960	1.955
13	1.949	1.947	1.941	1.947	1.941	1.948	1.942
14	1.936	1.934	1.929	1.934	1.928	1.932	1.929
15	1.924	1.928	1.922	1.928	1.922	1.926	1.922
16	1.912	1.915	1.910	1.915	1.910	1.913	1.910
17	1.900	1.902	1.896	1.902	1.895	1.901	1.895
18	1.888	1.891	1.884	1.891	1.883	1.891	1.884
19	1.877	1.880	1.871	1.880	1.871	1.880	1.871
20	1.865	1.874	1.866	1.874	1.865	1.874	1.866
21	1.854	1.861	1.854	1.861	1.854	1.861	1.855
22	1.842	1.850	1.843	1.850	1.841	1.850	1.842
23	1.831	1.839	1.831	1.839	1.830	1.839	1.832
24	1.820	1.826	1.820	1.826	1.819	1.826	1.820
25	1.810	1.814	1.809	1.814	1.808	1.814	1.809
26	1.799	1.803	1.797	1.803	1.795	1.803	1.797
27	1.788	1.793	1.785	1.793	1.783	1.793	1.785
28	1.778	1.782	1.774	1.782	1.773	1.782	1.774
29	1.767	1.771	1.763	1.771	1.763	1.771	1.763
30	1.757	1.760	1.753	1.760	1.752	1.760	1.753
31	1.747	1.755	1.748	1.755	1.747	1.755	1.747
32	1.737	1.744	1.737	1.744	1.738	1.744	1.737
33	1.727	1.733	1.727	1.733	1.726	1.733	1.727

RELACION DE TRANSFORMACION

BANCO DE AUTOTRANSFORMADORES S/E POLICENTRO

TABLA IX

RELACION		H 1 - H 0 / X 1 - X 0					X1-H0 Y1-Y2
TAP/(LTC=1)		A	B	C	D	E	A
TEORICA		2.111	2.167	2.222	2.278	2.333	5.485
Ø	FABRICA	2.108	2.162	2.217	2.271	2.326	5.493
A	CAMPO	2.105	2.163	2.213	2.266	2.321	5.472
Ø	FABRICA	2.108	2.163	2.217	2.271	2.326	5.493
A	CAMPO	2.103	2.157	2.212	2.265	2.320	5.470
Ø	FABRICA	2.108	2.162	2.216	2.270	2.325	5.491
A	CAMPO	2.104	2.158	2.212	2.266	2.320	5.472

RELACION DE TRANSFORMACION
BANCO DE AUTOTRANSFORMADORES S/E POLICENTRO

IV. MEDICION DE LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

La medida de la resistencia de aislamiento del Banco de Autotransformadores como prueba relativa para determinar las condiciones del aislamiento, se desarrollan siguiendo los siguientes pasos preliminares:

- a) Se desconectan todos los terminales de los Bushings.
- b) Se comprueba que el tanque este solidamente puesto a tierra.
- c) Se colocan puentes entre los siguientes Bushings HI-XI-HOYO y V_1-V_2 .
- d) Se limpia estrictamente la porcelana de los Bushings.
- e) Se efectuan las pruebas con tiempo soleado y con humedades relativas menores al 75%.

Las pruebas de resistencia de aislamiento se efectuaron con un nivel de tensión de 5000 voltios, tratando en lo posible de realizarlas bajo las mismas condiciones ambientales.

Para comparar apropiadamente las mediciones realizadas, ya que fueron realizadas a diferentes temperaturas de aislamientos, fue necesario corregir estos valores a la temperatura base de 40°C como no se conto con la curva de corrección de temperatura para este equipo, se utilizaron los factores de corrección aproximados que se indican en la figura 7. Los factores de corrección (K 40) para las diferentes temperaturas son los siguientes:

$$32^{\circ}\text{C} \cdot K_{40} = 0.55$$

$$34^{\circ}\text{C} \cdot K_{40} = 0.65$$

$$35^{\circ}\text{C} \cdot K_{40} = 0.70$$

4.1 Conexiones

Con el fin de cubrir los formularios impuestos por la fiscalización se desarrollan 3 tipos de pruebas en cada uno de los Autotransformadores. Estas pruebas,

El cuadro que se describe a continuación, son las 1,3 y Las conexiones de las mismas se detallan en las figuras 5 y 6. Considerando la figura 5, se definirá las resistencias de aislamiento equivalente como sigue:

RHY : Resistencia equivalente entre los devanados de alta y baja tensión.

RH : Resistencia equivalente entre el devanado de alta y tierra.

RY : Resistencia equivalente entre el devanado de baja y tierra.

En el Megger las siglas G, L y T corresponden a:

G: Guarda

L: Línea

T: Tierra

RESULTADOS: Los valores de resistencia de aislamiento medidos y corregidos constan en las tablas X, XI y XII, para las diferentes fases del Banco de Autotransformadores. Se completa las tablas con el cálculo de los correspondientes índices de absorción (I.A.) e índice de Polarización (I.P.)

Para todas las pruebas se utilizó las posiciones centrales del TAP y del LTC, esto es C y 17.

TABLA X
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO (Mohm)

PRUEBA	1		3		4	
VOLTAJE	5000 v		5000 v		5000 v	
L	AT		BT		AT	
G	BT		AT		----	
T	TANQUE		TANQUE		BT + TANQUE	
ACEITE	34°C		32°C		32°C	
MINUTOS	LECTURA	K40	LECTURA	K40	LECTURA	K40
1/2	5000	1950	5750	3162	2500	1375
1	4000	2600	9500	5225	3750	2062
2	4500	2925	15000	8250	5000	2750
3	5000	3250	17500	9625	5650	3108
4	5300	3445	20500	11275	6000	3300
5	5500	3575	22500	12375	6400	3520
6	5950	3866	23750	13062	6500	3575
7	6000	3900	25000	13750	6750	3712
8	6250	4062	26250	14438	6900	3795
9	6350	4128	27500	15125	7000	3850
10	6500	4225	28750	15812	7150	3932
I.A	1.33		1.65		1.50	
I.P	1.63		3.03		1.91	

AUTOTRANSFORMADOR FASE A
Nº. 308305/1
HUMEDAD DEL AMBIENTE 38%

TABLA XI
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO (Mohm)

PRUEBA	1		3		4	
VOLTAJE	5000 v		5000 v		5000 v	
	L	AT	BT		AT	
	G	BT	AT		----	
	T	TANQUE	TANQUE		BT + TANQUE	
ACEITE	34°C		34°C		34°C	
MINUTOS	LECTURA	K40	LECTURA	K40	LECTURA	K40
1/2	5000	3250	7500	4875	2250	1462
1	6000	3900	11500	7475	3500	2275
2	7400	4810	20000	13000	5100	3315
3	8500	5525	25000	16250	6000	3900
4	8750	5688	28500	18525	6406	4160
5	9000	5850	30500	19825	6750	4388
6	9250	6012	32250	20962	7150	4648
7	9500	6175	34000	22100	7500	4875
8	9650	6272	34500	22425	7850	5102
9	9750	6330	35000	22750	8100	5265
10	9800	6370	35500	23075	8500	5525
I.A.	1.2		1.53		1.56	
I.P.	1.63		3.09		2.43	

AUTOTRANSFORMADOR FASE B
No. 308305/2
HUMEDAD DEL AMBIENTE 46%

TABLA XII
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO (Mohm)

PRUEBA	1		3		4	
VOLTAJE	5000 v		5000 v		5000 v	
	L	AT	BT		AT	
	G	BT	AT		----	
	T	TANQUE	TANQUE *		BT + TANQUE	
ACEITE	35°C		35°C		35°C	
MINUTOS	LECTURA	K40	LECTURA	K40	LECTURA	K40
1/2	3750	2625	8500	5950	2250	1575
1	4600	3220	14500	10150	4000	2800
2	5750	4025	22500	15750	5000	3500
3	6250	4375	26000	18200	5750	4025
4	6750	4725	28500	19950	6500	4550
5	7250	5075	29500	20650	7000	4900
6	7500	5250	31000	21700	7250	5075
7	8000	5600	31500	22050	7450	5215
8	8250	5775	31500	22050	7500	5250
9	8450	5915	31500	22050	7550	5285
10	8600	6020	31500	22050	8000	5600
I.A	1.23		1.70		1.78	
I.P	1.67		2.17		2.0	

AUTOTRANSFORMADOR FASE C
No. 308305/2
HUMEDAD DEL AMBIENTE 51%

V MEDICION DEL FACTOR DE POTENCIA

Para determinar las condiciones iniciales del aislamiento de los autotransformadores se realiza la medida del factor de pérdidas de los mismos, ya que para ángulos pequeños, este factor es aproximadamente igual al factor de potencia del aislamiento.

Antes del inicio de cada prueba, se toman las siguientes precauciones:

- a) Se comprueba que todos los terminales de los Bushings estén desconectados.
- b) Se verifica que el tanque este solidamente punto a tierra.
- c) Se cortocircuitan los siguientes Bushings: H1-X1-H0X0 y Y_1-Y_2 .
- d) Se limpia estrictamente la porcelana de los Bushings.
- e) Se realizan las pruebas con tiempo soleado y con humedades relativas menores al 75%.
- f) Se comprueba la correcta conexión a las derivaciones capacitivas de los bushings.

Se realiza pruebas de factor de potencia a las bobinas y a lo Bushings

Se utiliza el siguiente equipo de medición:

- Puente para medición de capacitancia y factor de disipación.
- Marca Multi-AMP
- Modelo CB100
- No 810130

5.1 Factor de Potencia de los bobinados

Aprovechando la bondad del equipo, a más de determinarse el factor de potencia, se midió también el valor de la capacitancia involucrada en los diferentes esquemas de conexiones.

Como en los casos anteriores, y para mantener comparaciones

acertadas sobre las medidas realizadas del factor de potencia de un mismo equipo, a diferentes temperaturas, fue necesario corregir los mismos a la temperatura de referencia de 20°C.

Para todas las pruebas se usaron las posiciones centrales de los Taps en vacío y carga.

5.1.1 Conexiones y resultados

Considerando la figura B, se definirá las capacitancias equivalentes como sigue:

CHL Capacitancia equivalente entre los devanados de alta y baja.

CHG Capacitancia equivalente entre el devanado de alta y tierra.

CLG Capacitancia equivalente entre el devanado de baja y tierra.

Para las diferentes pruebas, el equipo de medición permite realizar las conexiones internamente, manteniéndose invariables las conexiones exteriores. Las figuras 9, 10 y 11 muestran esquemáticamente estos arreglos para 3 pruebas básicas.

La tabla XIII muestra los valores medidos de capacitancia y factor de potencia de los bobinados, así como también los valores corregidos a 20°C. Los factores de corrección (K20), fueron determinados a partir de los valores suministrados por el fabricante, los cuales constan en la tabla XIV.

TABLA XIII
CAPACITANCIA Y FACTOR DE POTENCIA DE LOS DEYANADOS

FASE	CONEX.	CAPACITANCIA			FACTOR DE POTENCIA			
		MULT.	LEC.	VALOR(pf)	RANGO	LECT.	VALOR *°C	VALOR(20°C)
A	CHL	500	55565	2778.2	0-1	2340	0.234	0.136
	CHG	500	65627	3281.3	0-1	2464	0.246	0.143
	CLG	500	74940	3747.0	0-1	2896	0.290	0.168
	CHL/CHG	0.001	59550	5955.0	0-1	2443	0.244	0.142
	CHL/CLG	0.001	65215	6521.5	0-1	2624	0.262	0.152
B	CHL	500	58670	2933.5	0-1	2468	0.247	0.138
	CHG	500	63610	3180.5	0-1	2324	0.232	0.130
	CLG	500	75366	3818.3	0-1	2806	0.281	0.157
	CHL/CHG	0.001	61110	6111.0	0-1	2396	0.240	0.134
	CHL/CLG	0.001	67472	6747.2	0-1	2632	0.263	0.147
C	CH	500	57290	2864.5	0-1	2348	0.235	0.141
	CHG	500	64273	3213.7	0-1	2320	0.232	0.139
	CLG	500	74468	3723.4	0-1	2720	0.272	0.163
	CHL/CHG	0.001	60744	6074.4	0-1	2360	0.236	0.142
	CHL/CLG	0.001	65825	6582.5	0-1	2516	0.252	0.151

2°C - 56% HR

3°C - 56% HR

1°C - 57% HR

TABLA XIV

°C	K20	°C	K20	°C	K20
0	1.56	20	1.00	40	0.42
1	1.54	21	0.96	42	0.38
2	1.52	22	0.91	44	0.36
3	1.50	23	0.87	46	0.33
4	1.46	24	0.83	48	0.30
5	1.46	25	0.79	50	0.28
6	1.45	26	0.76	52	0.26
7	1.44	27	0.73	54	0.23
8	1.43	28	0.70	56	0.21
9	1.41	29	0.67	58	0.19
10	1.38	30	0.63	60	0.17
11	1.35	31	0.60	62	0.16
12	1.31	32	0.58	66	0.14
13	1.27	33	0.56	70	0.12
14	1.24	34	0.53		
15	1.20	35	0.51		
16	1.16	36	0.49		
17	1.12	37	0.47		
18	1.08	38	0.45		
19	1.04	39	0.44		

FACTORES DE CORRECCION DE
TEMPERATURA PARA TRANSFORMADORES
TIPO CONSERVADOR

5.2.1 Conexiones y Resultados

La figura 12 muestra esquemáticamente las conexiones internas y externas del equipo de medición y Bushings para determinar las capacitancias C_1 y C_2 y su correspondiente factor de potencia.

Los valores medidos y corregidos se encuentran en la tabla XV. Los factores de corrección para las diferentes temperaturas se detallan en la tabla XVI. Los Bushings de los Autotransformadores son marca General Electric tipo U.

TABLA XV
CAPACITANCIA Y FACTOR DE POTENCIA DE LOS BUSHINGS.

FASE	BUSHING (KV)	CONEX.	CAPACITANCIA			FACTOR DE POTENCIA		
			MULT.	LEC.	VALOR(pf)	RANGO	LECT.	VALOR *°C VALOR(20°C)
A	138	C1	50	76762	383.8	0-1	2527	0.253
		C2	500	87652	4382.6	0-1	2285	0.229
	69	C1	50	67218	336.1	0-1	2285	0.229
		C2	500	88364	4418.2	0-1	2220	0.220
B	138	C1	50	76480	382.4	0-1	2525	0.253
		C2	500	88796	4439.8	0-1	2286	0.229
	69	C1	50	66473	332.4	0-1	2850	0.285
		C2	500	89680	4484.0	0-1	2243	0.224
C	138	C1	50	76550	382.8	0-1	2646	0.265
		C2	500	88693	4434.7	0-1	2260	0.226
	69	C1	50	67456	337.3	0-1	2840	0.284
		C2	500	89365	4468.3	0-1	2235	0.224

FASE A: 32°C - 56% HR
FASE B: 33°C - 58% HR
FASE C: 31°C - 57% HR

TABLA XVI

°C	K20	°C	K20	°C	K20
0	1.02	20	1.00	40	0.98
1	1.02	21	1.00	42	0.98
2	1.02	22	1.00	44	0.98
3	1.02	23	1.00	46	0.97
4	1.02	24	1.00	48	0.97
5	1.02	25	1.00	50	0.97
6	1.01	26	0.99	52	0.97
7	1.01	27	0.99	54	0.97
8	1.01	28	0.99	56	0.96
9	1.01	29	0.99	58	0.96
10	1.01	30	0.99	60	0.96
11	1.01	31	0.99		
12	1.01	32	0.99		
13	1.01	33	0.99		
14	1.01	34	0.99		
15	1.01	35	0.98		
16	1.00	36	0.98		
17	1.00	37	0.98		
18	1.00	38	0.98		
19	1.00	39	0.98		

FACTORES DE CORRECCION DE TEMPERATURA
 PARA DUSHINGS GENERAL ELECTRIC
 TIPO U

VI PRUEBAS ELECTRICAS DEL ACEITE AISLANTE

Para determinar electricamente la contaminación del aceite, se realiza la prueba de rigidez dielectrica.

Para determinar la calidad del aceite como fluido dielectrico, se realiza la prueba del factor de potencia. Esta prueba mas confiable que la anterior nos permite evaluar la calidad del aceite o cambios en las propiedades electricas del mismo.

TABLA XVII
RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE

FASE	MUESTRA	KV					MEDIA
		54	46	53	48	54	
A	No.1	54	46	53	48	54	51.0
	No.2	54	46	47	55	56	51.6
	No.3	46	54	53	55	54	52.4
B	No.1	46	44	50	52	53	49.0
	No.2	54	50	55	46	57	52.4
	No.3	46	57	51	55	57	53.2
C	No.1	46	54	53	55	55	52.6
	No.2	48	52	50	49	53	50.4
	No.3	50	52	53	54	57	53.2

FASE A: T. ACEITE = 28°C HR=50%

FASE B: T. ACEITE = 28°C HR= 48%

FASE C: T. ACEITE = 24°C HR= 52%

TABLA XVIII

FACTOR DE POTENCIA DEL ACEITE

FASE	MUESTRA	CAPACITANCIA		FACTOR DE POTENCIA			
		MULT.	LECT.	VALOR	ESCALA	LECT.	VALOR*°C
A	No.1	20	7025	14.5	0-1	0726	0.0726
	No.2	20	70276	14.5	0-1	0710	0.071
	No.3	20	70268	14.5	0-1	0780	0.078
B	No.1	20	7035	14.7	0-1	0710	0.0710
	No.2	20	70310	14.6	0-1	0751	0.0751
	No.3	20	70280	14.5	0-1	0680	0.0680
C	No.1	20	70474	140.9	0-1	0462	0.0462
	No.2	20	70363	140.7	0-1	0512	0.0512
	No.3	20	70390	140.8	0-1	0483	0.0483

* FASE A: T. ACEITE = 28°C

FASE B: T. ACEITE = 28°C

FASE C: T. ACEITE = 24°C

S/E: POLICENTRO: BANCO TRIFASICO DE AUTOTRANSFORMADORES 138/69/13.8 KV.

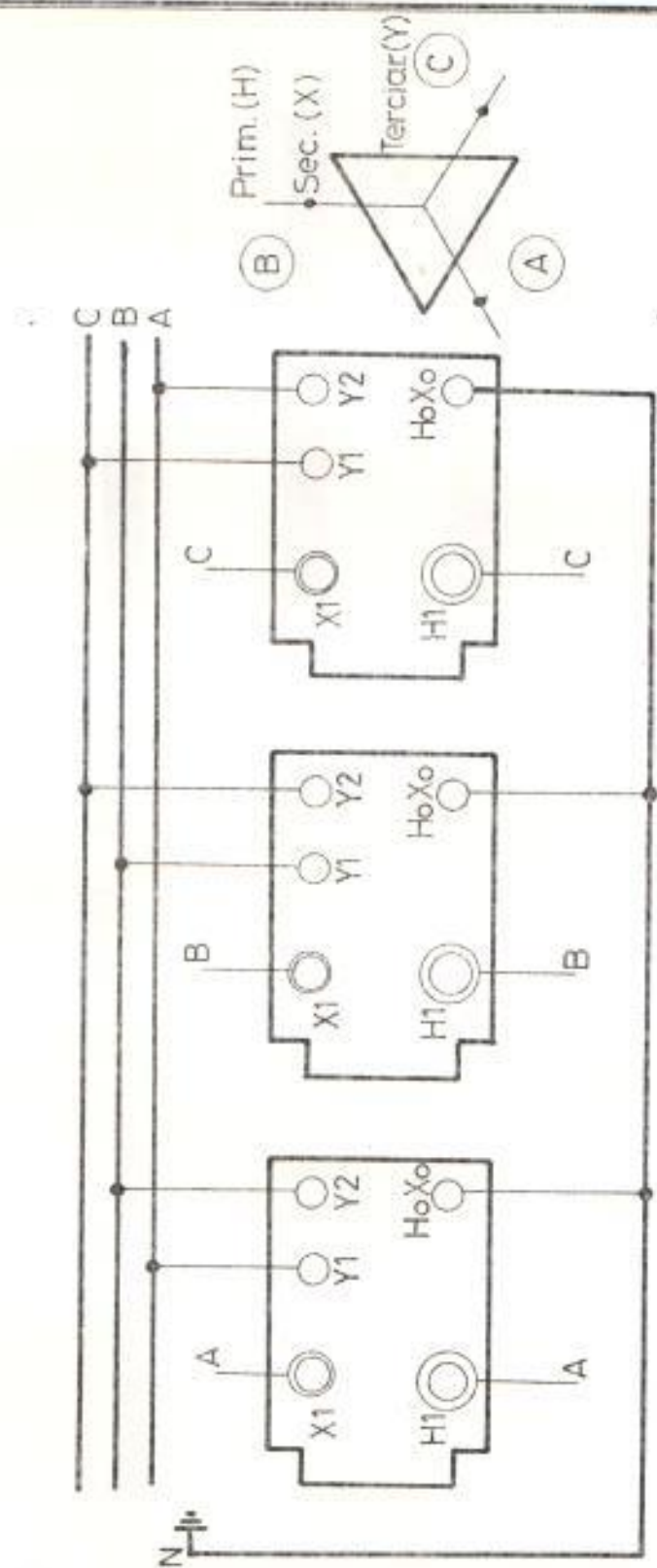


FIG. 1.- CONEXIONADO GENERAL DEL BANCO TRIFASICO

S/E POLICENTRO: AUTOTRANSFORMADOR MONOFASICO 138/69/13.8 KV

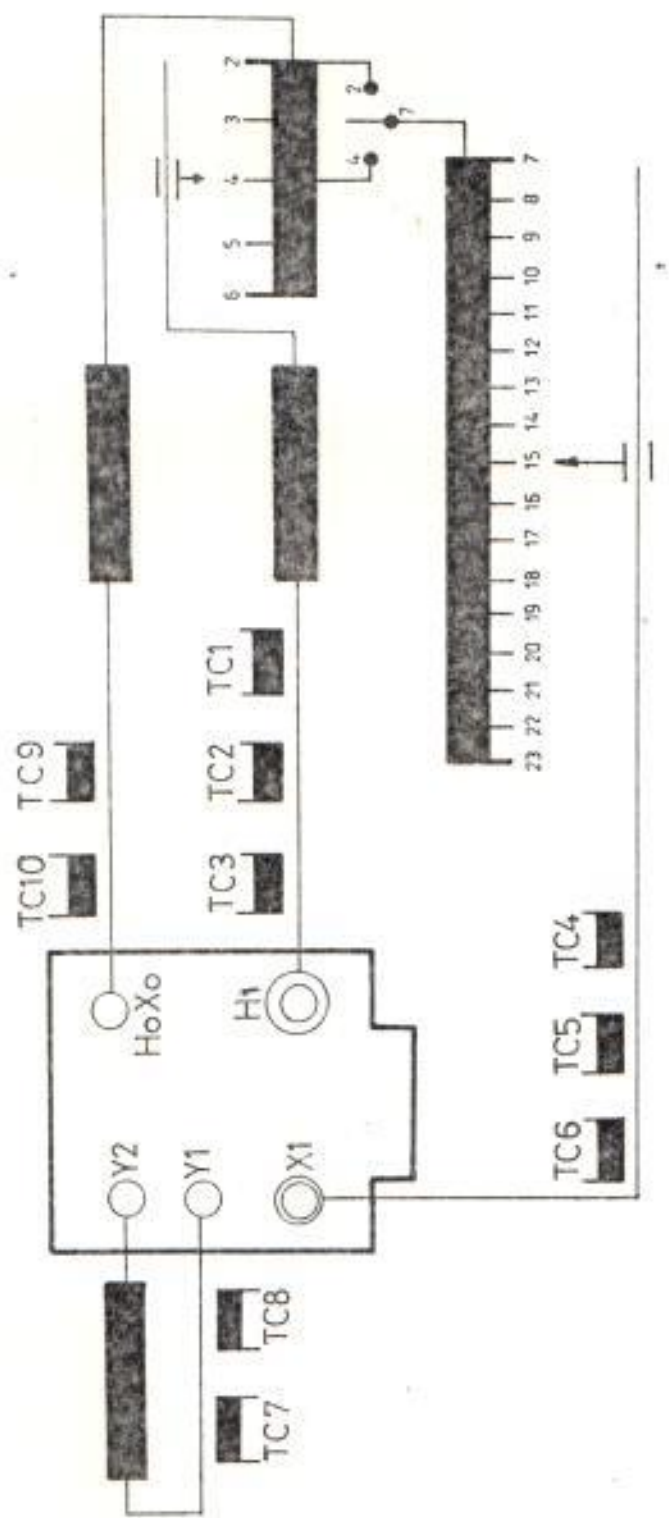


FIG. 2.- UBICACION DE BOBINAS Y TC'S.
DESARROLLO INTERNO DE CONEXIONES

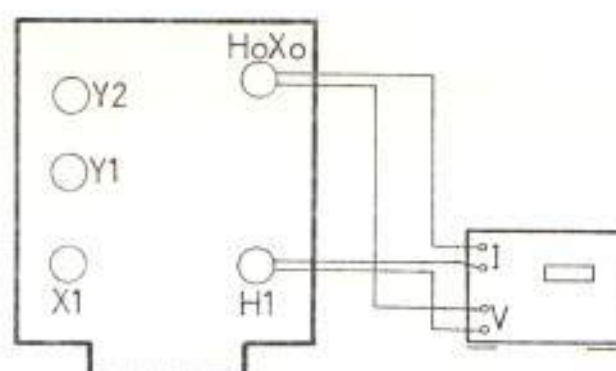


FIG.3.- MEDIDA DE LA RESISTENCIA DE BOBINA
BOBINA DE ALTA HI-HO

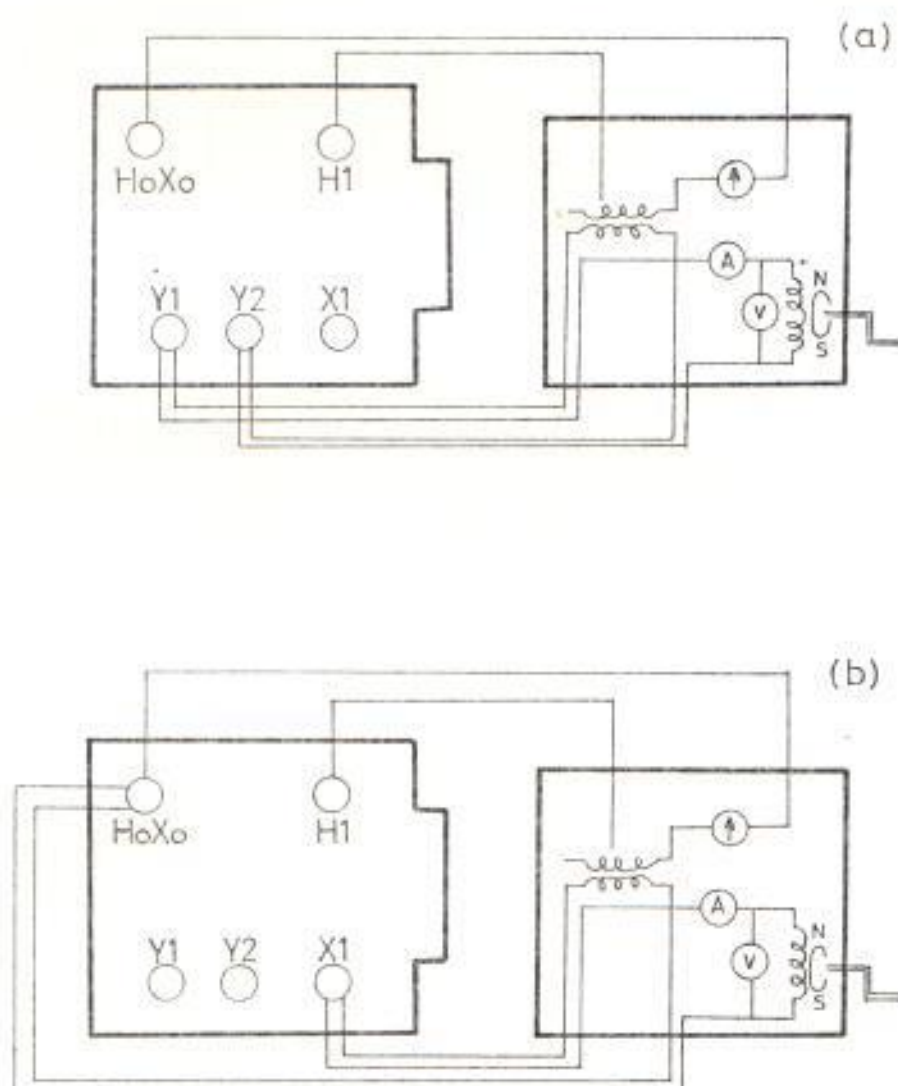
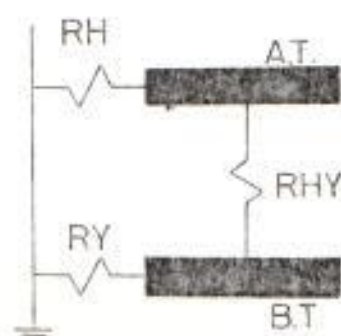


FIG.4.- MEDIDA DE LA RELACION DE TRANSFORMACION
 a: RELACION $H1H0/Y1Y2$
 b: RELACION $H1H0/X1X0$

PRUEBA	CONEXIONES			MIDE
	L	T	G	
1	AT	$\perp$	BT	RH
2	AT	BT	$\perp$	RHY
3	BT	$\perp$	AT	RY
4	AT	BT $\perp$	—	RH-RHY
5	BT	AT $\perp$	—	RY-RHY
6	AT-BT	$\perp$	—	RH-RY

(a)



(b)

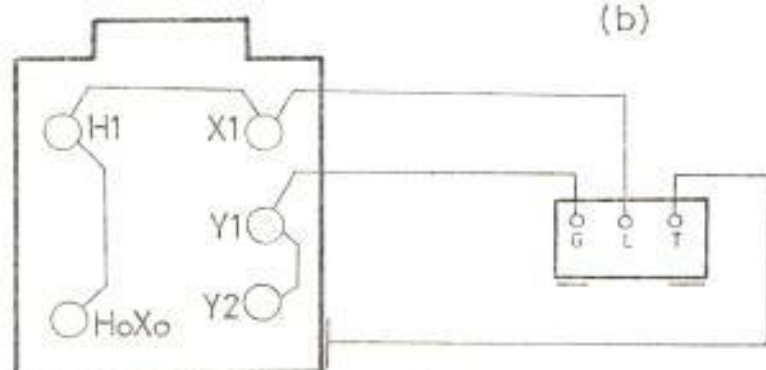


FIG.5.- RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

(a) CUADRO DE PRUEBAS Y RESISTENCIAS EQUIVALENTES

(b) PRUEBA N°1

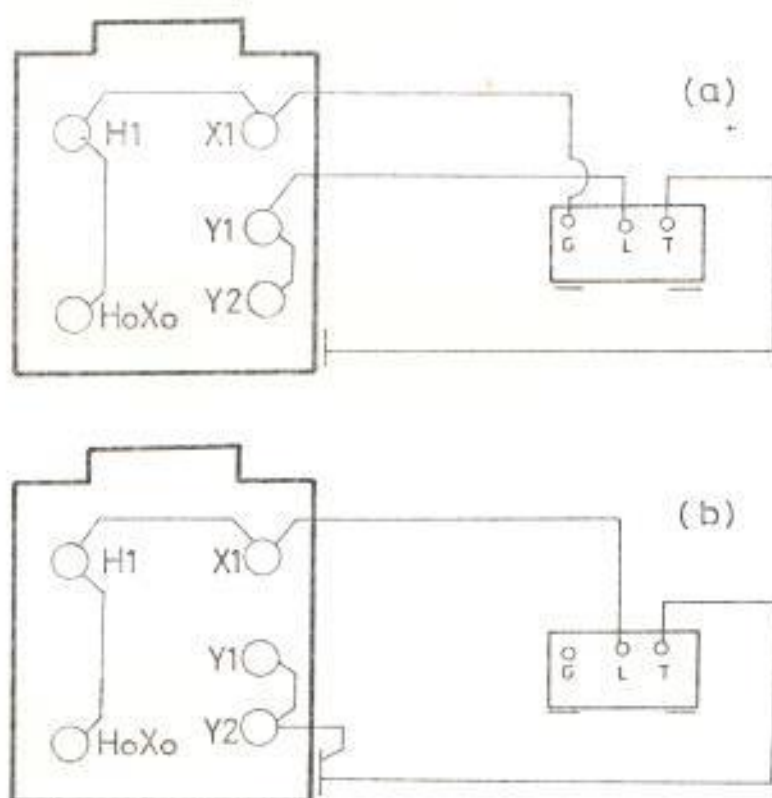


FIG.6.- MEDIDA DE LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

(a) PRUEBA Nº3

(b) PRUEBA Nº4

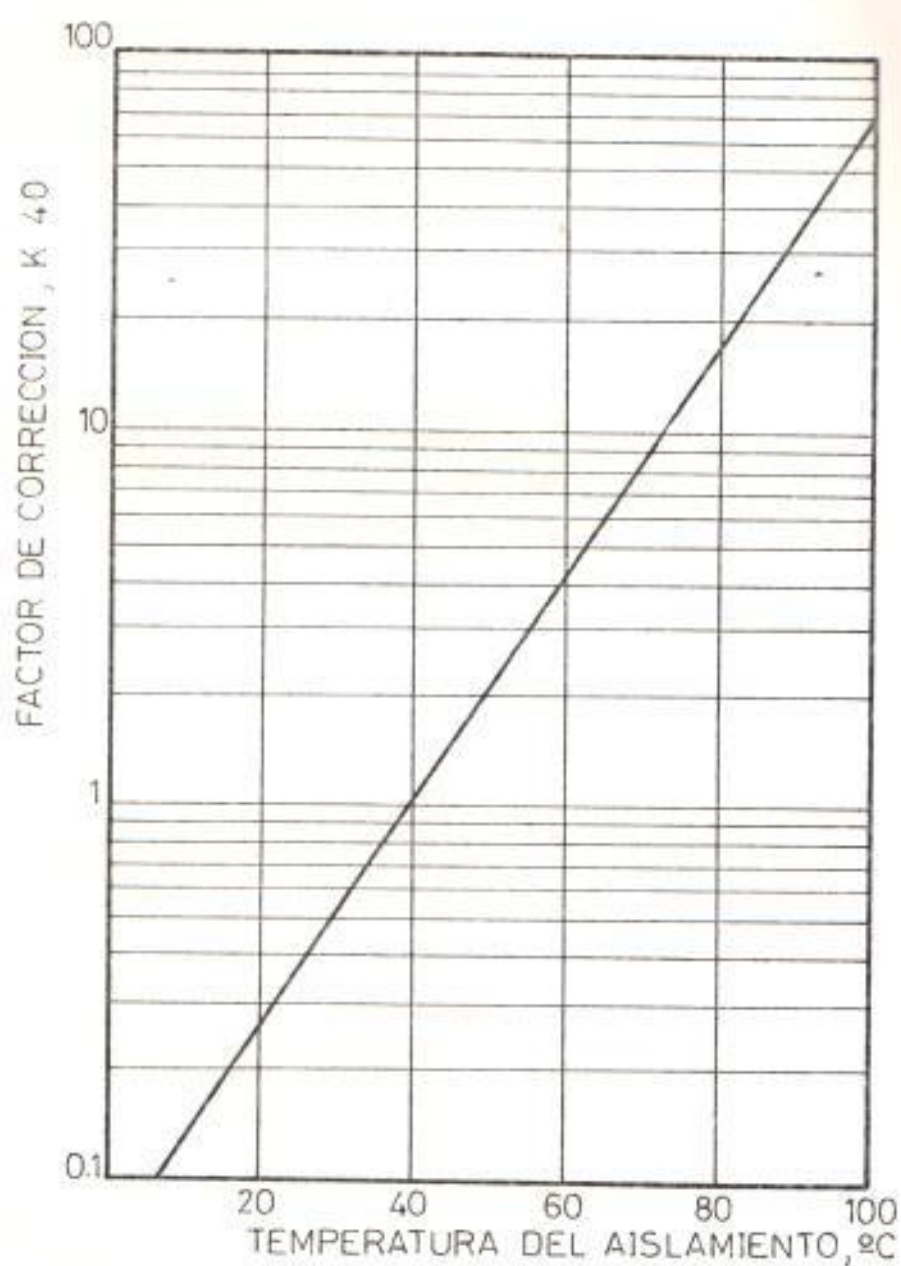


FIG.7.- FACTOR DE CORRECCION POR TEMPERATURA PARA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO EN TRANSFORMADORES CON ACEITE.

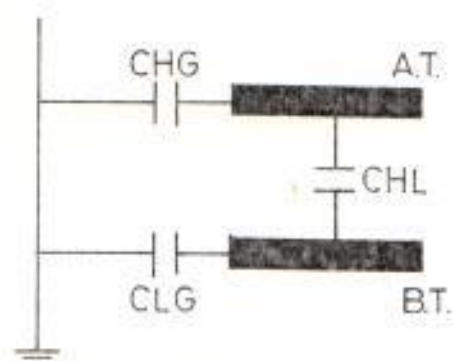


FIG.8.- CAPACITANCIAS EQUIVALENTES ENTRE LOS DEVANADOS Y TIERRA

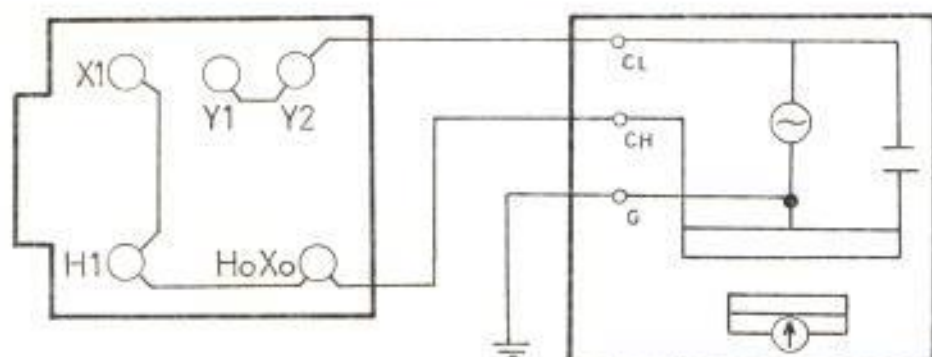


FIG.9.- MEDICION DE LA CAPACITANCIA (CHL), FACTOR DE POTENCIA ENTRE EL DEVANADO DE ALTA Y BAJA TENSION.

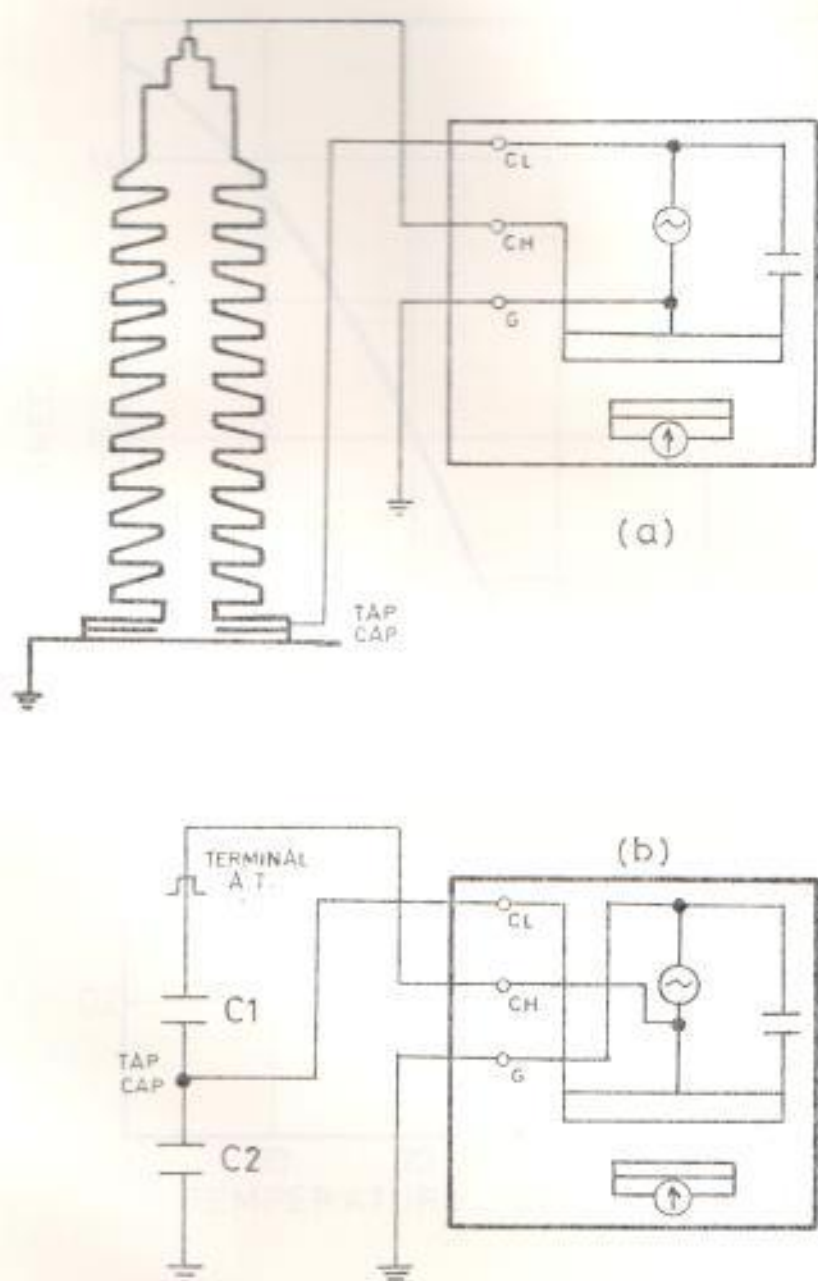


FIG.12.- FACTOR DE POTENCIA BUSHINGS 69 Y 138 KV
 (a) MEDICION DE C1
 (b) MEDICION DE C2

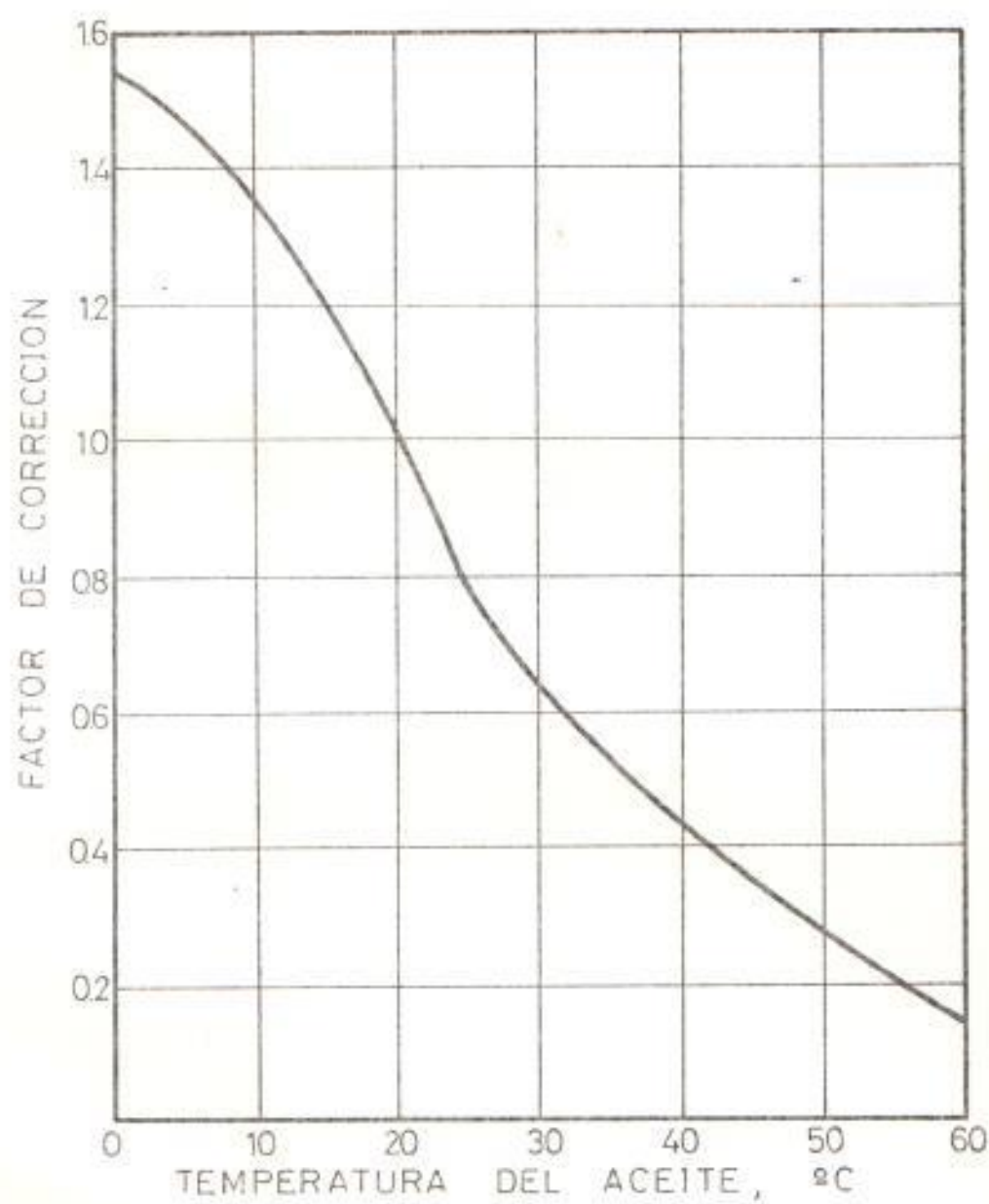


FIG.13.- FACTOR DE CORRECCION POR TEMPERATURA,
PARA PRUEBAS DE FACTOR DE POTENCIA DEL
ACEITE AISLANTE

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En general, las pruebas demostraron que los Autotransformadores estaban aptos para entrar en operación, ya que cumplieron con las condiciones mínimas permisibles que permitan una operación satisfactoria del equipo.

En la prueba de resistencia de bobinas, los valores medidos se encuentran más o menos enmarcados con los valores medidos en fábrica. Las diferencias presentadas que son del orden de los miliohmios, se deben a la precisión y sensibilidad del equipo de medición usado en el campo y el usado en fábrica.

En la medición de la Relación de transformación, se mantiene una diferencia más o menos pequeña con los valores medidos en fábrica, esto probablemente es debido a que la medición de la relación no se la realizó con un método comparativo, sino más bien directo, sin considerar el equipo de medición del cual se tiene información. Sin embargo, esta diferencia es casi nula, si se compara con los valores teóricos. Los valores medidos en las tres fases son iguales, lo que garantiza que mantienen igual número de vueltas.

Los valores de resistencia de aislamiento deben considerarse como relativos, ya que el único interés en esta prueba es comprobar que los valores se mantengan por arriba de los mínimos recomendados. El valor medido en fábrica, para alta contra baja-tierra es de 4000 Mohm, inferior al medido en el campo. Con relación a los índices de absorción y polarización se recomiendan los siguientes mínimos:

Índice de absorción 1.25

Índice de Polarización 2.00

Debe considerarse que los valores numéricos obtenidos no son suficientes para calificar el estado de un aislamiento, siendo de verdadera importancia la tendencia que se pueda observar de esos valores numéricos en el análisis de los datos que se obtengan en futuras pruebas periódicas. La tendencia persistente en la disminución de la resistencia de aislamiento, indica la inminencia de un problema serio, aun cuando los valores que se obtengan en la medición sean más altos que los mínimos recomendados.

ANÁLISIS QUÍMICO DEL ACEITE AISLANTE

El análisis químico del aceite fue realizado en el Laboratorio de la Central térmica Guangopolo, que es la que lleva el control químico de los aceites de todos los transformadores del S.N.I.

Gravedad Específica	0.8839	0.8839	0.8849
Calor	L1.0	L1.5	L1.0
Punto de inflamación °C	153	153	153
Viscosidad a 100°F,ssu	56.5	56.4	56.5
Neutralización, mg KOH/g	0.007	0.007	0.007
Tensión Interfacial, Dinas/cm	33	35.5	33
Agua, ppm	20.25	16.12	11.63

Las normas bajo la cual se contrato la compra del aceite son las IEC 296 CL II, las mismas que determinan los siguientes valores permisibles:

Densidad, Kg/dm ³ a 20°C	± 0.895
Punto de inflamación, °C	≥ 130
Viscosidad a 40°C, mm ² /S	≤ 11.0
Neutralización, mg KOH/g	≤ 0.03
Tensión interfacial, Dinas/cm	≥ 40
Agua, pp,m	≤ 30
Apariencia	Limpio, libre de sedimentos y materia en suspensión.

BIBLIOGRAFIA

1. Doble Engineering Co., Manual de instrucciones y servicio.
2. IEC, Especificaciones de aceites minerales aislantes nuevos para transformadores, publicación 296-1982.
3. GIE-SICOM, pruebas de fábrica de los autotransformadores Onsaldo, Italia 1987.
4. INECCEL-DEIC, Fiscalización y montaje de las subestaciones.
5. INECCEL-DOSNI, Pruebas para puesta en servicio de las subestaciones de la Fase C del S.N.I., 1988.
6. Multiamp, Manual de instrucciones y servicio, cat. No. 810130.