

C A P I T U L O 3

TRANSFORMADORES, AUTOTRANSFORMADORES Y REACTORES DE POTENCIA.

3.1 PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.

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

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

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

3.1.1 RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.

- a) Considerar lo establecido en el punto 2.3.1, sobre recomendaciones generales para realizar pruebas eléctricas al equipo primario.
- b) El transformador a probar debe aislarse totalmente de las líneas, buses o barras, para lo cual es necesario desconectar y retirar los conductores de todas las terminales de boquillas, incluyendo el o los neutros de los devanados del sistema de tierra.
- c) Limpiar la porcelana de las boquillas quitando el polvo, suciedad, etc.
- d) Colocar puentes entre las terminales de las boquillas de cada devanado; primario, secundario y en su caso el terciario.
- e) Colocar el instrumento de prueba sobre una base firme a una distancia tal del equipo a probar, que permita el buen manejo de los cables de prueba.
- f) Nivelar el medidor centrando la burbuja con los tornillos de ajuste (en el caso del medidor de resistencia de aislamiento analogico).



g) Conectar adecuadamente las terminales de prueba al transformador que se va a probar, girar el selector a la posición de prueba hasta el valor de tensión preseleccionado y encender el equipo.

En todos los medidores de resistencia de aislamiento se debe usar cable de prueba blindado en la terminal de Línea y conectar este blindaje a la terminal de guarda, para no medir la corriente de fuga en las terminales o a través del aislamiento del cable.

h) Para cada prueba anotar las lecturas de 15, 30, 45 y 60 segundos, así como a 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 minutos.

i) Al terminar la prueba, poner fuera de servicio el medidor, regresar el selector a la posición de descarga manteniéndolo en esta condición por 10 minutos.

j) Registrar el porcentaje de humedad relativa. Efectuar las pruebas cuando la humedad sea menor del 75%.

k) Registrar la temperatura del aceite y del devanado.

3.1.2 COMPROBACIÓN DEL MEDIDOR DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.

a) Para verificar la posición de la aguja indicadora en la marca de infinito del medidor analógico, poner en operación el equipo y mover si es necesario el tornillo de ajuste hasta que la aguja se posicione en la marca de Infinito. Realizar este ajuste bajo condiciones ambientales controladas.

Para medidores microprocesados al encender el equipo, automáticamente este realiza su rutina de autoprueba.

b) Para verificar los cables de prueba conectar estos al medidor cuidando que no exista contacto entre ellos y seleccionar la tensión de prueba, misma que se recomienda sea de 2500 ó 5000 volts. Encender el equipo y comprobar la posición de la aguja indicadora en la marca de infinito. No ajustar la aguja al infinito por pequeñas desviaciones provocadas por las corrientes de fuga de los cables de prueba.

c) Para comprobar la posición cero, conectar entre si las terminales de los cables de prueba (Línea y Tierra), girar la manivela un cuarto de vuelta estando el selector de prueba en 500 o 1000 volts, la aguja debe moverse a la marca de cero.



3.1.3 CONEXIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA.

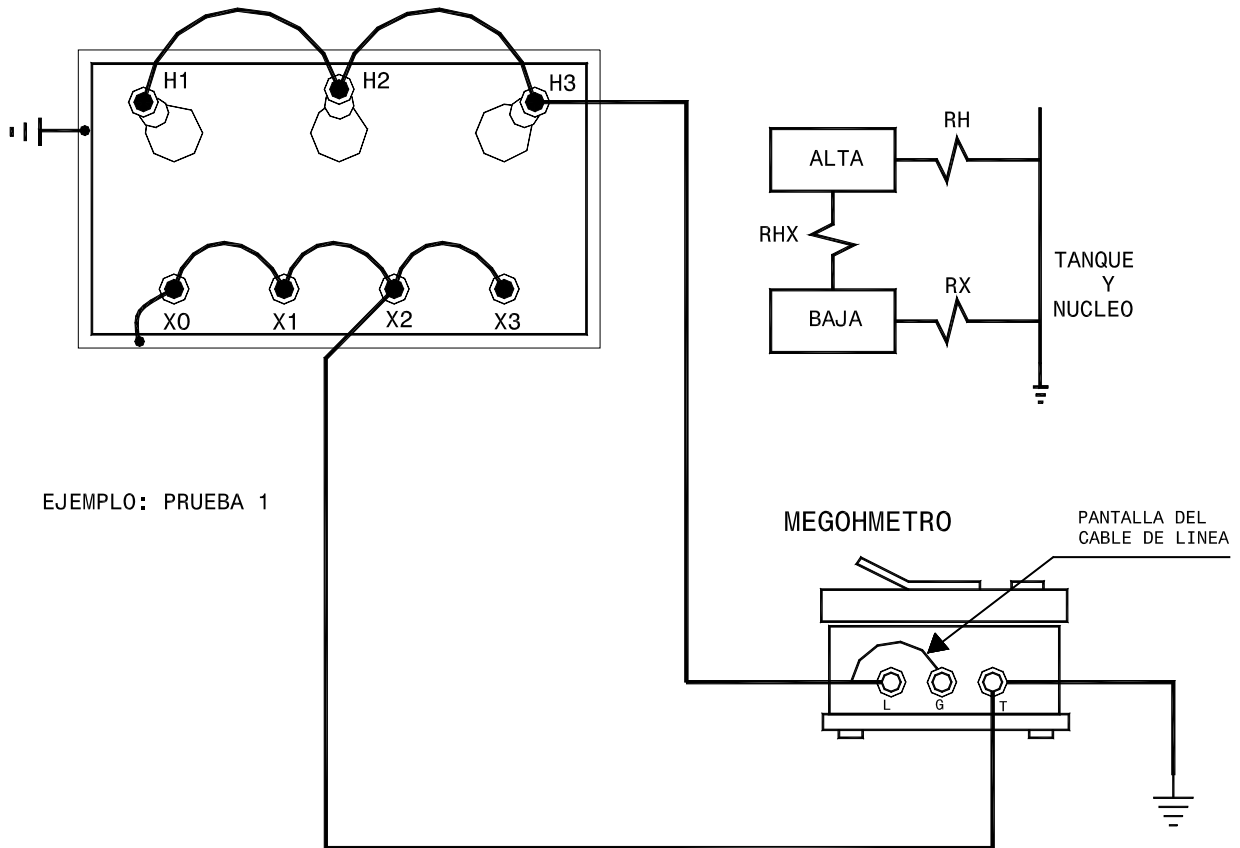
Al efectuar las pruebas de resistencia de aislamiento a los transformadores, hay diferentes criterios en cuanto al uso de la terminal de guarda del medidor. El propósito de la terminal de guarda es para efectuar mediciones en mallas con tres elementos, (devanado de A.T., devanado de B.T. y tanque).

La corriente de fuga de un aislamiento, conectada a la terminal de guarda, no interviene en la medición.

Si no se desea utilizar la terminal de guarda del medidor, el tercer elemento se conecta a través del tanque a la terminal de tierra del medidor, la corriente de fuga solamente tiene la trayectoria del devanado en prueba a tierra.

Con el objeto de unificar la manera de probar los transformadores de potencia y para fines prácticos, en éste procedimiento se considera la utilización de la terminal de guarda del medidor. Lo anterior permite el discriminar aquellos elementos y partes que se desea no intervengan en las mediciones, resultando estas más exactas, precisas y confiables.

Las conexiones para transformadores de 2 o 3 devanados, autotransformadores, y reactores se muestran en las figuras No. 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4 respectivamente.

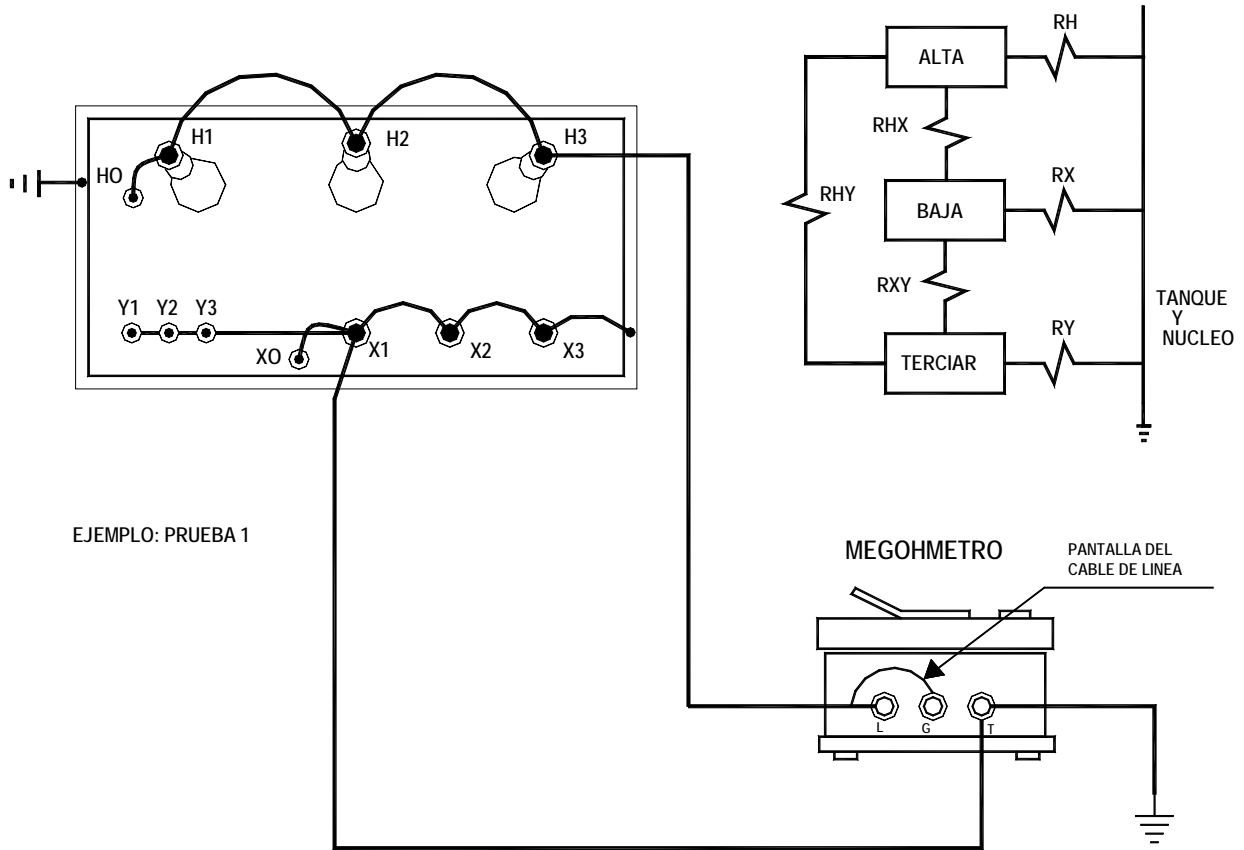


PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	L	G	T	
1	H	—	X+Tq	RH+RHX
2	H	Tq	X	RHX
3	X	—	H+Tq	RX+RHX

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO
Tq= TANQUE

**Fig. 3.1 TRANSFORMADORES DE DOS DEVANADOS
PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO**

UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-01



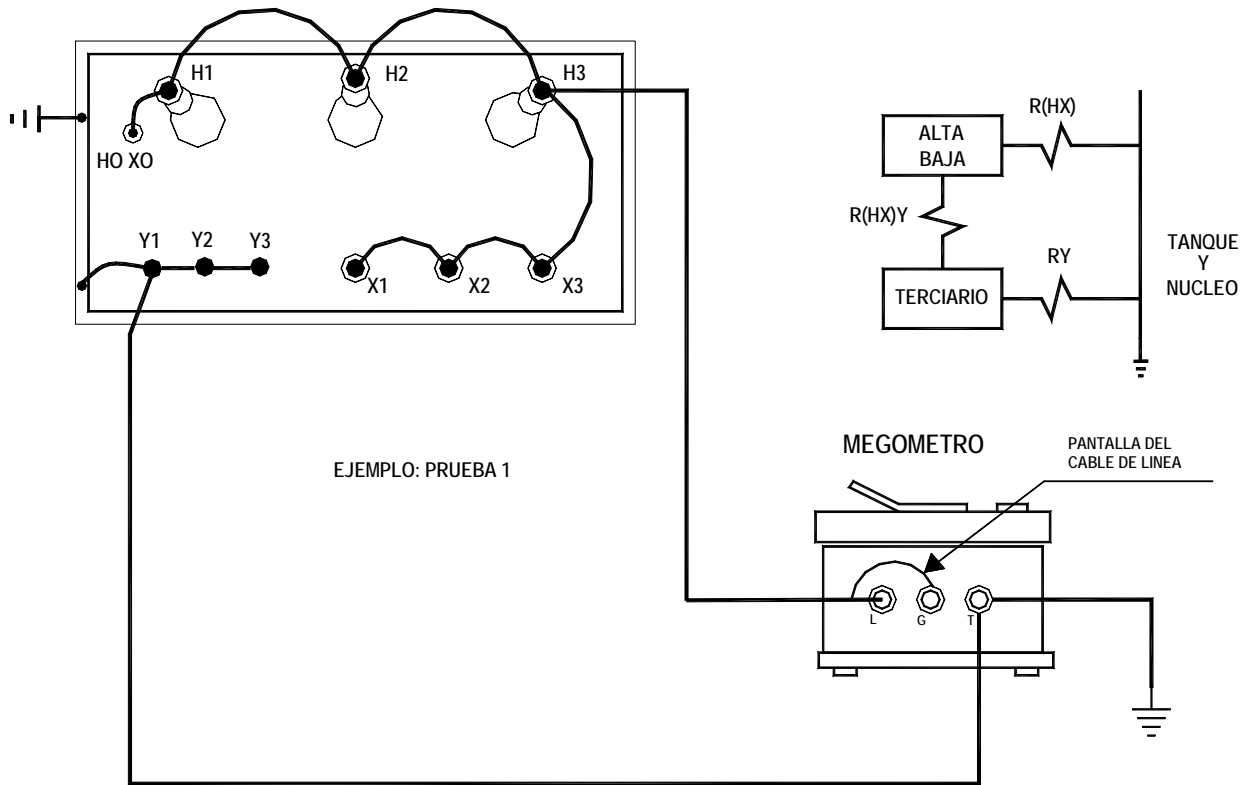
EJEMPLO: PRUEBA 1

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

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO
Tq= TANQUE

Fig. 3.2 TRANSFORMADORES DE TRES DEVANADOS PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-01

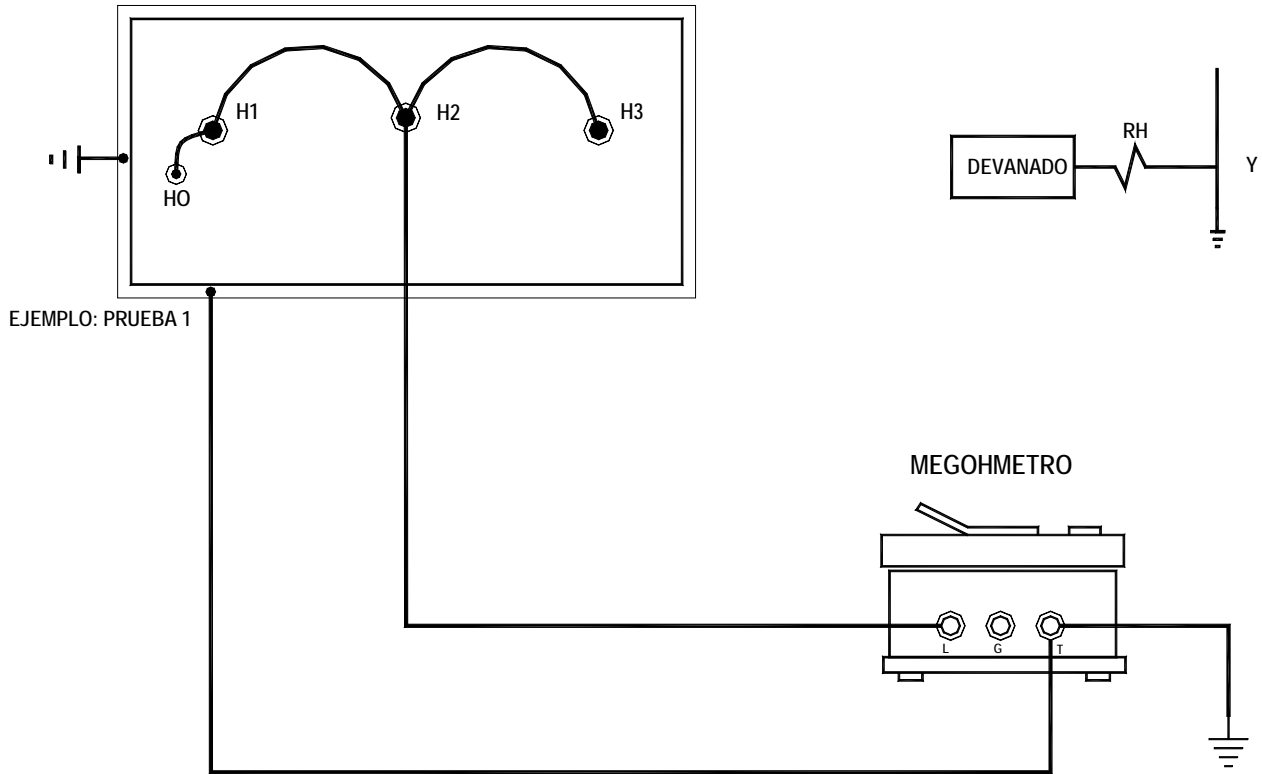


NOTA: CUANDO EL TRANSF. NO DISPONGA DE BOQUILLAS PARA EL DEVANADO TERCARIO, SOLAMENTE SE REALIZA LA PRUEBA N° 1 (RH) CONECTANDO LA TERMINAL "T" AL TANQUE

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	L	G	T	
1	H X	—	Tq + Y	R(HX) + (HX)Y
2	H X	Tq	Y	R(HX)Y
3	Y	—	HX+Tq	RY + R(HX)Y

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO
Tq= TANQUE

Fig. 3.3 AUTOTRANSFORMADORES
PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO
UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-01



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	L	G	T	
1	H	—	Tq	RH

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO
Tq= TANQUE

Fig. 3.4 REACTORES
PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO
UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-01



3.1.4 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE PRUEBA PARA LA EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL AISLAMIENTO.

A continuación se dan algunas recomendaciones para auxiliar al personal de campo en la evaluación de los resultados obtenidos en la prueba de resistencia de aislamiento. De ninguna manera se pretende sustituir el criterio y experiencia del personal técnico que tiene bajo su responsabilidad el mantenimiento del equipo.

Para evaluar las condiciones del aislamiento de los transformadores de potencia, es conveniente analizar la tendencia de los valores que se obtengan en las pruebas periódicas. Para facilitar este análisis se recomienda graficar las lecturas, para obtener las curvas de absorción dieléctrica; las pendientes de las curvas indican las condiciones del aislamiento, una pendiente baja indica que el aislamiento está húmedo o sucio.

Para un mejor análisis de los aislamientos, las pruebas deben hacerse al mismo potencial, las lecturas corregidas a una misma base (20° C) y en lo posible, efectuar las pruebas bajo las mismas condiciones ambientales, en general se recomienda como mínimo el valor en $M\Omega$, corregido a 20°C, que corresponde al resultante de multiplicar por 27 el valor de $kVf-f$ del equipo. (ver tabla 3.1).

En la evaluación de las condiciones de los aislamientos, deben calcularse los índices de absorción y polarización, ya que tienen relación con la curva de absorción. El índice de absorción se obtiene de la división del valor de la resistencia a 1 minuto entre el valor de ½ minuto y el índice de polarización se obtiene dividiendo el valor de la resistencia a 10 minutos entre el valor de 1 minuto. Los valores mínimos de los índices deben ser de 1.2 para el índice de absorción y 1.5 para el índice de polarización, para considerar el transformador aceptable.

El envejecimiento de los aislamientos o el requerimiento de mantenimiento, provocan un aumento en la corriente de absorción que toma el aislamiento y se detecta con un decremento gradual de la resistencia de aislamiento.

Para obtener el valor de una sola resistencia (RH, RX, RY, etc.) es necesario guardar uno o más devanados, considerando esto como pruebas complementarias.

En la tabla No. 3.1, se proporcionan los valores mínimos de resistencia de aislamiento a 20 °C de los transformadores según su tensión de operación.

La tabla No. 3.2, proporciona los factores de corrección por temperatura.

81 06 26	Revisiones:	85 01 12	91 09 20	93 12 24	02 05 25	07 01 30
----------	-------------	----------	----------	----------	----------	----------

Tabla No. 3.1
RESISTENCIA MÍNIMA DE AISLAMIENTO EN ACEITE A 20°C

<u>TENSIÓN ENTRE FASES kV.</u>	<u>MEGAOHMS</u>	<u>TENSIÓN ENTRE FASES kV.</u>	<u>MEGAOHMS</u>
1.2	32	92	2480
2.5	68	115	3100
5.0	135	138	3720
8.66	230	161	4350
15.0	410	196	5300
25.0	670	230	6200
34.5	930	287	7750
69.0	1860	400	10800

Tabla No. 3.2
CORRECCIÓN POR TEMPERATURA PARA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

<u>*TEMP.°C DEL TRANSFORMADOR</u>	<u>FACTOR DE CORRECCIÓN</u>	<u>*TEMP.°C DEL TRANSFORMADOR</u>	<u>FACTOR DE CORRECCIÓN</u>
95	89	35	2.5
90	66	30	1.8
85	49	25	1.3
80	36.2	20	1.0
75	26.8	15	0.73
70	20	10	0.54
65	14.8	5	0.40
60	11	0	0.30
55	8.1	-5	0.22
50	6	-10	0.16
45	4.5	-15	0.12
40	3.3		

* Temperatura del aceite.



3.2 PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DEL NUCLEO.

La prueba se realiza a transformadores que se preparan para su puesta en servicio, con el objeto de verificar la resistencia de aislamiento del núcleo y su correcto aterrizamiento en un solo punto, comprobando al mismo tiempo la adecuada geometría del núcleo, y asegurando que no haya existido desplazamiento del mismo durante las maniobras de transporte. La prueba es aplicable también a transformadores en operación que presenten sobrecalentamiento sin llegar a su capacidad nominal.

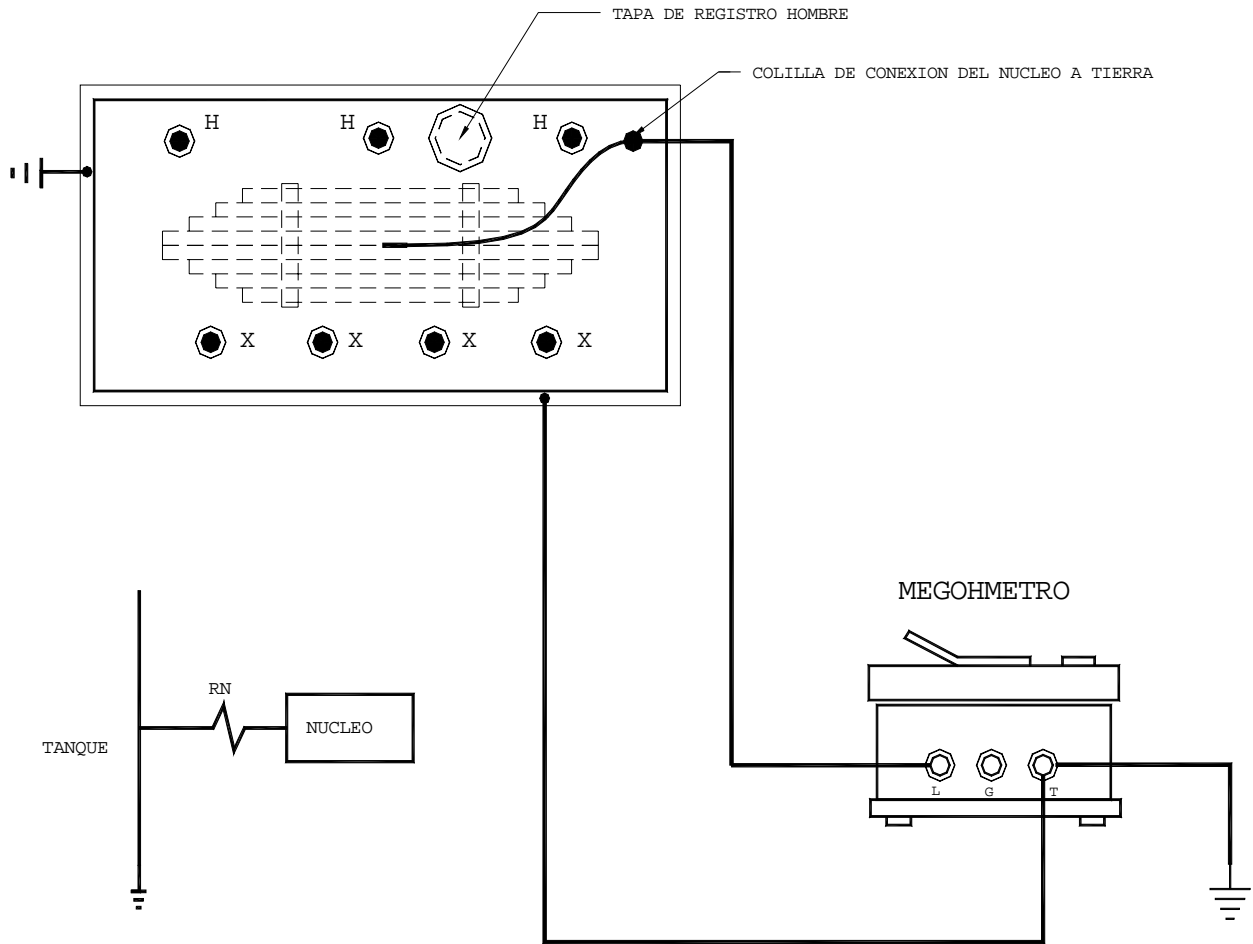
Para realizar la prueba, se utiliza un medidor de resistencia de aislamiento, aplicando una tensión de 1000 volts durante un minuto.

3.2.1 RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA.

- a) Considerar lo establecido en el punto 2.3.1, sobre recomendaciones generales para realizar pruebas eléctricas al equipo primario.
- b) Para transformadores llenos de aceite, reducir el nivel a lo necesario para tener acceso a la conexión del núcleo y tanque; si el transformador tiene presión de nitrógeno, liberarlo por seguridad personal.
- c) Retirar la tapa de registro (entrada-hombre).
- d) Desconectar la conexión a tierra del núcleo (generalmente localizada en la parte superior del tanque).
- e) Preparar el equipo de prueba.

3.2.2 CONEXIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA.

- a) Conectar la terminal de línea del medidor de resistencia de aislamiento al núcleo.
- b) Conectar la terminal tierra del medidor de resistencia de aislamiento al tanque del transformador.
- c) Efectuar la prueba y registrar el valor de la resistencia.
- d) Las conexiones de prueba se muestran en la figura No. 3.5.



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	L	G	T	
1	NUCLEO *	—	Tq	RN

* PARA LA PRUEBA, LA COLILLA QUE ATERRIZA EL NUCLEO DEBE DE DESCONECTARSE DE LA TAPA DEL TRANSFORMADOR.

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO

Tq= TANQUE

Fig. 3.5 TRANSFORMADORES DE POTENCIA
 PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DEL NUCLEO
 UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-01



3.2.3 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

El valor de la resistencia de aislamiento del núcleo, debe ser conforme a lo establecido en las especificaciones correspondientes con una tensión de aplicación de 500 Volts para obtener un valor mínimo de 200 MΩ.

3.3 PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA DEL AISLAMIENTO.

El Factor de Potencia del aislamiento es otra manera de evaluar y juzgar las condiciones del aislamiento de los devanados de transformadores, autotransformadores y reactores, es recomendado para detectar humedad y suciedad en los mismos.

Los equipos que se utilizan para realizar la prueba, pueden ser de varias marcas, entre las cuales pueden citarse: James G. Biddle, Nansen y Doble Engineering Co., de esta última, en sus modelos MEU-2.5 kV, M2H-10 kV y M4000-10kV; el ETP de SMC-10kV ó el Delta 2000 de AVO, entre otros.

Como el Factor de Potencia aumenta directamente con la temperatura del transformador, se deben referir los resultados a una temperatura base de 20 °C , para fines de comparación. En la tabla 3.3 se muestran los factores de corrección tanto para transformadores, como para líquidos aislantes y boquillas.



Tabla 3.3.- FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA A 20 °C PARA FACTOR DE POTENCIA EN TRANSFORMADORES, LIQUIDOS AISLANTES Y BOQUILLAS.

BOQUILLAS															
GENERAL ELECTRIC						ASEA	TEMPERATURAS DE PRUEBA		BROWN BOVERI		LAPP			MICANITE AND INSULATORS CO.	
Tipo B	Tipo F	Tipos L, LC y LM	Tipos OF, OFI y OFM	Tipos S, SI y SM	Tipo U	Tipo GO 25-765 kV	°C	°F	Tipos CTF y CTKF 20-60 kV	Tipos CTF y CTKF 85-330 kV	Clase ERC 15-23 kV	Clase PRC 15-69 kV	Clase POC 15-765 kV	Mayor de 25-69 kV	69 kV
1.09	0.93	1.00	1.18	1.26	1.02	0.79	0	32.0	1.24	1.00	0.90	0.81	1.00	1.55	1.13
1.09	0.95	1.00	1.16	1.24	1.02	0.81	2	35.6	1.22	1.00	0.91	0.83	1.00	1.49	1.11
1.09	0.97	1.00	1.05	1.21	1.02	0.83	4	39.2	1.20	1.00	0.92	0.86	1.00	1.43	1.10
1.08	0.98	1.00	1.13	1.19	1.01	0.85	6	42.8	1.17	1.00	0.93	0.88	1.00	1.37	1.08
1.08	0.99	1.00	1.11	1.16	1.01	0.87	8	46.4	1.15	1.00	0.94	0.89	1.00	1.31	1.07
1.07	0.99	1.00	1.10	1.14	1.01	0.89	10	50.0	1.12	1.00	0.95	0.92	1.00	1.25	1.06
1.06	0.99	1.00	1.08	1.11	1.01	0.92	12	53.6	1.10	1.00	0.96	0.94	1.00	1.20	1.05
1.05	1.00	1.00	1.06	1.08	1.01	0.94	14	57.2	1.06	1.00	0.97	0.95	1.00	1.15	1.04
1.04	1.00	1.00	1.04	1.06	1.00	0.95	16	60.8	1.05	1.00	0.98	0.97	1.00	1.10	1.02
1.02	1.00	1.00	1.02	1.03	1.00	0.98	18	64.4	1.03	1.00	0.99	0.98	1.00	1.05	1.01
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	20	68.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.97	0.99	0.99	0.97	0.97	1.00	1.03	22	71.6	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.99
0.93	0.97	0.99	0.94	0.93	1.00	1.05	24	75.2	0.96	1.00	1.01	1.03	1.00	0.91	0.98
0.90	0.96	0.98	0.91	0.90	0.99	1.07	26	78.8	0.94	1.00	1.02	1.05	1.00	0.87	0.96
0.85	0.94	0.97	0.88	0.87	0.99	1.09	28	82.4	0.91	1.00	1.02	1.07	1.00	0.84	0.95
0.81	0.92	0.96	0.86	0.84	0.98	1.12	30	86.0	0.88	1.00	1.03	1.10	1.00	0.80	0.94
0.77	0.89	0.95	0.83	0.81	0.97	1.14	32	89.6	0.86	1.00	1.03	1.11	1.00	0.77	0.93
0.73	0.87	0.94	0.80	0.77	0.97	1.17	34	93.2	0.84	1.00	1.04	1.12	1.00	0.74	0.92
0.69	0.84	0.93	0.77	0.74	0.96	1.19	36	96.8	0.82	1.00	1.04	1.13	1.00	0.70	0.90
0.65	0.81	0.91	0.74	0.70	0.95	1.21	38	100.4	0.80	1.00	1.05	1.14	1.00	0.67	0.89
0.61	0.78	0.89	0.70	0.67	0.94	1.23	40	104.0	0.78	1.00	1.05	1.15	1.00	0.64	0.88
	0.74	0.87	0.67	0.63	0.93	1.26	42	107.6	0.76	1.00	1.05	1.15	1.00	0.61	0.87
	0.70	0.85	0.63	0.60	0.91	1.28	44	111.2	0.74	1.00	1.06	1.15	1.00	0.58	0.86
	0.64	0.83	0.61	0.56	0.89	1.30	46	114.8	0.72	1.00	1.06	1.15	1.00	0.55	0.85
	0.58	0.82	0.58	0.53	0.87	1.31	48	118.4	0.70	1.00	1.07	1.14	1.00	0.52	0.84
	0.52	0.80	0.56	0.50	0.86	1.33	50	122.0	0.68	1.00	1.07	1.13	1.00	0.50	0.83
	0.79	0.53	0.47	0.84	1.34	52	125.6	0.66	1.00	1.07	1.11	1.00			
	0.78	0.51	0.44	0.82	1.36	54	129.2	0.64	1.00	1.08	1.09	1.00			
	0.77	0.49	0.41	0.79	1.37	56	132.8	0.62	1.00	1.08	1.07	1.00			
	0.76	0.46	0.38	0.77	1.37	58	136.4	0.60	1.00	1.07	1.06	1.00			
	0.74	0.44	0.36	0.75	1.38	60	140.0	0.58	1.00	1.07	1.05	1.00			



Tabla 3.3.- FACTORES DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA A 20 °C PARA FACTOR DE POTENCIA EN TRANSFORMADORES, LIQUIDOS AISLANTES Y BOQUILLAS (CONTINUACIÓN).

McGRAW-EDISON	BOQUILLAS								LIQUIDO Y TRANSFORMADOR CON AISLAMIENTO									
	OHIO BRASS				WESTINGHOUSE				TEMPERATURAS DE PRUEBA °C °F	MICA FIL Tipos WTxF	PASSONI VILLA		Aceite y Trans. de potencia llenados con aceite		Trans. de potencia llenados con aceite (Tipos Sellados, Pre-surizados con gas y Conservador moderno)		Promedio de 230 kV y mayor, más de 750 kV NBI con aceite	Trans. de instrumento llenados
	Tipos P, PA y PB	Clase G y L	Clase L	Clase GK LK	Condensador Excepto Tipo O	Tipo O	Plus	Tipos PTAO y 3 PV.F 25-230 kV			Askarel y Trans. llenados con askarel	Tipos de Libre respiración y Conservador viejo)	Mayor de 161 kV hasta 750 kV NBI (*)	750 kV NBI				
0.68	1.54	1.29	0.90	0.85	1.61	0.88	0.87	0	32.0		0.65		1.56	1.57	0.95	1.67		
0.70	1.47	1.26	0.91	0.86	1.52	0.89	0.89	2	35.6		0.69		1.52	1.50	0.96	1.61		
0.72	1.40	1.24	0.91	0.87	1.44	0.90	0.91	4	39.2		0.74		1.48	1.44	0.98	1.55		
0.76	1.34	1.21	0.92	0.89	1.36	0.91	0.92	6	42.8		0.78		1.45	1.37	0.98	1.49		
0.79	1.29	1.19	0.92	0.90	1.30	0.93	0.93	8	46.4		0.82		1.43	1.31	0.99	1.43		
0.82	1.24	1.16	0.93	0.92	1.23	0.94	0.94	10	50.0		0.86		1.38	1.25	0.99	1.36		
0.85	1.18	1.12	0.94	0.93	1.18	0.95	0.95	12	53.6		0.89		1.31	1.19	1.00	1.30		
0.87	1.14	1.09	0.95	0.95	1.13	0.96	0.96	14	57.2	1.00	0.92		1.24	1.14	1.01	1.23		
0.93	1.09	1.06	0.97	0.96	1.09	0.98	0.98	16	60.8	1.00	0.95		1.16	1.09	1.01	1.16		
0.96	1.04	1.03	0.98	0.98	1.04	0.99	0.99	18	64.4	1.00	0.97		1.08	1.05	1.00	1.08		
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	20	68.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
1.02	0.95	0.97	1.02	1.02	0.96	1.01	1.01	22	71.6	1.00	1.02	0.90	0.91	0.96	0.99	0.93		
1.10	0.91	0.94	1.04	1.04	0.92	1.02	1.02	24	75.2	1.00	1.05	0.81	0.83	0.92	0.98	0.86		
1.14	0.88	0.91	1.06	1.06	0.88	1.04	1.03	26	78.8	1.00	1.07	0.72	0.76	0.88	0.97	0.80		
1.18	0.84	0.88	1.09	1.08	0.84	1.05	1.04	28	82.4	1.00	1.09	0.64	0.70	0.84	0.96	0.74		
1.24	0.80	0.86	1.11	1.10	0.81	1.06	1.05	30	86.0	1.00	1.11	0.56	0.63	0.80	0.95	0.69		
1.29	0.77	0.83	1.13	1.12	0.77	1.07	1.06	32	89.6	1.00	1.13	0.51	0.58	0.76	0.94	0.65		
1.32	0.74	0.80	1.15	1.14	0.74	1.08	1.07	34	93.2	1.00	1.16	0.46	0.53	0.73	0.93	0.60		
1.36	0.71	0.78	1.17	1.15	0.70	1.08	1.07	36	96.8	1.00	1.17	0.42	0.49	0.70	0.91	0.56		
1.41	0.68	0.75	1.19	1.17	0.67	1.09	1.08	38	100.4	0.99	1.18	0.39	0.45	0.67	0.90	0.52		
1.45	0.65	0.72	1.21	1.18	0.64	1.09	1.08	40	104.0	0.98	1.18	0.35	0.42	0.65	0.89	0.48		
1.50			1.22	1.19	0.62	1.10	1.09	42	107.6	0.98	1.20	0.33	0.38	0.62	0.87	0.45		
1.55			1.24	1.20	0.59	1.11	1.10	44	111.2	0.97	1.22	0.30	0.36	0.59	0.86	0.42		
1.58			1.26	1.21	0.56	1.11	1.10	46	114.8	0.97	1.24	0.28	0.33	0.56	0.84			
1.61			1.27	1.21	0.53	1.10	1.11	48	118.4	0.96	1.24	0.26	0.30	0.54	0.83			
1.65			1.29	1.22	0.51	1.10	1.11	50	122.0	0.95	1.25	0.24	0.28	0.51	0.81			
1.67			1.30	1.22	0.50	1.10	1.11	52	125.6	0.94	1.26	0.22	0.26	0.49	0.79			
1.67			1.31	1.22	0.48	1.09	1.11	54	129.2	0.94	1.26	0.21	0.23	0.47	0.77			
1.67			1.33	1.22	0.47	1.08	1.11	56	132.8	0.90	1.26	0.19	0.21	0.45	0.75			
1.68			1.34	1.21	0.46	1.07	1.12	58	136.4	0.90	1.26	0.18	0.19	0.43	0.72			
1.68			1.35	1.21	0.45	1.06	1.12	60	140.0	0.92	1.25	0.16	0.17	0.41	0.70			

(*) TAMBIÉN USAR PARA TODO TIPO DE TRANSFORMADORES CON SILICON



RECOMENDACIONES GENERALES PARA REALIZAR PRUEBAS DE FACTOR DE POTENCIA DEL AISLAMIENTO.

- a) Considerar lo establecido en el punto 2.3.1 sobre recomendaciones generales para las pruebas.
- b) El transformador a probar debe aislarse totalmente de las líneas, buses o barras, para lo cual es necesario desconectar y retirar los conductores de todas las terminales de boquillas, incluyendo el o los neutros de los devanados del sistema de tierra.
- c) La superficie de las boquillas deben de estar limpias y secas.
- d) Colocar puentes entre las terminales de las boquillas de cada devanado: primario, secundario y en su caso el terciario.
- e) Colocar el instrumento de prueba sobre una base firme y nivelada a una distancia tal del equipo a probar, que permita el buen manejo de los cables de prueba.
- f) Antes de conectar el medidor a la fuente de alimentación, verificar su correcto aterrizamiento.
- g) Los cambiadores de derivaciones de los transformadores para operar bajo carga o sin carga, deben colocarse en la posición (1) para probar los devanados completos.
- h) Efectuar las pruebas cuando la humedad relativa sea menor del 75%.

3.3.1 TENSIONES DE PRUEBA.

3.3.1.1 TENSIONES RECOMENDADOS PARA LA PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN Y POTENCIA LLENOS CON ACEITE.

<u>RANGO DE TENSIÓN DEL DEVANADO (kV)</u>	<u>TENSIÓN DE PRUEBA (kV)</u>
12 ó MAS	10
4.04 A 8.72	5
2.4 a 4.8	2
abajo de 2.4	1



3.3.1.2 TENSIONES DE PRUEBA RECOMENDADOS PARA TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN Y POTENCIA SUMERGIDOS EN ACEITE, QUE SE DESEAN PROBAR EN LA AUSENCIA DE ESTE.

En general la tensión aplicada debe estar entre los límites del 5% al 10% de la tensión nominal del aislamiento (ANSI/IEEE C57.12.00-1980).

RANGO DE TENSIÓN DEL DEVANADO EN DELTA (kV)

TENSIÓN DE PRUEBA (kV)

161 ó Más	10
115 a 138	5
34 a 69	2
12 a 25	1
abajo de 12	0.5

RANGO DE TENSIÓN DEL DEVANADO EN ESTRELLA (kV)

TENSIÓN DE PRUEBA (kV)

12 ó Más	1
abajo del 12	0.5

Se puede probar bajo presión atmosférica de aire o nitrógeno, pero nunca bajo vacío.



3.3.1.3 TENSIONES RECOMENDADAS PARA PRUEBA DE TRANSFORMADORES DEL TIPO SECO.

<u>RANGO DE TENSIÓN DEL DEVANADO (kV)</u>	<u>TENSIÓN DE PRUEBA (kV)</u>
---	-----------------------------------

DEVANADOS EN DELTA Y ESTRELLA NO ATERRIZADA

Arriba de 14.4	2 y 10
12 a 14.4	* 2 y 10
5.04 a 8.72	2 y 5
2.4 a 4.8	2
abajo de 2.4	1

* tensión de operación de línea a tierra

DEVANADOS EN ESTRELLA ATERRIZADA

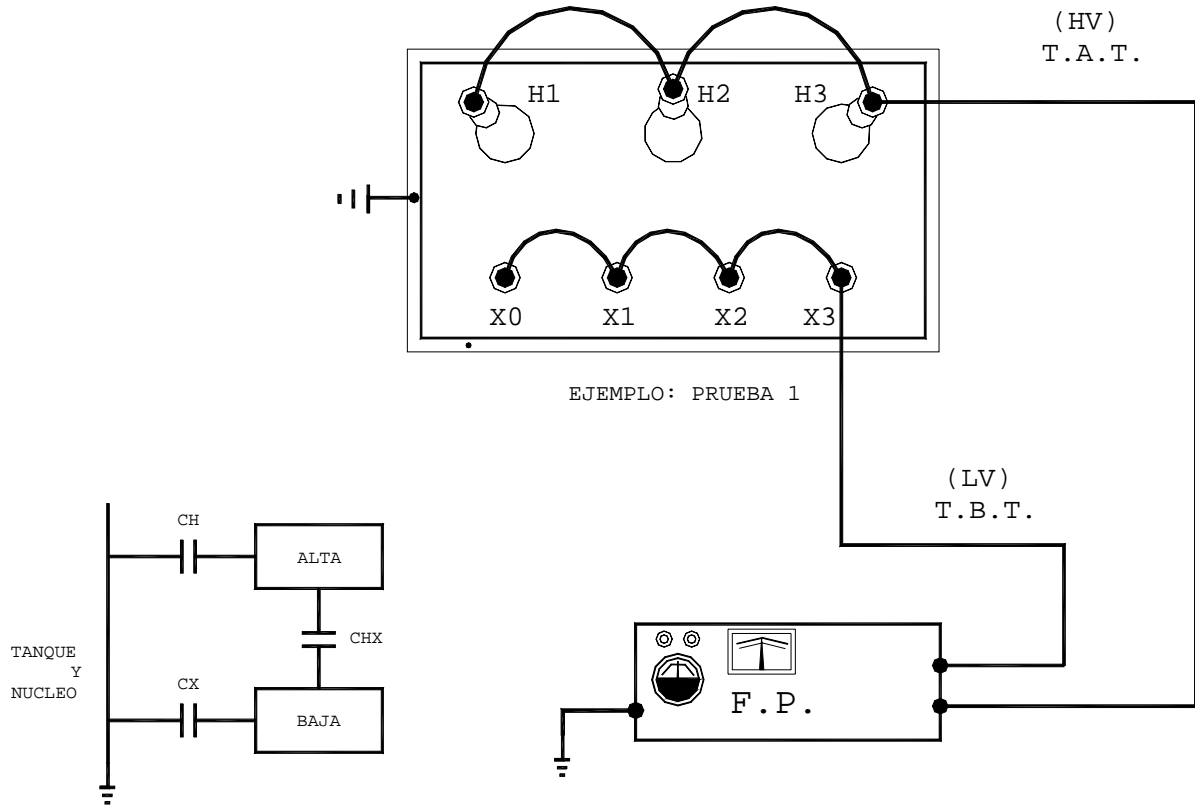
2.4 ó más	2
abajo de 2.4	1

3.3.2 CONEXIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA.

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

Las instrucciones de operación de los medidores de Factor de Potencia pueden consultarse en los incisos 2.3.3.7, 2.3.3.8 y 2.3.3.9.

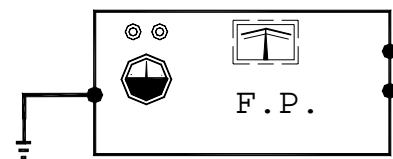
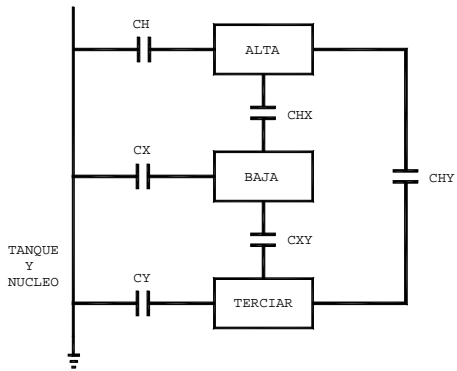
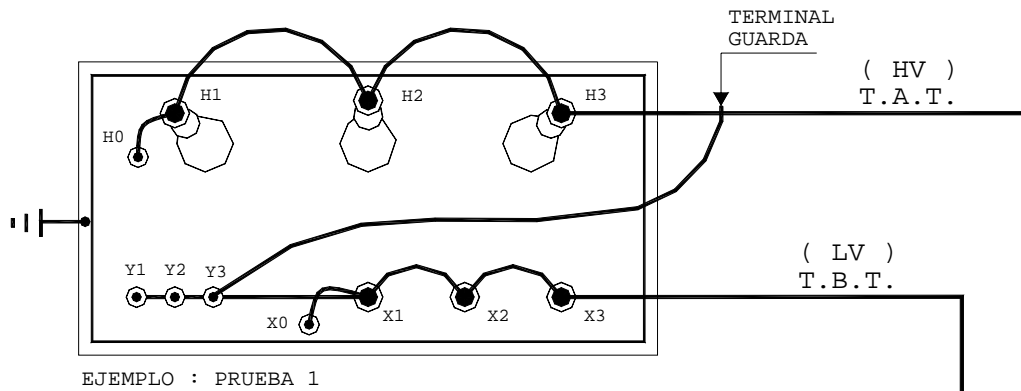
En las figuras 3.6, 3.7, 3.8 y 3.9 se indican las conexiones de los circuitos de prueba de Factor de Potencia para transformadores de dos y tres devanados, autotransformadores y reactores, respectivamente.



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

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO

Fig. 3.6 TRANSFORMADORES DE DOS DEVANADOS
 PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA DEL AISLAMIENTO
 UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-02 PARA 2.5 kV ó
 FORMATO DE PRUEBA SE-03-03 PARA 10 kV.

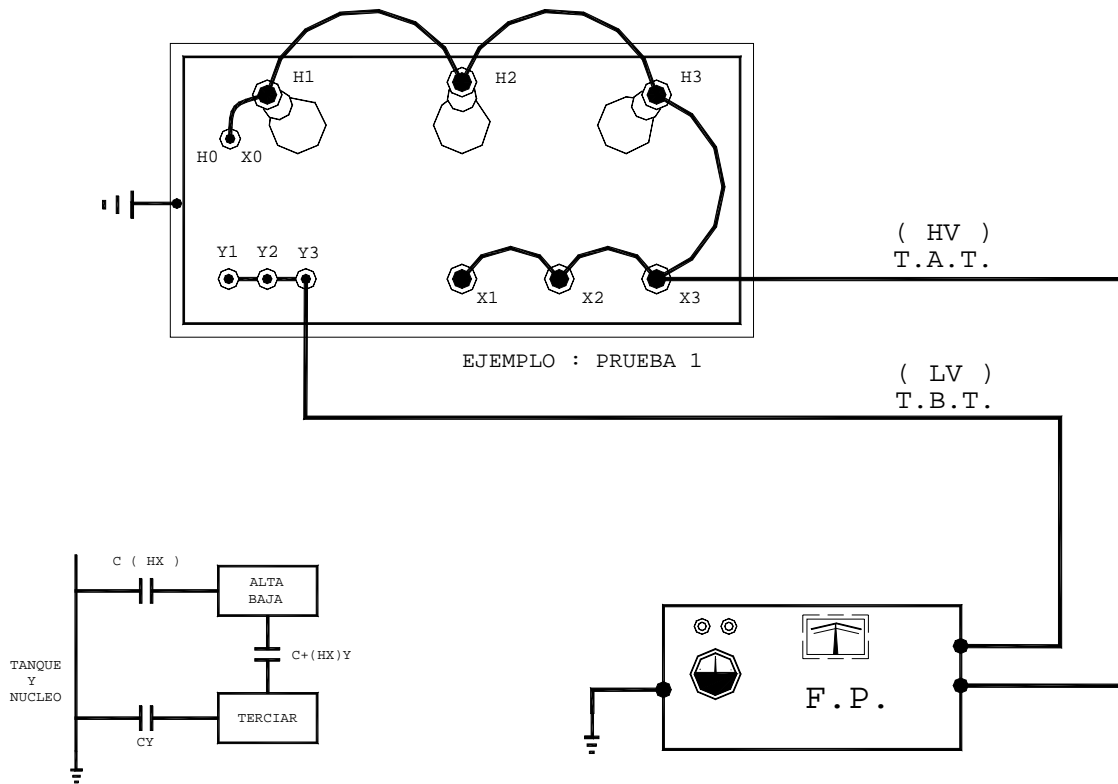


PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	T.A.T.	T.B.T.	GUARDA	SELECTOR	
1	H	X	Y	GROUND	CH+CHX
2	H	X+Y	—	GUARDA	CH
3	X	Y	H	GROUND	CX+CXY
4	X	H+Y	—	GUARDA	CX
5	Y	H	X	GROUND	CY+CHY
6	Y	H+X	—	GUARDA	CY
7	H	X	Y (TIERRA)	UST	CHX
8	X	Y	H (TIERRA)	UST	CXY
9	Y	H	X (TIERRA)	UST	CHY

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO
Tq= TANQUE

Fig. 3.7 TRANSFORMADORES DE TRES DEVANADOS

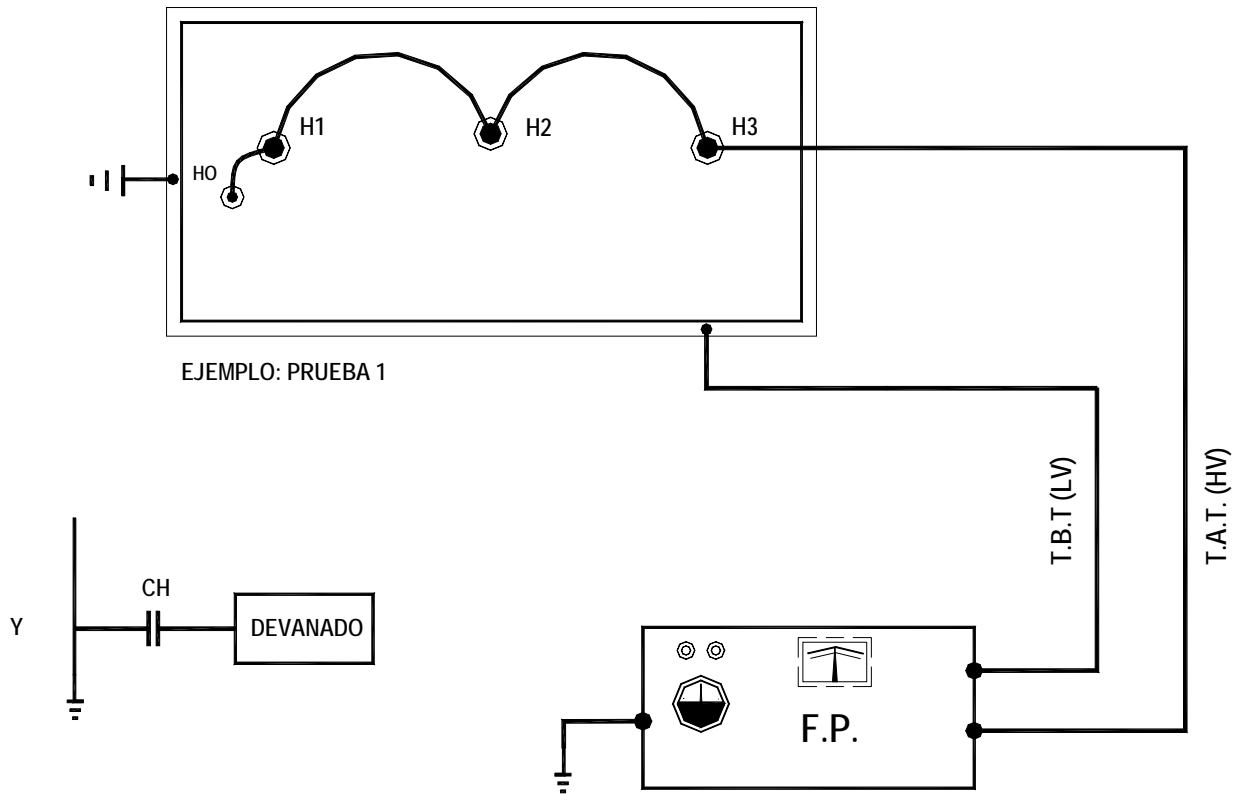
PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA DEL AISLAMIENTO
UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-04 PARA 2.5 kV ó
FORMATO DE PRUEBA SE-03-05 PARA 10 kV.



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	T.A.T.	T.B.T.	SELECTOR	
1	H X	Y	GROUND	C(HX)+C(HX)Y
2	H X	Y	GUARDA	CHX
3	Y	HX	GROUND	CY+C(HX)Y
4	Y	HX	GUARDA	CY
5	HX	Y	UST	C(HX)Y

NOTA: CUANDO EL TRANSF. NO DISPONGA DE BOQUILLAS PARA EL DEVANADO TERCIARIO, SOLAMENTE SE REALIZA LA PRUEBA N° 1 (CH) CONECTANDO LA T.B.T. AL TANQUE. EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO

Fig. 3.8 AUTRANSFORMADORES
 PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA DEL AISLAMIENTO
 UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-06 PARA 2.5 kV ó
 FORMATO DE PRUEBA SE-03-07 PARA 10 kV.



EJEMPLO: PRUEBA 1

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

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO

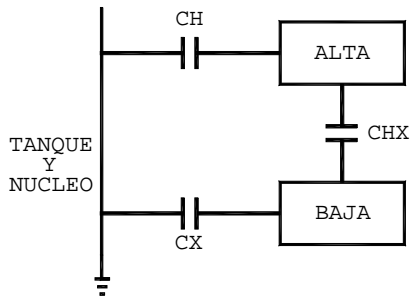
Tq= TANQUE

Fig. 3.9 REACTORES

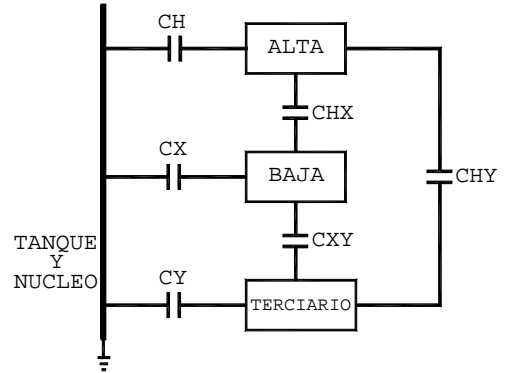
PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA DEL AISLAMIENTO
 UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-06 PARA 2.5 kV ó
 FORMATO DE PRUEBA SE-03-07 PARA 10 kV.

3.3.3 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS PARA LA EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL AISLAMIENTO.

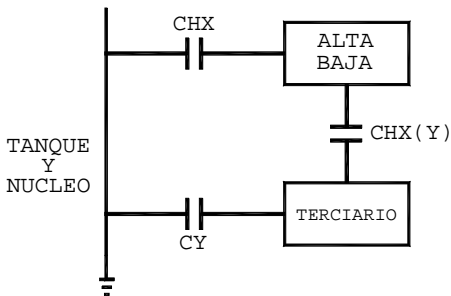
En la figura 3.10 se muestra esquemáticamente en cada uno de sus incisos, la representación de los aislamientos que constituyen a los transformadores de potencia de dos y tres devanados, autotransformadores y reactores respectivamente, en donde las consideraciones para todos ellos (monofásicos o trifásicos) son las mismas.



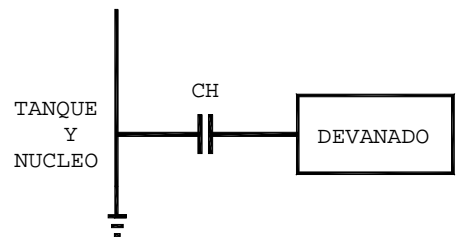
TRANSFORMADOR DE 2 DAVANADOS



TRANSFORMADOR DE 3 DAVANADOS



AUTOTRANSFORMADOR



REACTOR

Fig. 3.10 REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA PARA AISLAMIENTOS DE TRANSFORMADORES, AUTOTRANSFORMADORES Y REACTORES



Los aislamientos representados como CH, CX y CY, son respectivamente los aislamientos entre el devanado de alta tensión y tierra, el devanado de baja tensión y tierra, y el devanado terciario y tierra. Los aislamientos representados como CHX, CXY y CHY, son los aislamientos entre devanados.

CH- Se refiere al aislamiento entre los conductores de alto voltaje y las partes aterrizadas (tanque y núcleo), incluyendo boquillas, aislamiento del devanado, aislamiento de elementos de soporte y aceite.

CX- Se refiere al aislamiento entre los conductores de bajo voltaje y las partes aterrizadas (tanque y núcleo), incluyendo boquillas, aislamiento del devanado, aislamiento de elementos de soporte y aceite.

CY- Se refiere al aislamiento entre los conductores del terciario y las partes aterrizadas (tanque y núcleo) incluyendo boquillas, aislamiento de devanado, aislamiento de elementos de soporte y aceite.

CHX, CHY y CXY- Se refieren al aislamiento de los dos devanados correspondientes, barreras y aceite entre los devanados.

El criterio a utilizar para considerar un valor de Factor de Potencia aceptable, para un transformador con aislamiento clase "A" y sumergido en aceite, el valor debe ser de 0.5 a 1.0 %, a una temperatura de 20 °C.

Para valores mayores al 1.0 % de Factor de Potencia, se recomienda investigar la causa que lo origina, que puede ser provocada por degradación del aceite aislante, humedad y/o suciedad en los aislamientos o por posible deficiencia de alguna de las boquillas. Revisar la estadística de valores obtenidos en pruebas anteriores, con el objeto de analizar la tendencia en el comportamiento de dichos valores. Si se detecta que éstos se han ido incrementando, debe programarse un mantenimiento general.



3.4 PRUEBA DE CORRIENTE DE EXCITACIÓN.

La prueba de Corriente de Excitación, en los transformadores de potencia, permite detectar daños o cambios en la geometría de núcleo y devanados; así como espiras en cortocircuito y juntas o terminales con mala calidad desde su construcción.

Las pruebas de corriente de excitación se realizan con el medidor de factor de potencia que se disponga.

3.4.1 RECOMENDACIONES PARA EFECTUAR LA PRUEBA DE CORRIENTE DE EXCITACIÓN.

- a) Tomar en cuenta lo establecido en el punto 2.3.1, sobre recomendaciones generales de prueba.
- b) Retirar los conductores de la llegada a las boquillas.
- c) Todas las pruebas de Corriente de Excitación deben efectuarse en el devanado de mayor tensión.
- d) Cada devanado debe medirse en dos direcciones, es decir, primero se energiza una terminal, se registran sus lecturas y enseguida se energiza la otra terminal registrando también sus lecturas; esto con la finalidad de verificar el devanado en sus extremos y corroborar la consistencia de la prueba.
- e) En conexión estrella desconectar el neutro del devanado que se encuentra bajo prueba debiendo permanecer aterrizado el neutro del devanado de menor tensión (caso estrella-estrella).
- f) Asegurar que los devanados no energizados en la prueba, están libres de toda proximidad de personal, cables, etc. en virtud de que al energizar el devanado bajo prueba, se induce un potencial en el resto de los devanados.
- g) La tensión de prueba en los devanados conectados en Estrella no debe exceder la tensión nominal de línea a neutro del transformador.
- h) La tensión de prueba en los devanados conectados en Delta no debe exceder la tensión nominal de línea a línea del transformador.



- i) Antes de efectuar cualquier medición, al ajustar la tensión de prueba con el selector en posición Check, verificar que se estabilice la aguja del medidor (en medidores analógicos).
- j) Si al efectuar las mediciones se presentan problemas para obtener los valores esperados en la prueba, puede existir magnetismo remanente en el núcleo, recomendándose desmagnetizar a este de acuerdo con el tipo de conexión que se tenga en el devanado primario. Otra causa de inestabilidad de la aguja puede deberse a interferencia electromagnética.
- k) Se recomienda para equipo nuevo o reparado, que se prepara para entrar en servicio, efectuar esta prueba en todas las posiciones (tap's) del cambiador de derivaciones; Para transformadores en operación que son librados para efectuar pruebas eléctricas, se recomienda efectuar la prueba de corriente de excitación únicamente en la posición de operación del cambiador. La razón de esto es que en caso de un desajuste en el cambiador originado por el accionamiento del mismo, el transformador no podría volver a energizarse.
- l) Debido al comportamiento no lineal de la Corriente de Excitación a bajas tensiones, es importante que las pruebas se realicen a valores lo más exactos posibles en cuanto a la tensión aplicada y la lectura de corriente, para poder comparar los resultados con pruebas anteriores.

3.4.2 FACTOR QUE AFECTA A LA PRUEBA.

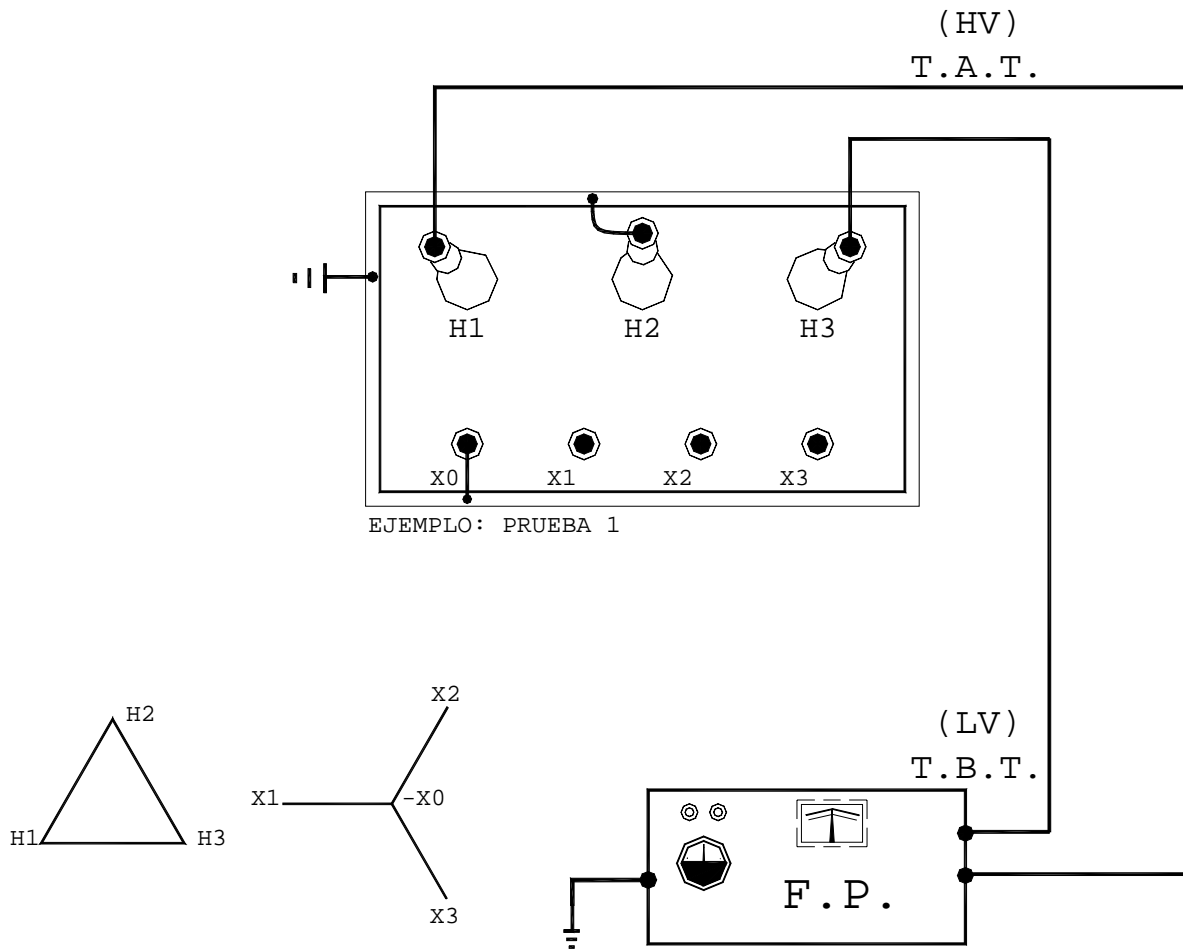
En la prueba de Corriente de Excitación un factor que afecta las lecturas, en forma relevante, es el magnetismo remanente en el núcleo del transformador bajo prueba y se debe eliminar conforme a lo indicado en el capítulo 2 sección 2.3.4.2.1.

3.4.3 CONEXIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA.

En las figuras, de la 3.11 a la 3.16, se muestran las conexiones de prueba de corriente de excitación para los transformadores de dos y tres devanados, autotransformadores y reactores.

Las pruebas se realizan con el selector (LV) en la posición de UST. El medidor de 2.5 kV da el resultado en mVA que al dividirlo entre la tensión de prueba de 2500 volts, se obtiene la corriente de excitación. Los medidores de 10 kV y 12 kV dan la lectura en mA directamente.

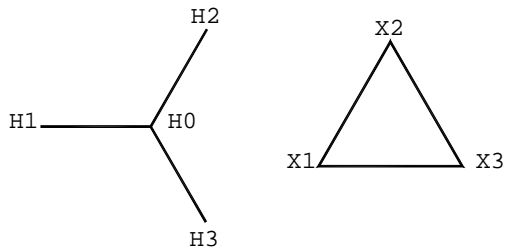
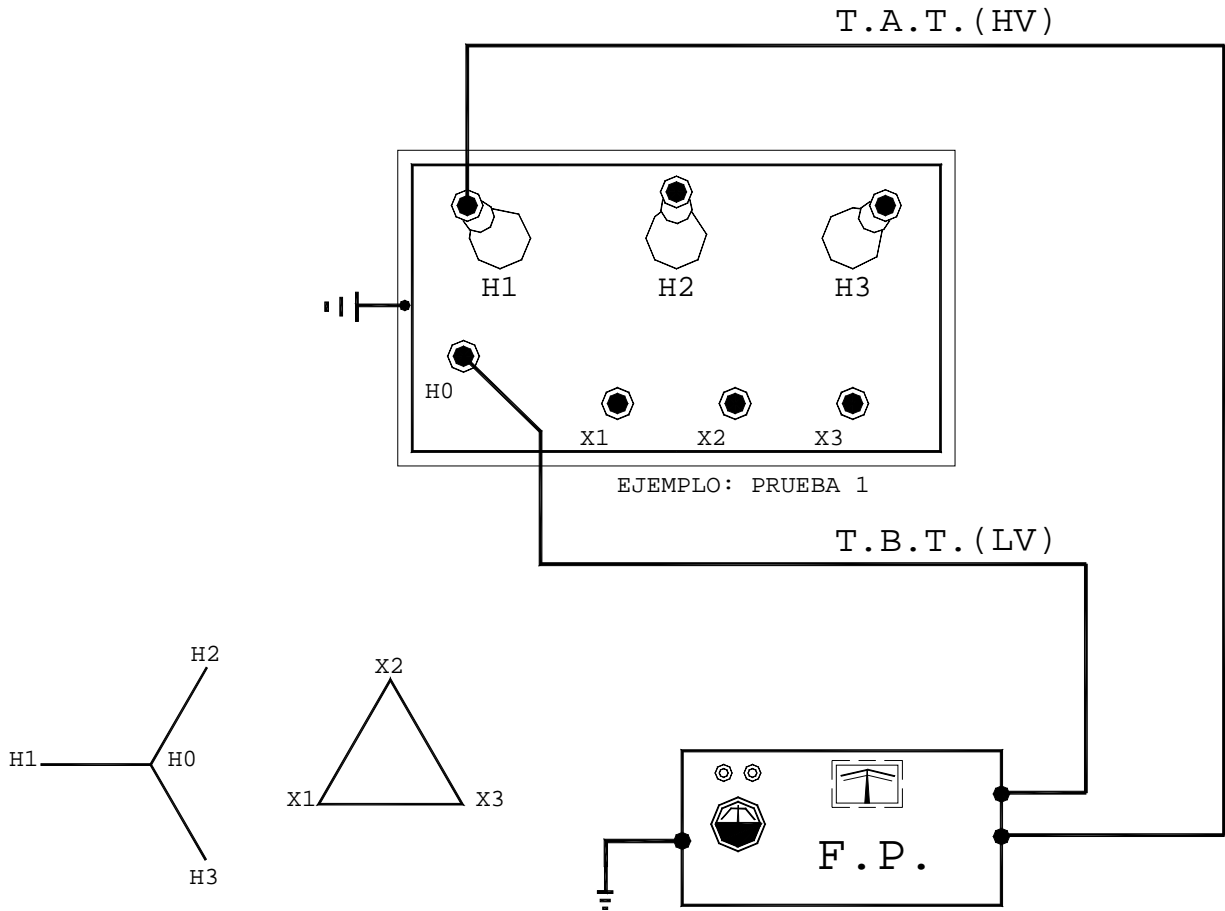
81 06 26	Revisiones:	85 01 12	91 09 20	93 12 24	02 05 25	07 01 30
----------	-------------	----------	----------	----------	----------	----------



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	T.A.T.	T.B.T.	ATERORIZAR	SELECTOR	
1	H1	H3	H2, Xo	UST	I A-C
2	H2	H1	H3, Xo	UST	I B-A
3	H3	H2	H1, Xo	UST	I C-B

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO

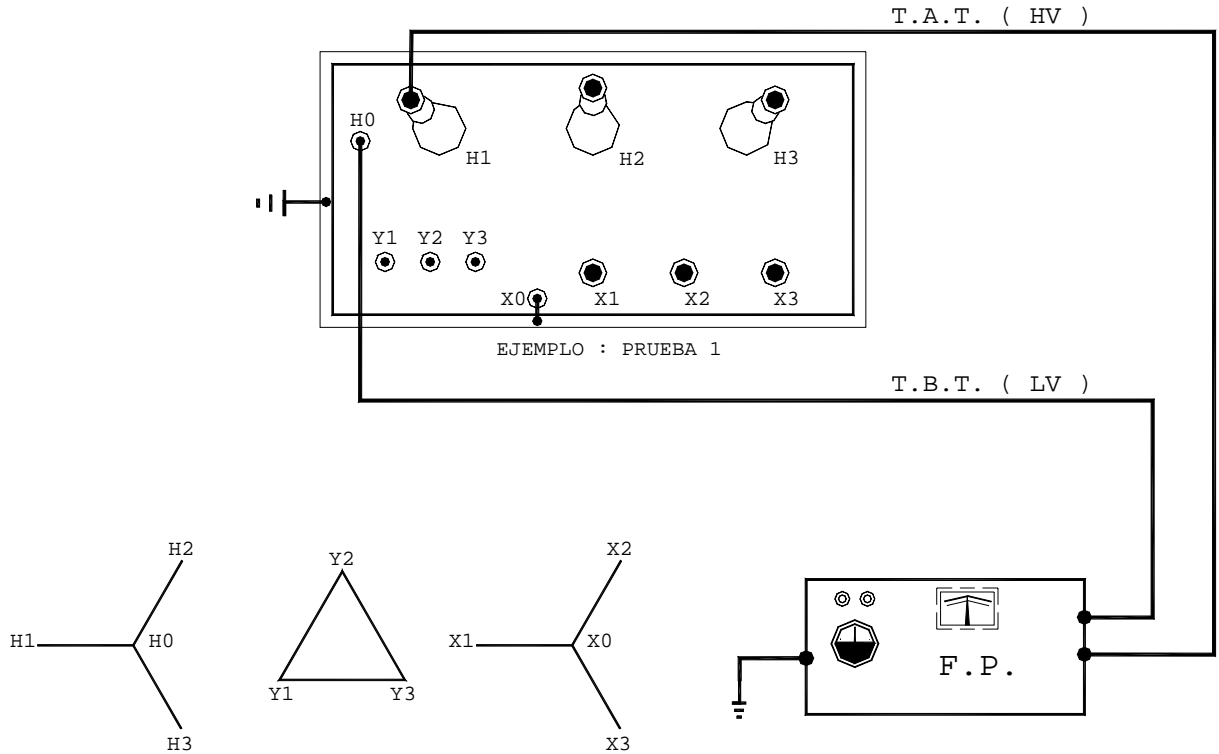
Fig. 3.11 TRANSFORMADORES DE DOS DEVANADOS
 PRUEBA DE CORRIENTE DE EXCITACION
 TRANSFORMADOR CON DEVANADO DE A.T. EN DELTA
 UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-08



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	T.A.T.	T.B.T.	SELECTOR	
1	H1	H0	UST	IA
2	H2	H0	UST	IB
3	H3	H0	UST	IC

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO

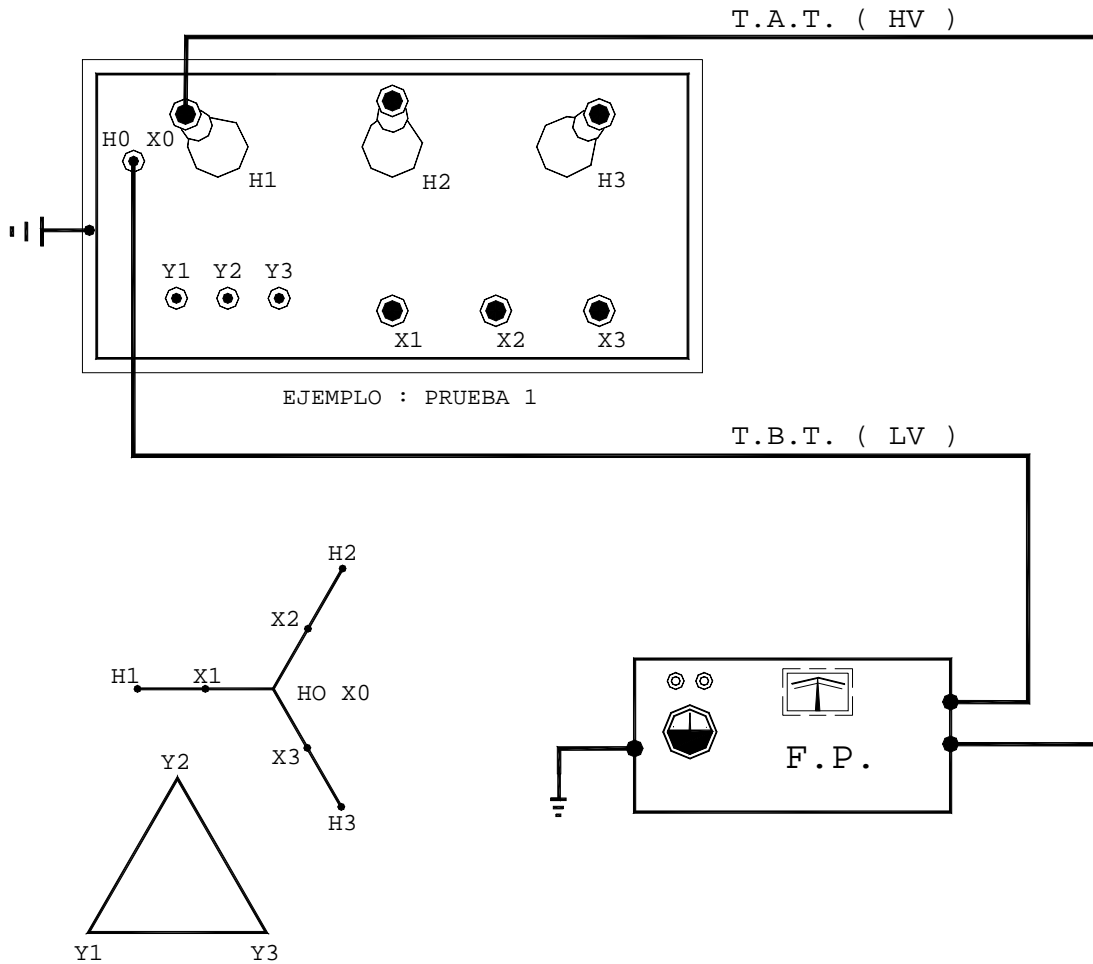
Fig. 3.12 TRANSFORMADORES DE DOS DEVANADOS
 PRUEBA DE CORRIENTE DE EXCITACIÓN
 TRANSFORMADOR CON DEVANADO DE A.T. EN ESTRELLA
 UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-09



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	T.A.T.	T.B.T.	ATERRIZAR	SELECTOR	
1	H1	H0	X0	UST	I A
2	H2	H0	X0	UST	I B
3	H3	H0	X0	UST	I C

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO

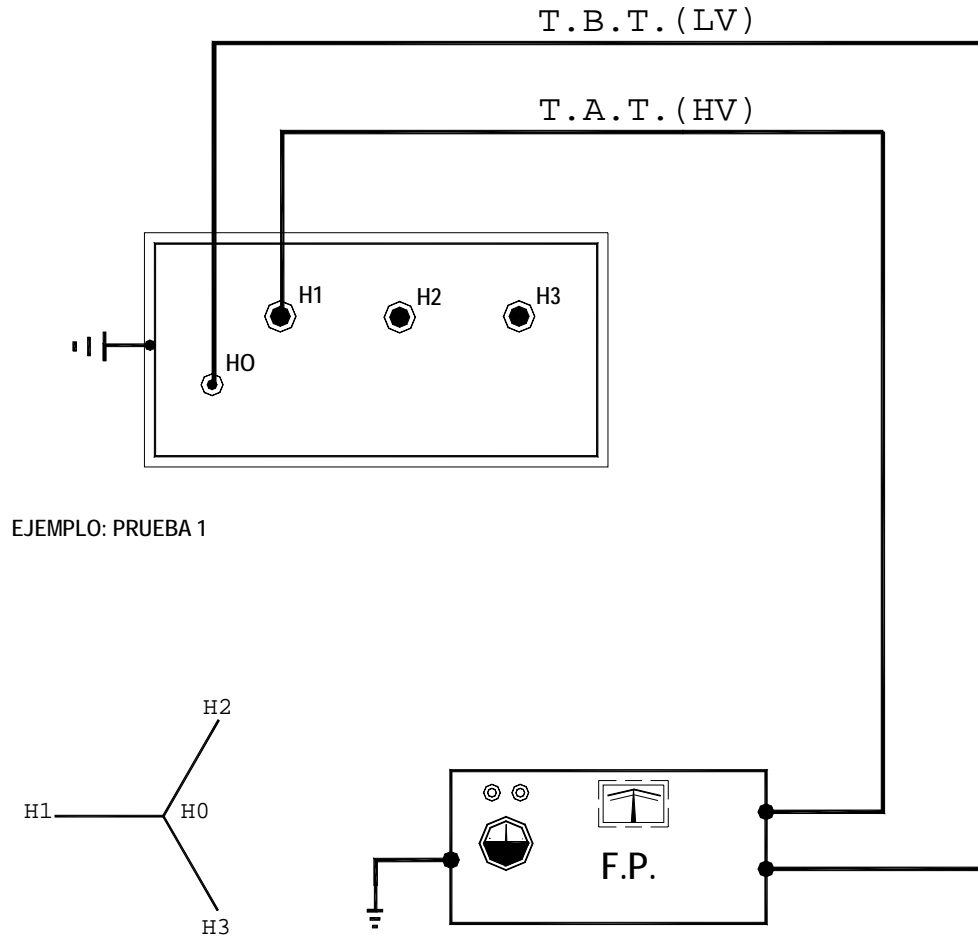
Fig. 3.13 TRANSFORMADORES DE TRES DEVANADOS
 PRUEBA DE CORRIENTE DE EXCITACION
 UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-09



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	T.A.T.	T.B.T.	SELECTOR	
1	H1	H0 X0	UST	I A
2	H2	H0 X0	UST	I B
3	H3	H0 X0	UST	I C

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO

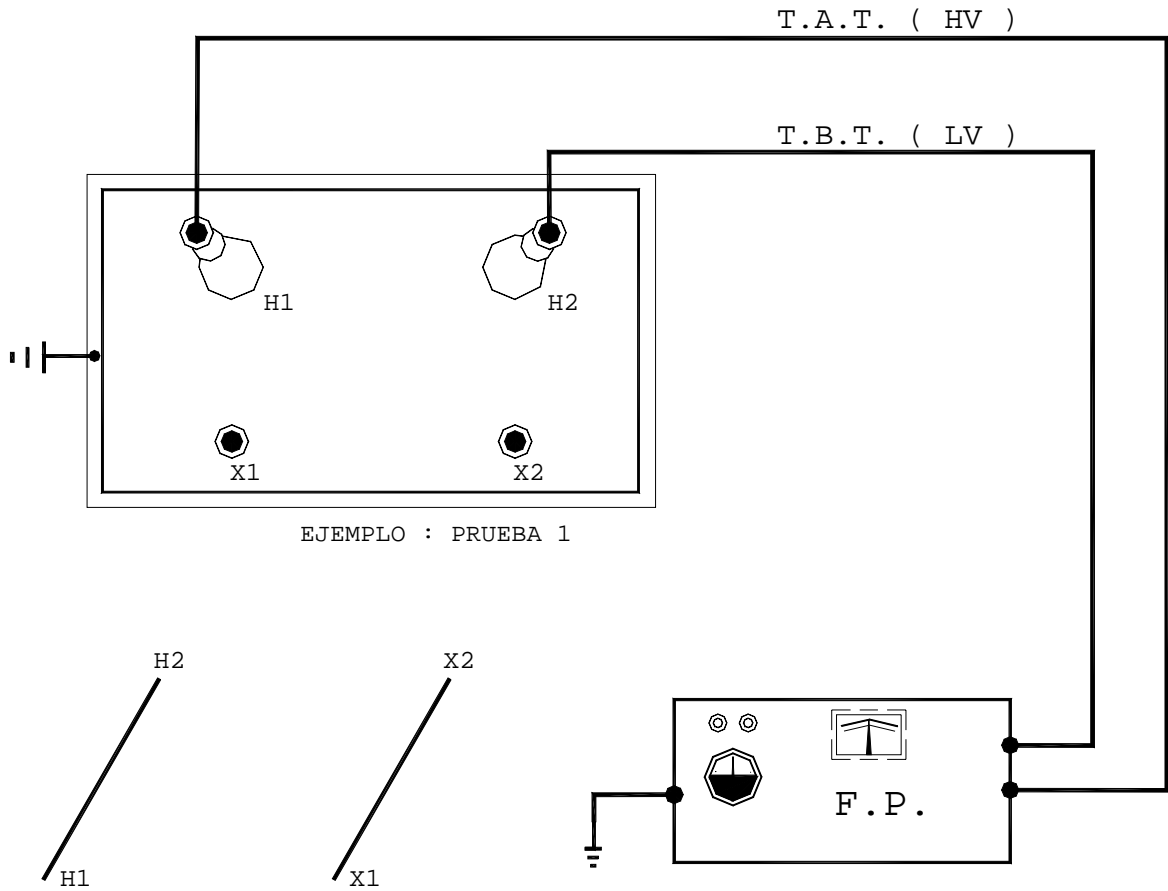
Fig. 3.14 AUTOTRANSFORMADORES
 PRUEBA DE CORRIENTE DE EXCITACION
 UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-09



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	T.A.T.	T.B.T.	SELECTOR	
1	H1	H0	UST	I A
2	H2	H0	UST	I B
3	H3	H0	UST	I C

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO

Fig. 3.15 REACTORES
 PRUEBA DE CORRIENTE DE EXCITACION
 UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-09



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	T.A.T.	T.B.T.	ATERRIZAR	SELECTOR	
1	H1	H2	Tq	UST	I A-B
2	H2	H1	Tq	UST	I B-A

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO

Fig. 3.16 TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS
 PRUEBA DE CORRIENTE DE EXCITACION
 UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-10

3.4.4 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Una corriente excesiva puede deberse a un corto circuito entre dos o varias espiras del devanado cuyo valor se adiciona a la corriente normal de excitación. También el exceso de corriente puede deberse a defectos dentro del circuito magnético como pueden ser fallas en el aislamiento de los tornillos de sujeción del núcleo o entre laminaciones.

Se recomienda que los resultados se comparen entre unidades similares cuando se carezca de datos anteriores o de alguna estadística sobre el equipo bajo prueba, que permita efectuar dicha comparación.

Otra manera para evaluar los resultados de las pruebas en transformadores con conexión delta en alta tensión, es que el valor de corriente obtenido en la medición de la fase central (H2-H1) debe ser aproximadamente la mitad del valor de las fases adyacentes (H1-H3), (H3-H2).

Para transformadores con conexión estrella, el valor de la corriente en la fase central (H2-H0), debe ser ligeramente menor al valor de las corrientes en las fases adyacentes (H1-H0), (H3-H0).

En transformadores de potencia que cuentan con cambiador de derivaciones bajo carga, pueden existir algunas excepciones al realizar esta prueba, ya que algunas veces es posible excitar a 10 kV cuando el autotransformador de prevención asociado con cada fase del cambiador de derivaciones no esta incluido en la medición, de otra manera será posible excitar el devanado con una relativa baja tensión (por ejemplo 2 kV) cuando la posición del cambiador es tal que el autotransformador preventivo esta incluido en el circuito del devanado. Por consiguiente, esta es una de las situaciones en donde se realizan pruebas de corriente de excitación a tensiones de 10 kV en posiciones en las cuales no esta incluido el autotransformador preventivo y en algunas pruebas se debe utilizar una menor tensión cuando el autotransformador preventivo esta incluido en el circuito del devanado bajo prueba.

3.4.5 VALORES CARACTERÍSTICOS PARA LA PRUEBA DE CORRIENTE DE EXCITACIÓN.

Es importante considerar los criterios de valoración para la prueba de corriente de excitación, más que contar con una base de datos de valores típicos de la corriente de excitación en transformadores de potencia.



La prueba, como se ha mencionado con anterioridad, consiste en determinar la corriente (en miliamperes) que circula en una fase o fases del devanado de alta tensión de un transformador bajo prueba, con el devanado de media tensión flotando, pero con la conexión de la terminal XO conectada a tierra (por la conexión estrella del devanado secundario)

La prueba siempre debe realizarse en el devanado de mayor tensión, independientemente del tipo de transformador que se trate, ya sea elevador o reductor.

Siempre se debe realizar la prueba de corriente de excitación aplicando la misma tensión de prueba para todas las fases, además de aplicarlo en un extremo del devanado y posteriormente aplicarlo en sentido inverso, para descartar con esto un problema en los extremos del devanado bajo prueba y efectuar la medición en los dos sentidos de flujo magnético.

El análisis de los resultados de la prueba de corriente de excitación define que para un transformador monofásico, la lectura de corriente en un sentido debe ser igual al valor de corriente en sentido inverso.

Para los transformadores trifásicos conectados en delta del lado de alta tensión, el modelo en las lecturas de corriente esperados debe ser similar en las fases A y C; la fase B debe tener una lectura mas baja, estadísticamente con un valor casi de la mitad comparativamente al de las dos primeras. Ello por la ubicación física y eléctrica de esta bobina con respecto a las otras dos.

En transformadores de potencia con cambiador de derivaciones para operar sin carga, en el devanado de alta tensión, es necesario realizar la prueba de corriente de excitación en cada una de sus derivaciones, para las pruebas de puesta en servicio, con el objeto de contar con los valores de referencia del transformador. Para transformadores en servicio debe efectuarse únicamente en el tap de operación en forma rutinaria.

Una evaluación rápida de estas lecturas toma el criterio de que a mayor tensión de operación del devanado de alta tensión se debe esperar menos corriente en la medición; es decir, al iniciar la prueba en el tap número 1 se deben obtener valores cada vez mayores hasta llegar al tap número 5, estos valores medidos de la corriente de excitación deben compararse con valores obtenidos en pruebas efectuadas con anterioridad o de puesta en servicio.

La prueba de corriente de excitación también se realiza a transformadores que cuentan con cambiadores de derivaciones para operar con carga.

81 06 26	Revisiones:	85 01 12	91 09 20	93 12 24	02 05 25	07 01 30
----------	-------------	----------	----------	----------	----------	----------



Cuando se tiene un cambiador de derivaciones para operar bajo carga en el devanado de media tensión, las lecturas pueden diferir para las varias derivaciones, esperándose que la relación entre ellas permanezca inalterada para cada derivación.

Las lecturas para las pruebas en las posiciones impares deben tender a ser iguales. Las lecturas para las pruebas en las posiciones pares deben tender a ser iguales.

En este tipo de transformadores es necesario realizar la prueba de corriente de excitación en sus posiciones pares, los valores de lectura deben de ser muy similares considerando el modelo que se tiene para transformadores trifásicos.

Un valor de lectura diferente no siempre es indicio de que exista un problema en el devanado, puede ser que exista magnetismo remanente en el núcleo del transformador bajo prueba, por lo que se sugiere investigar la causa y complementarla con otras pruebas.

Algunas veces en las posiciones impares no es posible obtener lectura de corriente de excitación, lo cual no significa que exista un problema en el devanado, si no que en esta posición intervienen elementos tales como el reactor, el transformador serie, etc., los cuales demandan una mayor corriente (mas de 300 miliamperes) que la mayoría de los equipos de prueba no pueden registrar. En caso de que esto suceda, debe verificarse la correcta operación de estas derivaciones, con la prueba de relación de transformación.

Las tablas 3.4 que se presentan a continuación, muestran algunos valores típicos de corriente de excitación obtenidos de transformadores que se encuentran en operación, mismos que no pretenden establecer una regla en cuanto al comportamiento de los mismos, sino más bien una guía auxiliar con valores de referencia obtenidos en campo.



TABLA 3.4 PRUEBA CORRIENTE DE EXCITACIÓN (VALORES DE REFERENCIA)

PRUEBAS DE CORRIENTE DE EXCITACIÓN A TRANSFORMADORES (mA)							
MARCA	RELACION	MVA	CONEXIÓN	TAP	H1-H0 H1-H3	H2-H0 H2-H1	H3-H0 H3-H2
IEM	69.3-23.8	24/32/40	D-Y	1	44.20	17.27	44.80
	66.0-23.8			3	48.65	19.95	49.15
	62.5-23.8			5	53.35	22.10	54.10
IESA	69.3-23.8	12/16/20	D-Y	1	19.00	11.00	19.25
	66.0-23.8			3	20.50	11.10	20.10
	62.7-23.8			5	22.25	12.10	22.00
IEM	70.7-23.8	24/32/40	D-Y	1	33.05	15.35	34.10
	69.0-23.8			2	34.45	15.95	35.70
	63.8-23.8			5	39.45	18.05	40.70
IEM	70.7-23.8	24/32/40	D-Y	1	33.82	15.12	34.72
	69.0-23.8			2	34.83	16.00	35.70
	63.8-23.8			5	39.45	17.95	39.80
IEM	70.7-23.8	24/32/40	D-Y	1	37.90	16.50	34.60
	69.0-23.8			2	39.50	17.10	35.90
	63.8-23.8			5	45.70	19.20	41.55
IEM	70.7-23.8	24/32/40	D-Y	1	39.00	16.05	39.65
	69.0-23.8			2	39.50	16.10	39.20
	63.8-23.8			5	45.55	18.55	45.50
IEM	70.7-23.8	24/32/40	D-Y	1	38.00	16.80	39.60
	69.0-23.8			2	39.40	17.30	40.50
	63.8-23.8			5	44.60	19.50	46.50
PICMSA	70.7-23.8	24/32/40	D-Y	1	35.00	15.45	36.25
	69.0-23.8			2	36.60	16.17	38.00
	63.8-23.8			5	41.60	18.35	42.90
PROLEC	70.7-23.8	24/32/40	D-Y	1	29.30	11.75	29.40
	69.0-23.8			2	30.55	12.27	30.65
	63.8-23.8			5	42.40	13.90	34.85
PROLEC	70.7-23.8	24/32/40	D-Y	1	29.88	12.40	29.68
	69.0-23.8			2	31.13	12.91	30.90
	63.8-23.8			5	35.23	14.53	35.01
IEM	70.7-23.8	24/32/40	D-Y	1	35.35	15.70	34.7
	69.0-23.8			2	36.80	16.40	36.15
	63.8-23.8			5	42.80	18.95	41.90



TABLA 3.4 PRUEBACORRIENTE DE EXCITACIÓN (VALORES DE REFERENCIA)

PRUEBAS DE CORRIENTE DE EXCITACIÓN A TRANSFORMADORES (mA)							
MARCA	RELACION	MVA	CONEXIÓN	TAP	H1-H0 H1-H3	H2-H0 H2-H1	H3-H0 H3-H2
IEM	70.7-23.8	24/32/40	D-Y	1	42.35	19.92	40.90
	69.0-23.8			2	44.55	20.95	43.20
	63.8-23.8			5	50.55	23.80	49.20
IEM	70.7-23.8	24/32/40	D-Y	1	38.75	17.05	39.60
	69.0-23.8			2	40.17	17.60	40.65
	63.8-23.8			5	45.50	19.70	46.22
IEM	70.7-22.9	20/25	D-Y	1	36.17	14.90	34.47
	69.0-22.9			2	37.50	15.40	35.75
	63.8-22.9			5	42.40	17.27	40.55
OSAKA	70.7-23.9	20/25	D-Y	1	44.00	19.02	43.10
	69.0-22.9			2	45.50	19.95	44.70
	63.8-22.9			5	51.27	22.67	50.40
IEM	70.7-23.8	12/16/20	D-Y	1	20.50	10.17	20.10
PROLEC	70.72-23.8	12/16/20	D-Y	1	20.30	9.55	18.97
	69.0-23.8			2	21.78	10.35	20.19
	63.82-23.8			5	24.23	11.30	22.63
IEM	70.72-23.8	12/16/20	D-Y	1	23.41	9.14	23.32
	69.0-23.8			2	24.38	9.53	24.30
	63.82-23.8			5	27.88	10.78	27.75
PROLEC	70.72-23.8	24/32/40	D-Y	1	28.15	11.30	28.05
	69.0-23.8			2	29.30	11.90	29.05
	63.82-23.8			5	33.70	13.70	33.40
PICMSA	72.6-23.8	24/32/40	D-Y	1	30.50	12.60	31.45
	66.0-23.8			17	36.10	14.75	36.15
	59.4-23.8			33	44.20	17.50	43.60
IEM	115.5-23.8	12/16/20	D-Y	1	6.92	2.96	6.63
	110.0-23.8			3	7.39	3.13	7.11
	104.5-23.8			5	7.94	3.35	7.67
IEM	115.0-23.8	12/16/20	D-Y	1	8.11	3.05	6.64
	110.0-23.8			3	8.71	3.14	7.08
	104.5-23.8			5	9.00	3.24	7.66
ACEC	117.8-13.8	10/12.5	D-Y	1	10.29	4.69	10.65
	115.0-13.8			2	10.75	4.90	10.92
	106.2-13.8			5	12.20	5.50	12.38

TABLA 3.4 PRUEBA CORRIENTE DE EXCITACIÓN (VALORES DE REFERENCIA)

PRUEBAS DE CORRIENTE DE EXCITACIÓN A TRANSFORMADORES (mA)							
MARCA	RELACION	MVA	CONEXIÓN	TAP	H1-H0 H1-H3	H2-H0 H2-H1	H3-H0 H3-H2
IEM	117.8-23.8	18/24/30	D-Y	1	12.25	5.30	10.10
	115.0-23.8			2	12.55	5.40	10.50
	105.5-23.8			5	14.10	6.10	14.10
VOLTRAN	115.5-23.8	12/16/20	D-Y	3	7.75	3.04	7.63
IEM	115.5-23.8	12/16/20	D-Y	3	7.04	2.39	6.58
PROLEC	117.8-13.8	12/16/20	D-Y	1	6.37	3.13	6.63
	115.0-13.8			2	6.65	3.27	6.89
	106.3-13.8			5	7.61	3.71	7.90
PROLEC	117.8-23.0	18/24/30	D-Y	1	7.81	3.72	7.72
	115.0-23.0			2	8.15	3.87	8.06
	106.3-23.0			5	9.31	4.41	9.19
PROLEC	117.8-23.0	18/24/30	D-Y	1	9.97	4.02	10.67
	115.0-23.0			2	10.41	4.19	11.16
	106.3-23.0			5	11.86	4.77	12.68
VOLTRAN	24.15-13.8	5.0/6.25	Y-Y	1	78.17	52.52	75.54
	23.00-13.8			3	86.27	57.80	83.41
	21.85-13.8			5	95.92	64.10	92.74
IESA	21.85-13.8	3.5	Y-Y	4	115.20	74.03	112.70

3.4.6 METODO ALTERNO PARA LA PRUEBA DE CORRIENTE DE EXCITACIÓN.

Al realizar esta prueba a transformadores conectados en delta en el devanado de alta tensión, es posible realizarla de diferentes formas y el resultado tiene que ser el mismo. A continuación se describen a detalle estos tres métodos con base en el diagrama vectorial de la siguiente figura:

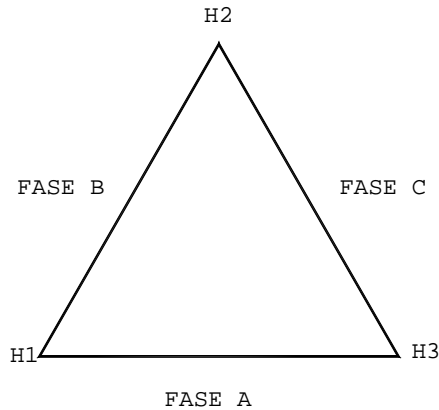


Fig. 3.17 DIAGRAMA VECTORIAL PARA UN DEVANADO CONEXIÓN DELTA

PRIMER METODO

FASE	CABLE HV	CABLE LV	TIERRA	DIRECCION
A	H3	H1	H2, X _o	H3-H1
B	H1	H2	H3, X _o	H1-H2
C	H2	H3	H1, X _o	H2-H3

* POSICIÓN DEL CABLE LV EN UST.

SEGUNDO MÉTODO

FASE	CABLE HV	CABLE LV	TIERRA	DIRECCION
A	H1	H3	H2,Xo	H1-H3
B	H2	H1	H3,Xo	H2-H1
C	H3	H2	H1,Xo	H3-H2

- POSICION DEL CABLE LV EN UST.

TERCER METODO

CABLE HV	CABLE LV	TIERRA	DIRECCION
H1	H2,H3	Xo	(H1-H2) + (H1-H3)
H2	H3,H1	Xo	(H2-H3) + (H2-H1)
H3	H1,H2	Xo	(H3-H1) + (H3-H2)

- * POSICIÓN DEL CABLE LV EN UST.

Si se sustituyen las direcciones por las fases medidas, se tiene lo siguiente:

PRUEBA	CABLE HV	CABLE LV	TIERRA	FASES MEDIDAS
1	H1	H2,H3	Xo	B + A
2	H2	H3,H1	Xo	C + B
3	H3	H1,H2	Xo	A + C

- POSICIÓN DEL CABLE LV EN UST.



Para obtener la corriente de la fase B: Sumar pruebas 1 y 2, restar prueba 3 y dividir entre 2.

$$\begin{array}{r}
 (1) \quad B + A \\
 + \\
 (2) \quad \underline{C + B} \\
 \hline
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 (R) \quad 2B + C + A \\
 - \\
 (3) \quad \underline{(A + C)} \\
 \hline
 \end{array}$$

-

$$(R) \quad 2B + C + A$$

$$2B$$

$$2B / 2 = B$$

Para obtener la corriente de la fase C: Sumar pruebas 2 y 3, restar prueba 1 y dividir entre 2.

$$\begin{array}{r}
 (2) \quad C + B (2) \\
 + \\
 (3) \quad \underline{A + C (3)} \\
 \hline
 (R) \quad 2C + B + A
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 (R) \quad 2C + B + A \\
 - \\
 (1) \quad \underline{(B + A)} \\
 \hline
 2C
 \end{array}$$

$$2C / 2 = C$$

Para obtener la corriente de la fase A: Sumar pruebas 3 y 1, restar prueba 2 y dividir entre 2.

$$\begin{array}{r}
 (3) \quad A + C \\
 + \\
 (1) \quad \underline{B + A} \\
 \hline
 (R) \quad 2A + C + B
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 (R) \quad 2A + C + B \\
 - \\
 (2) \quad \underline{(C + B)} \\
 \hline
 2A
 \end{array}$$

$$2A / 2 = A$$



3.5 PRUEBA DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN.

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

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

La prueba determina:

- Las condiciones del transformador después de la operación de protecciones primarias tales como: diferencial, buchholz, fusibles de potencia, etc.
- Identificación de espiras en corto circuito.
- Investigación de problemas relacionados con corrientes circulantes y distribución de carga en transformadores en paralelo.
- Cantidad de espiras en bobinas de transformadores.
- Circuito abierto (espiras, cambiador, conexiones hacia boquillas, etc.)

3.5.1 PRUEBA APLICANDO 10 kV Y UTILIZANDO UN CAPACITOR AUXILIAR.

Existe un método alternativo para determinar la relación de vueltas en un transformador aplicando una tensión de 10 kV, este método utiliza un capacitor auxiliar de 10 kV.

La prueba consiste en efectuar la medición de la capacitancia de este dispositivo auxiliar en forma independiente (C1), y su capacitancia aparente (C2) cuando es conectado en el lado del devanado de menor tensión.

3.5.1.1 PRINCIPIO DE LA PRUEBA.

El principio del método para la medición de la relación de transformación se muestra en las figuras 3.18 y 3.19. donde se puede observar que el capacitor auxiliar (Ca), es fundamental para la medición.

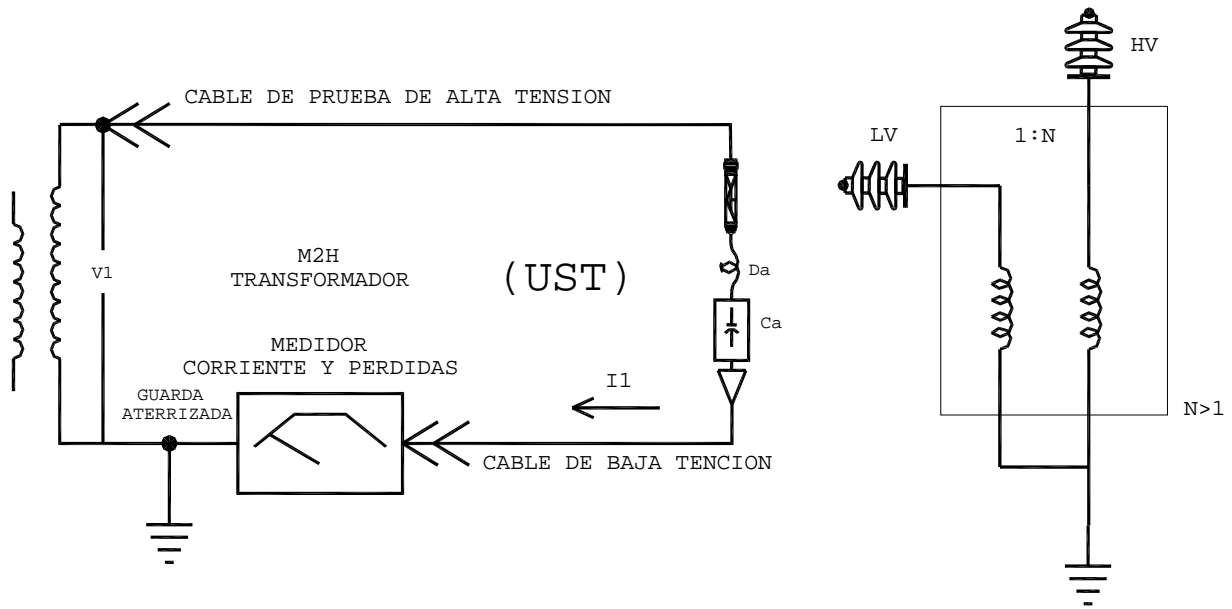


Fig. 3.18 MEDICIÓN DE C1

De la figura anterior: $I_1 = V_1 / X_{Ca}$

De donde $X_{Ca} = 1 / 2\pi f C_1$

La capacitancia medida C_a es identificada como C_1 . Para la medición de la capacitancia (C_a) del capacitor auxiliar, con el equipo de prueba y el capacitor conectado como se muestra en la figura 3.18, se mide el valor de la capacitancia C_1 .

Cuando el capacitor auxiliar se prueba de manera independiente, se encuentra bajo la tensión total de prueba V_1 , y una corriente de carga I_1 de acuerdo con la ecuación anterior. Esta corriente es esencialmente capacitiva debido a que el capacitor tiene un diseño estable.

Cuando el capacitor esta conectado a las boquillas del lado del devanado de menor tensión tal como se muestra en la figura 3.19, se tiene una nueva medición de capacitancia C_2 . En otras palabras, cuando se conecta en uno de los extremos del devanado de menor tensión del transformador y no directamente a la tensión de prueba V_1 , se tiene un valor en el capacitor inferior al valor de capacitancia de C_1 . La capacitancia C_2 es obtenida como se muestra en la figura 3.19.

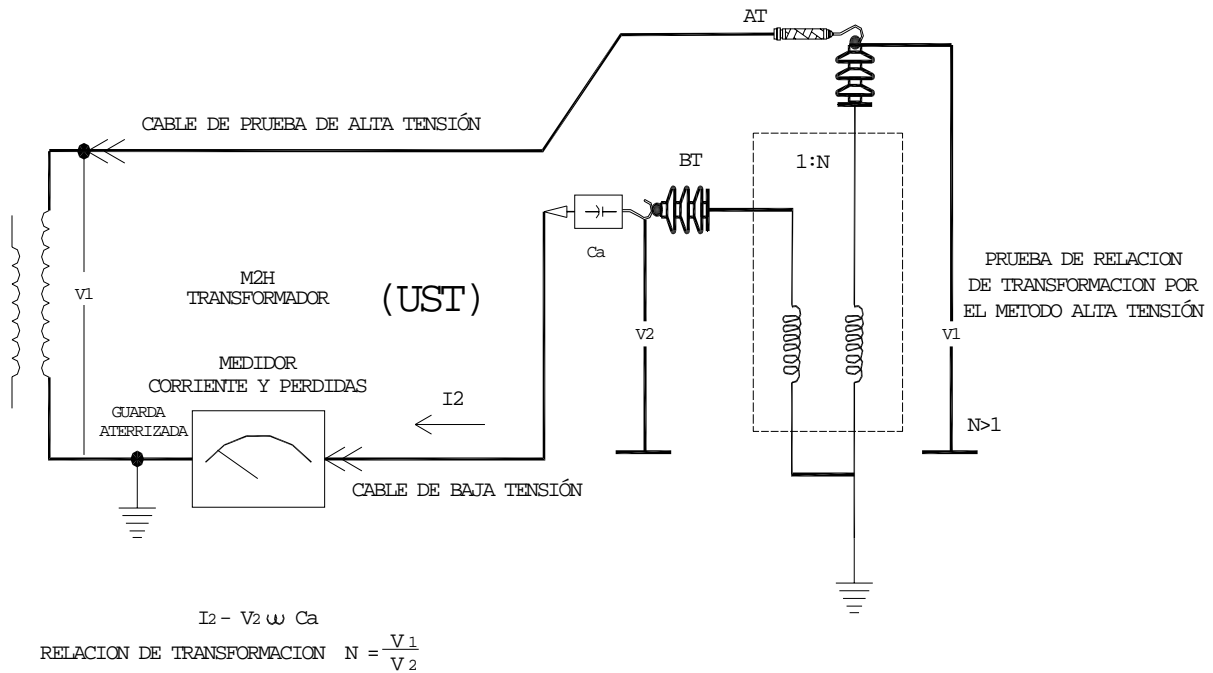


Fig. 3.19 MEDICIÓN DE C2

Por otra parte es importante señalar que la tensión de prueba no debe exceder la tensión de operación de los devanados del transformador. Para devanados con conexión estrella, la tensión de prueba no debe de exceder la tensión de línea a neutro. Todas las mediciones de relación de transformación se realizan en el devanado de alta tensión y el capacitor auxiliar se conecta al devanado de menor tensión. En el caso que se requiera realizar la prueba a un transformador de tres devanados, se realizan tres series de pruebas. Comenzando entre el devanado primario y el devanado secundario, después entre el devanado primario y el devanado terciario y por ultimo entre el devanado secundario y el devanado terciario.

3.5.1.2 CORRECCIÓN POR TEMPERATURA.

La variación de la capacitancia del capacitor auxiliar esta en función de la temperatura cuando ha sido medida sobre el rango de -20°C a $+50^{\circ}\text{C}$. Los resultados se muestran en la gráfica de la figura 3. 20.

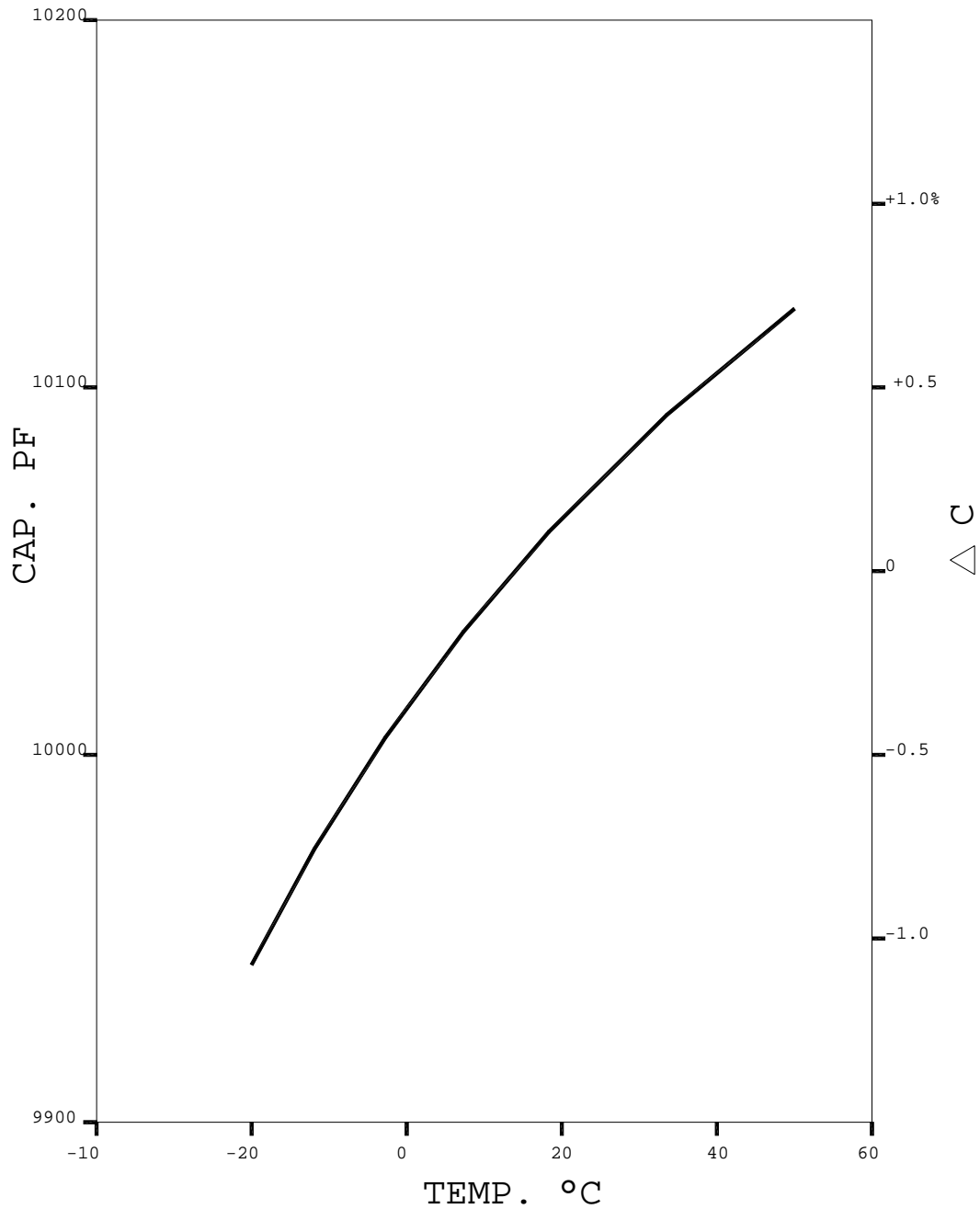


Fig. 3.20 VARIACIÓN DE LA CAPACITANCIA CON LA TEMPERATURA

De la gráfica anterior se puede observar que la capacitancia se incrementa aproximadamente 0.25% por cada 10 °C. Por esta razón cuando el capacitor sea expuesto directamente al sol es recomendable realizar la prueba en el menor tiempo posible.



3.5.2 RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA PRUEBA DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN Y POLARIDAD.

- a) Tomar en cuenta lo establecido en el punto 2.3.1, sobre recomendaciones generales de prueba.
- b) Colocar el medidor sobre una superficie firme y nivelada, tal que la manivela pueda ser operada sin interrupciones y aterrizar el equipo.
- c) Anotar los datos de placa y diagrama vectorial del equipo a probar. El diagrama vectorial es la referencia para conectar el medidor adecuadamente.
- d) Calcular la relación teórica, tomando en cuenta que la relación a medir es por fase correspondiente de alta y baja tensión de los transformadores trifásicos.
- e) Para probadores monofasicos manuales-analogicos:
 - Conectar las terminales de excitación del TTR, GN y GR al devanado de baja tensión del transformador bajo prueba, y las terminales secundarias CN y CR se deben conectar al devanado de alta tensión.
 - Los valores de relación teóricos calculados sirven de base para seleccionar el valor esperado en el medidor.
 - Accionar la manivela manteniendo 8 volts de excitación y operar los selectores de menor rango hasta lograr la deflexión nula en el galvanómetro. (Solo para probadores monofasicos manuales-analogicos).
 - En caso de no contar con datos de placa del transformador actuar de la siguiente manera: Girar el primer selector un paso en el sentido de las manecillas del reloj, accionar la manivela del generador 1/4 de vuelta y observar el galvanómetro; si aun se deflexiona hacia la izquierda, continuar girando el selector en el sentido de las manecillas del reloj hasta que finalmente en uno de los pasos, la aguja del galvanómetro se deflexione hacia la derecha, mientras tanto, continuar girando la manivela. Regresar un paso el selector, la aguja del galvanómetro se deflexiona hacia la izquierda. Repetir el procedimiento para el segundo y tercer selector. Accionar lentamente el cuarto selector (potenciometro) en el sentido de las manecillas del reloj hasta que la deflexión de la aguja del galvanómetro sea mínima y continuar girando lentamente la manivela del generador. Incrementar su velocidad hasta obtener una lectura de 8 volts, en ese momento ajustar el cuarto selector hasta que la aguja del galvanómetro no se deflexione fuera de la marca central de balance.

f) Para el metodo de capacitancias:

- Retirar los conductores de llegada a las boquillas, sin desconectar el bajante de la terminal XO o HO-XO según el transformador bajo prueba.
- Realizar la prueba del capacitor auxiliar en forma independiente y anotar su valor en caso de utilizar un factor de potencia que no sea automático.
- Analizar el diagrama vectorial para realizar la prueba correctamente.
- Antes de conectar el capacitor auxiliar al transformador, conectar la terminal de bajo voltaje del equipo de factor de potencia (LV) a la terminal de bajo voltaje del capacitor auxiliar.
- Conectar la terminal de alto voltaje del capacitor auxiliar a la terminal de baja tension del transformador a probar.
- El equipo de factor de potencia debe posicionarse en el modo UST
- Con el capacitor auxiliar conectado apropiadamente al transformador y el cambiador de derivaciones en la posición que se desea medir, se aplica una tension de 10 kV, si no se puede aplicar esta tension entonces seleccionar uno mas bajo.
- Se obtiene el valor de C2.
- La tension mayor de prueba no debe exceder el rango de tension de los devanados.
- Registrar el valor de la capacitancia en cada una de las pruebas.
- La relación de transformación se calcula de la siguiente manera: se divide el valor de capacitancia obtenido en la prueba independiente del capacitor entre el valor de la capacitancia obtenido en la medición del capacitor conectado en el lado de menor tensión de los devanados del transformador.

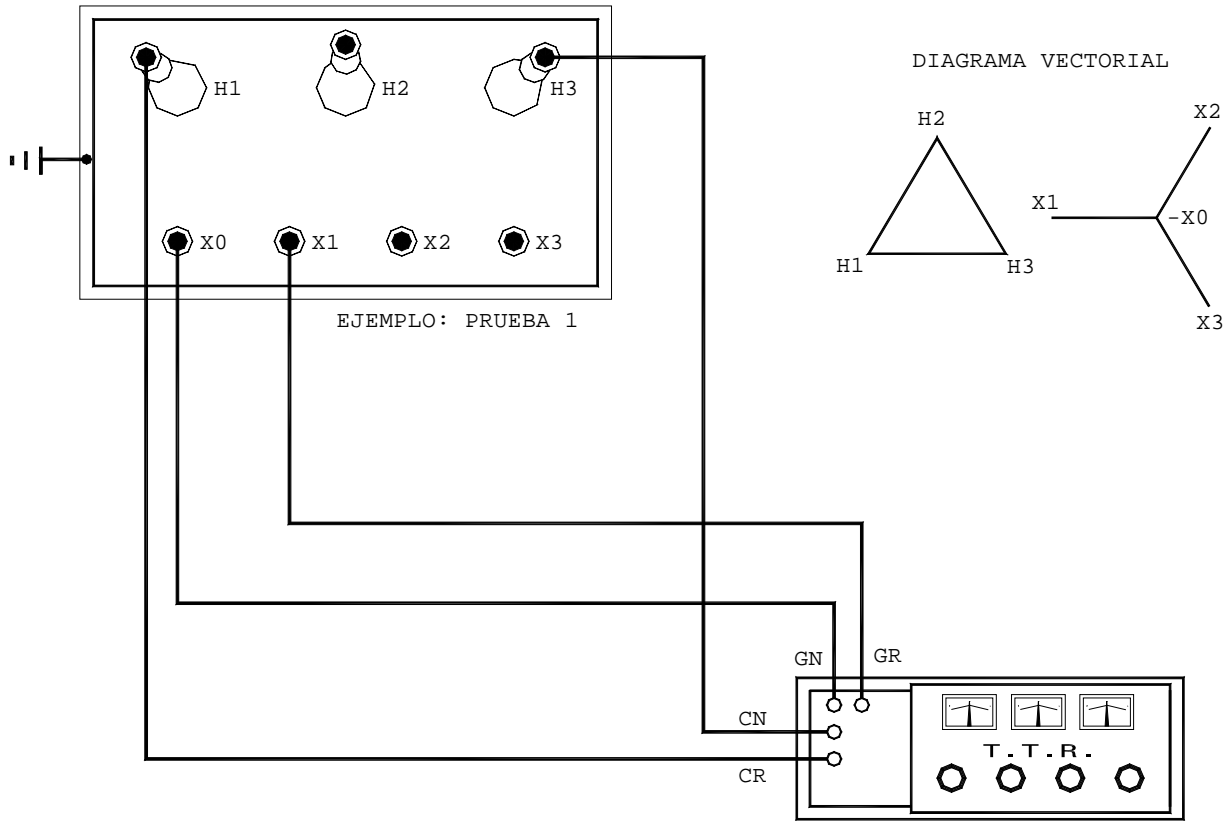
g) Efectuar las mediciones y registrar las lecturas en el formato correspondiente.

h) Al terminar la prueba, poner fuera de servicio el medidor.

3.5.3 CONEXIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA.

En las figuras de la 3.21 a la 3.24 se presentan los diagramas de conexión de circuitos de prueba de transformadores utilizando medidores manuales-analogicos o digitales.

Por otra parte en las figuras de la 3.25 y 3.29 se muestran los diagramas de conexión para los circuitos de prueba de transformadores utilizando el método de capacitancias.

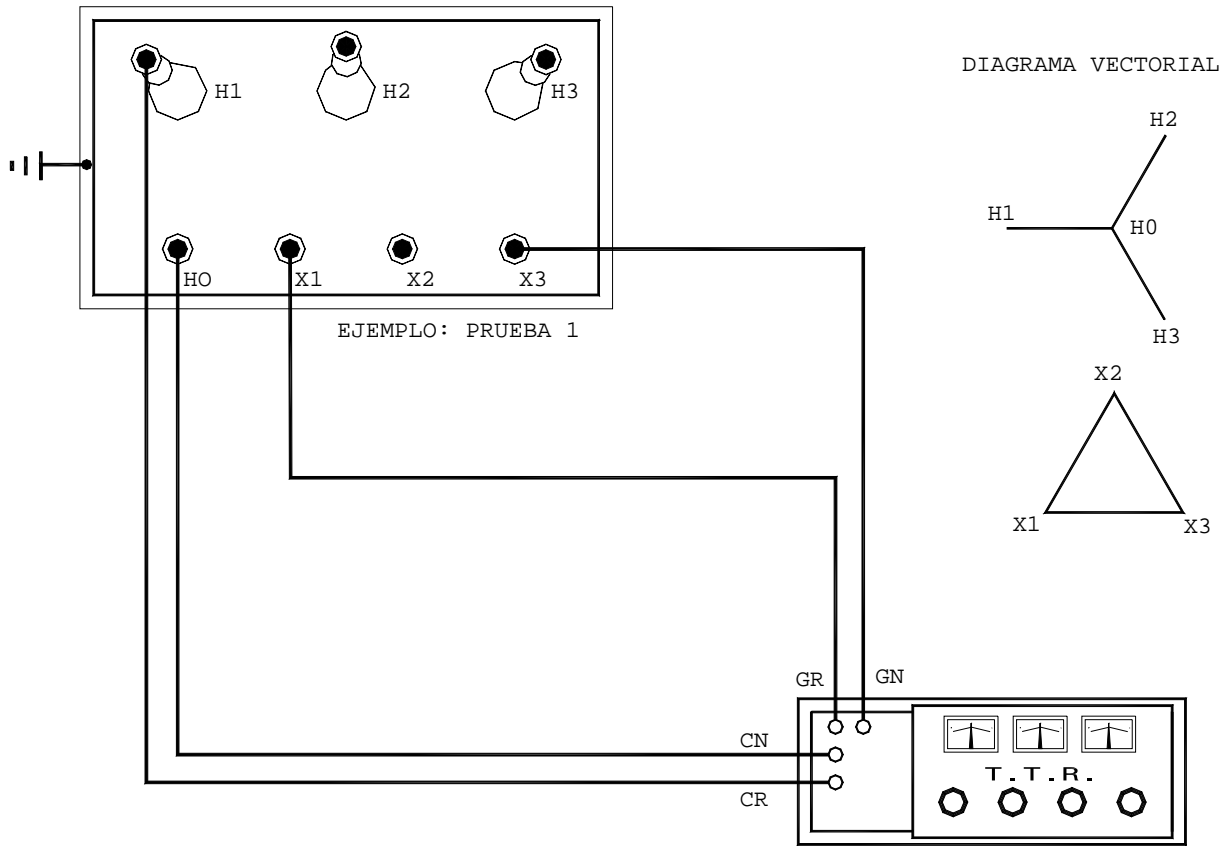


GN , GR = TERMINALES DE EXCITACION NEGRA Y ROJA
 CN , CR = TERMINALES SECUNDARIAS NEGRA Y ROJA

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

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO

Fig. 3.21 TRANSFORMADORES DE DOS DEVANADOS
 PRUEBA DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN
 TRANSFORMADOR EN DELTA-ESTRELLA
 UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-12
 SE-03-14

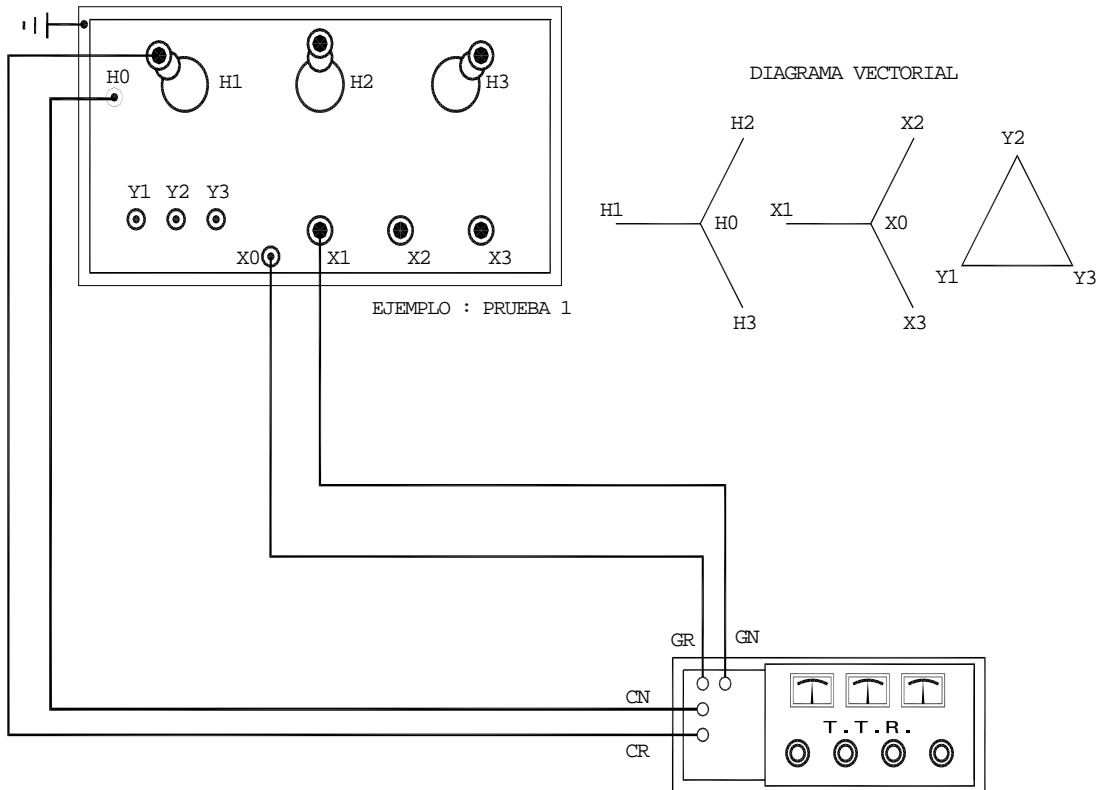


GN , GR = TERMINALES DE EXCITACION NEGRA Y ROJA
 CN , CR = TERMINALES SECUNDARIAS NEGRA Y ROJA

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

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO

Fig. 3.22 TRANSFORMADORES DE DOS DEVANADOS
 PRUEBA DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN
 TRANSFORMADOR EN ESTRELLA-DELTA
 UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-12
 SE-03-14

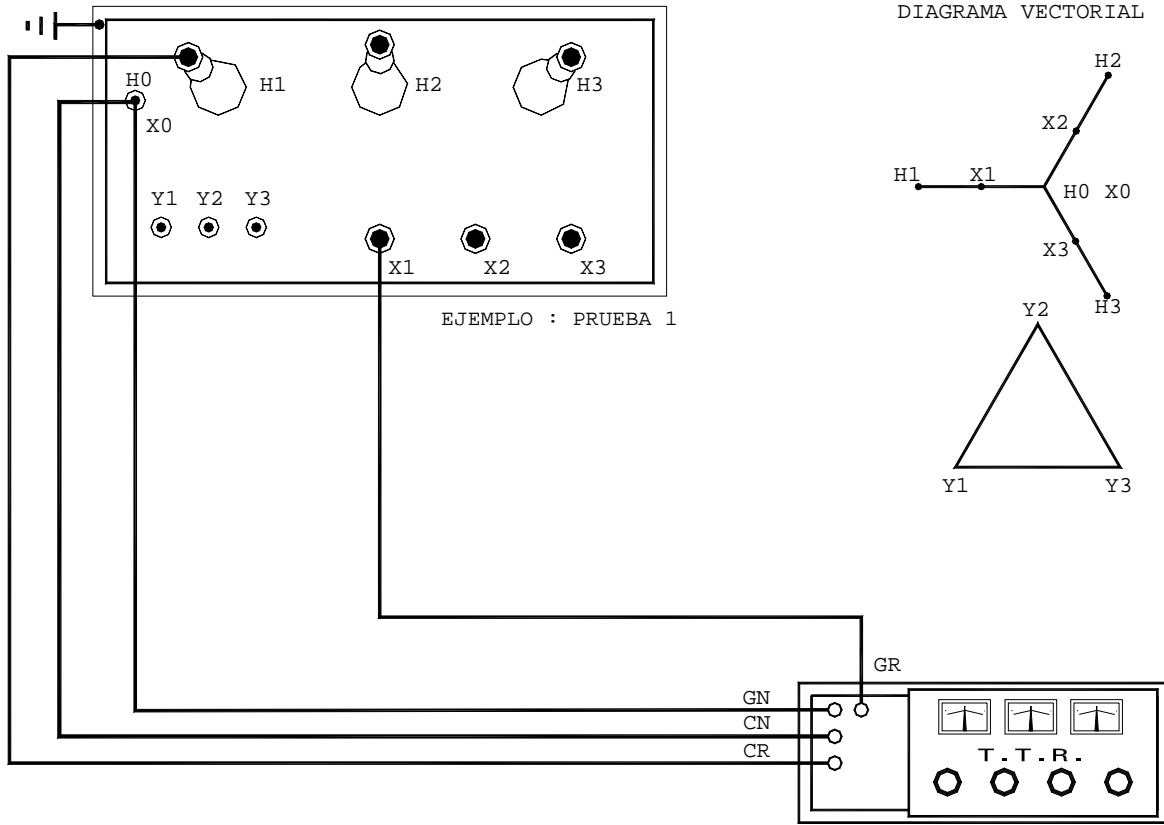


GN , GR = TERMINALES DE EXCITACION NEGRA Y ROJA
 CN , CR = TERMINALES SECUNDARIAS NEGRA Y ROJA

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	CR	CN	GR	GN	
1	H1	H0	X0	X1	H-X Ø A
2	H2	H0	X2	X0	H-X Ø B
3	H3	H0	X3	X0	H-X Ø C
4	H1	H0	Y1	Y3	H-Y Ø A
5	H2	H0	Y2	Y1	H-Y Ø B
6	H3	H0	Y3	Y2	H-Y Ø C
7	X1	X0	Y1	Y3	X-Y Ø A
8	X2	X0	Y2	Y1	X-Y Ø B
9	X3	X0	Y3	Y2	X-Y Ø C

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERORIZADO

Fig. 3.23 TRANSFORMADORES DE TRES DEVANADOS
 PRUEBA DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN
 UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-11
 SE-03-13

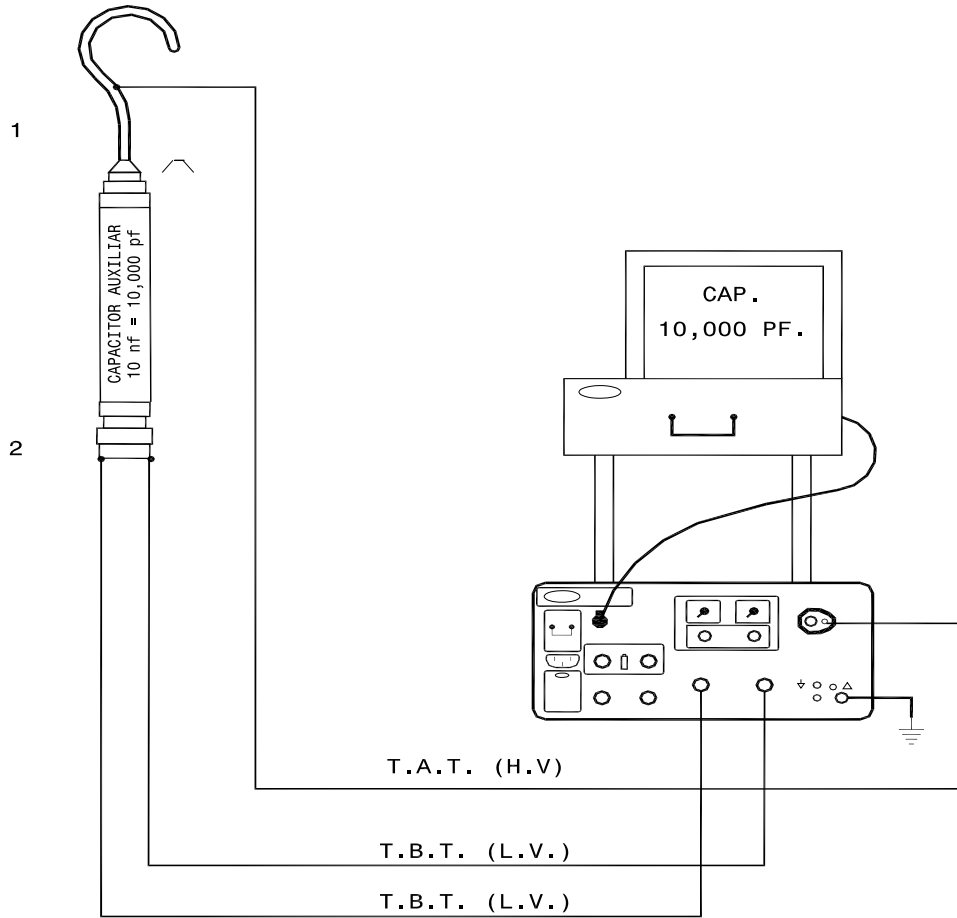


GN , GR = TERMINALES DE EXCITACION NEGRA Y ROJA
 CN , CR = TERMINALES SECUNDARIAS NEGRA Y ROJA

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	CR	CN	GR	GN	
1	H1	H0-X0	X1	H0-X0	H-X ∅ A
2	H2	H0-X0	X2	H0-X0	H-X ∅ B
3	H3	H0-X0	X3	H0-X0	H-X ∅ C
4	H1	H0-X0	Y1	Y3	H-Y ∅ A
5	H2	H0-X0	Y2	Y1	H-Y ∅ B
6	H3	H0-X0	Y3	Y2	H-Y ∅ C
7	X1	H0-X0	Y1	Y3	X-Y ∅ A
8	X2	H0-X0	Y2	Y1	X-Y ∅ B
9	X3	H0-X0	Y3	Y2	X-Y ∅ C

Fig. 3.24 AUTOTRANSFORMADORES
PRUEBA DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN
 UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-11
 SE-03-13

EN FORMA INDEPENDIENTE



FACTOR DE POTENCIA
M 4000 10 KV.

MIDE	H.V.	LV ROJO	LV AZUL	MODOS UST
CAPACITOR	1	2	2	MIDE AZUL Y ROJO

Fig. 3.25 PRUEBA DEL CAPACITOR AUXILIAR

PRUEBA DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN
UTILIZANDO CAPACITOR AUXILIAR
UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-11

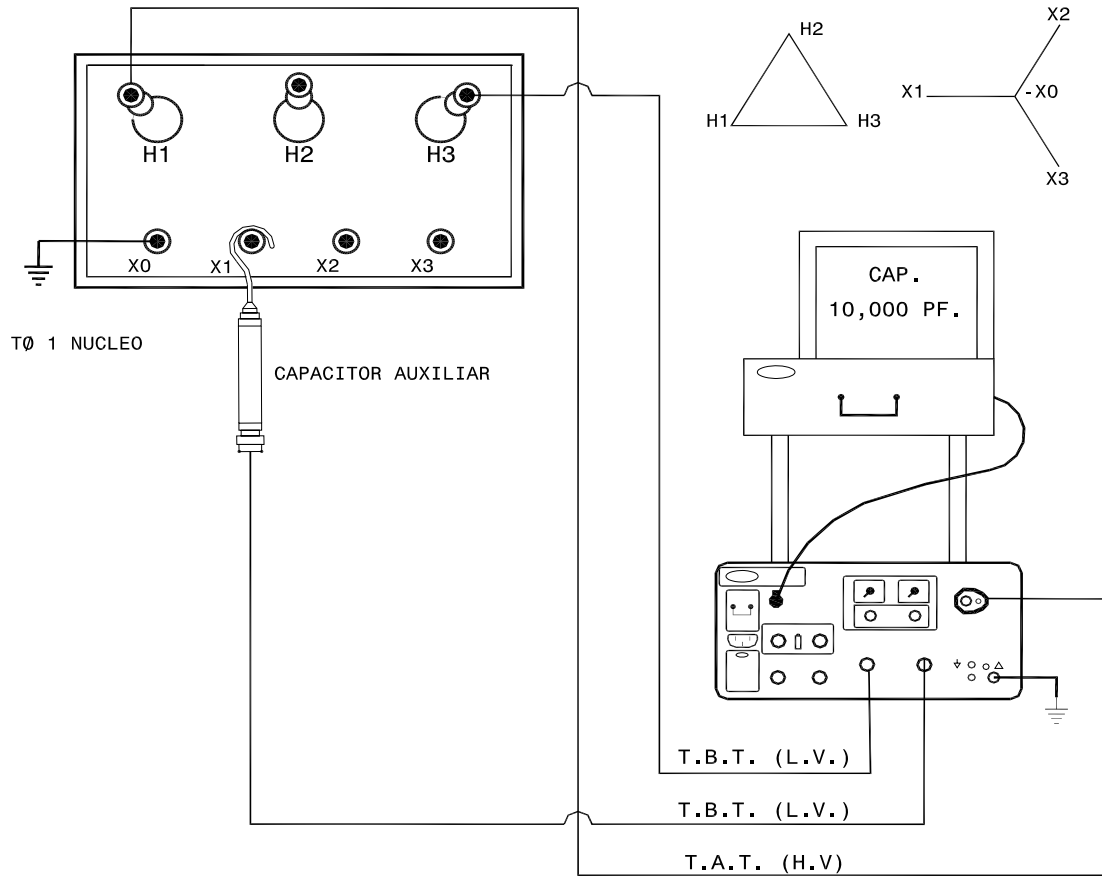


TABLA DE CONEXIONES

FACTOR DE POTENCIA
M 4000 10 KV.

MIDE	H.V.	L.V. ROJO	L.V. AZUL	MODO UST
H-X FASE A	H1	H3	X1+CAP AUXILIAR	MIDE AZUL ATERRIZA ROJA
H-X FASE B	H2	H1	X2+CAP AUXILIAR	MIDE AZUL ATERRIZA ROJA
H-X FASE C	H3	H2	X3+CAP AUXILIAR	MIDE AZUL ATERRIZA ROJA

NOTA 1: NO DESCONECTAR EL BAJANTE DE TIERRA DEL X0

NOTA 2: LA PRUEBA SE PUEDE REALIZAR CON UN FACTOR DE POTENCIA DE 10 KV. M2H.

Fig. 3.26 TRANSFORMADORES DE DOS DEVANADOS
PRUEBA DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN
UTILIZANDO CAPACITOR AUXILIAR
 UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-12
 SE-03-14

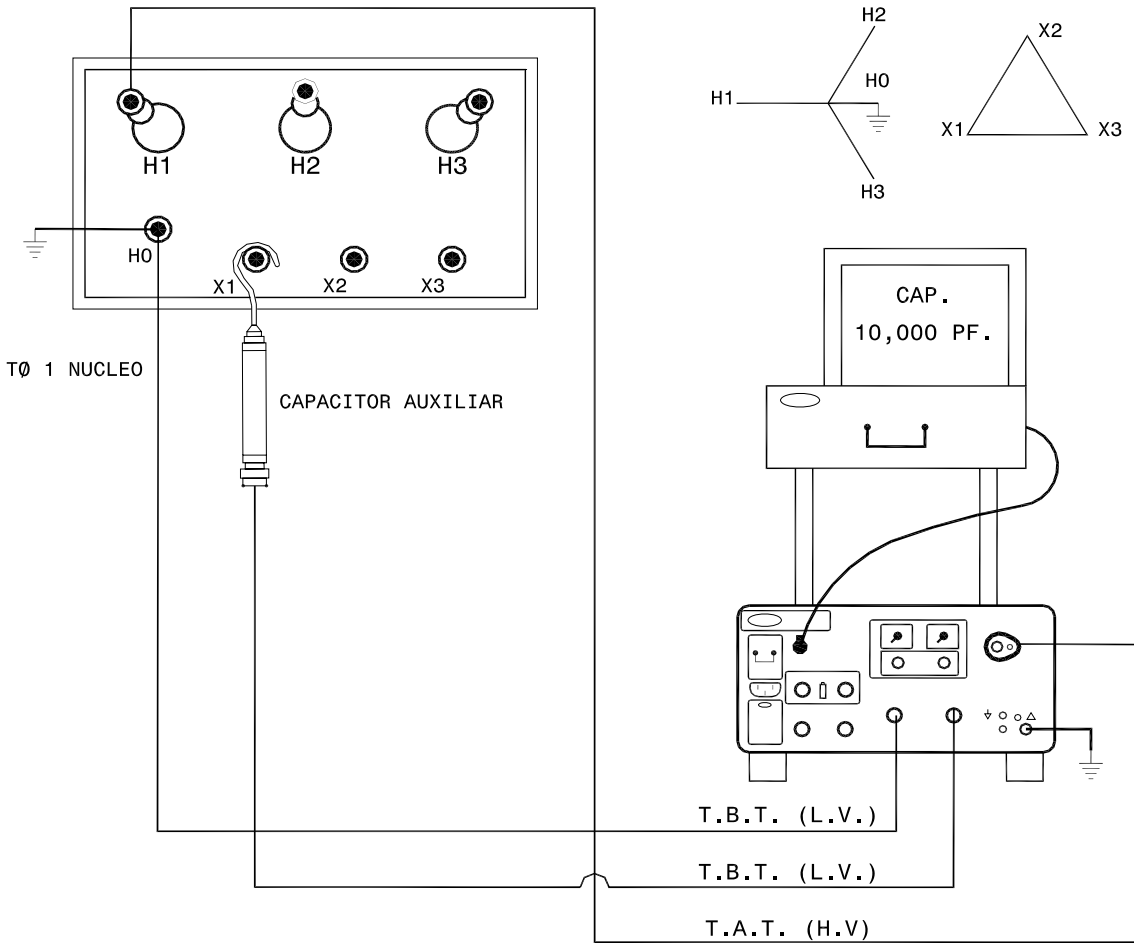


TABLA DE CONEXIONES

FACTOR DE POTENCIA
M 4000 10 KV.

MIDE	H.V.	L.V. ROJO	L.V. AZUL	MODOS UST	ATERRIZAR
H-X FASE A	H1	H0	X1+CAP AUXILIAR	MIDE AZUL ATERRIZA ROJA	X3
H-X FASE B	H2	H0	X2+CAP AUXILIAR	MIDE AZUL ATERRIZA ROJA	X1
H-X FASE C	H3	H0	X3+CAP AUXILIAR	MIDE AZUL ATERRIZA ROJA	X2

NOTA 1: NO DESCONECTAR EL BAJANTE DE TIERRA DEL X0

NOTA 2: LA PRUEBA SE PUEDE REALIZAR CON UN FACTOR DE POTENCIA DE 10 KV. M2H.

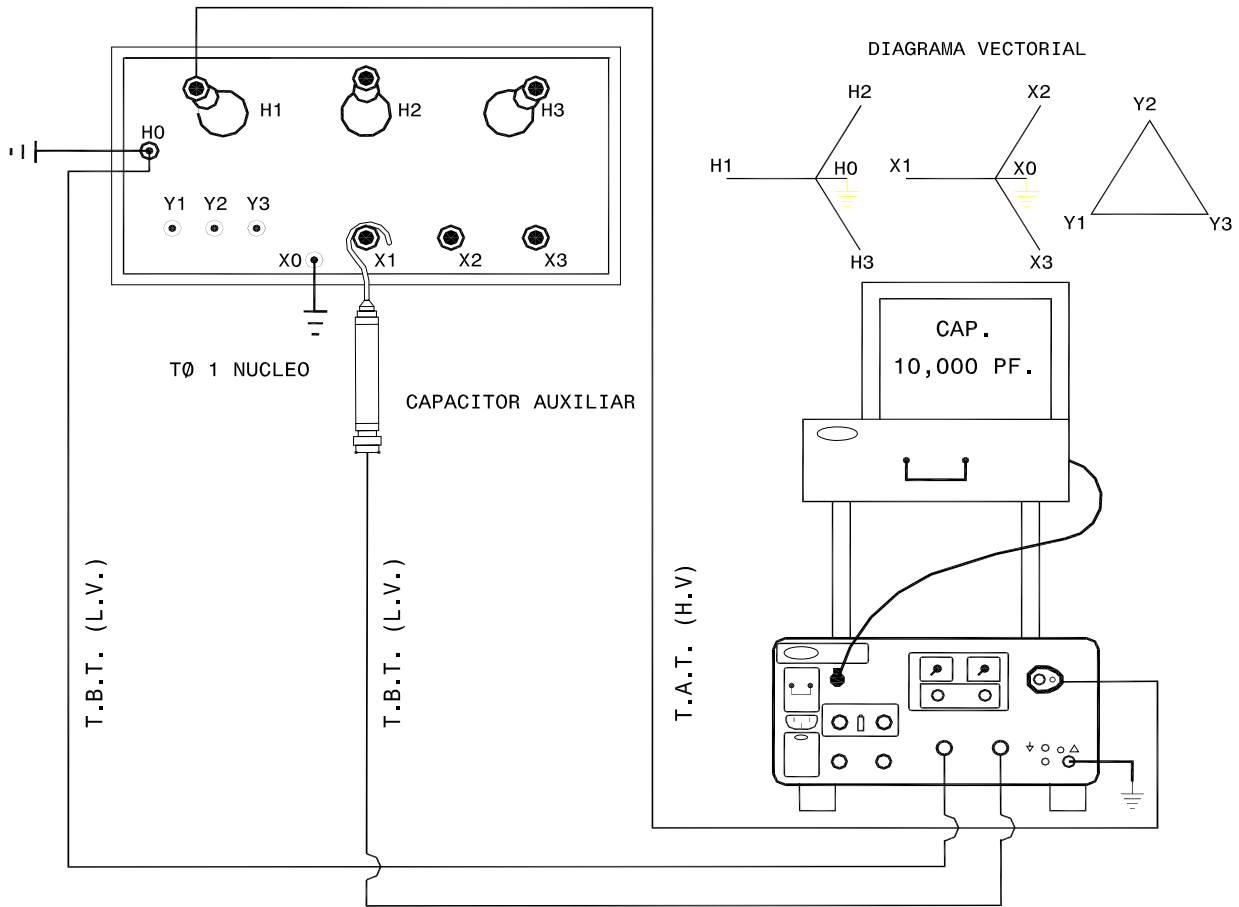
Fig. 3.27 TRANSFORMADORES DE DOS DEVANADOS

PRUEBA DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN

UTILIZANDO CAPACITOR AUXILIAR

UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-12

SE-03-14



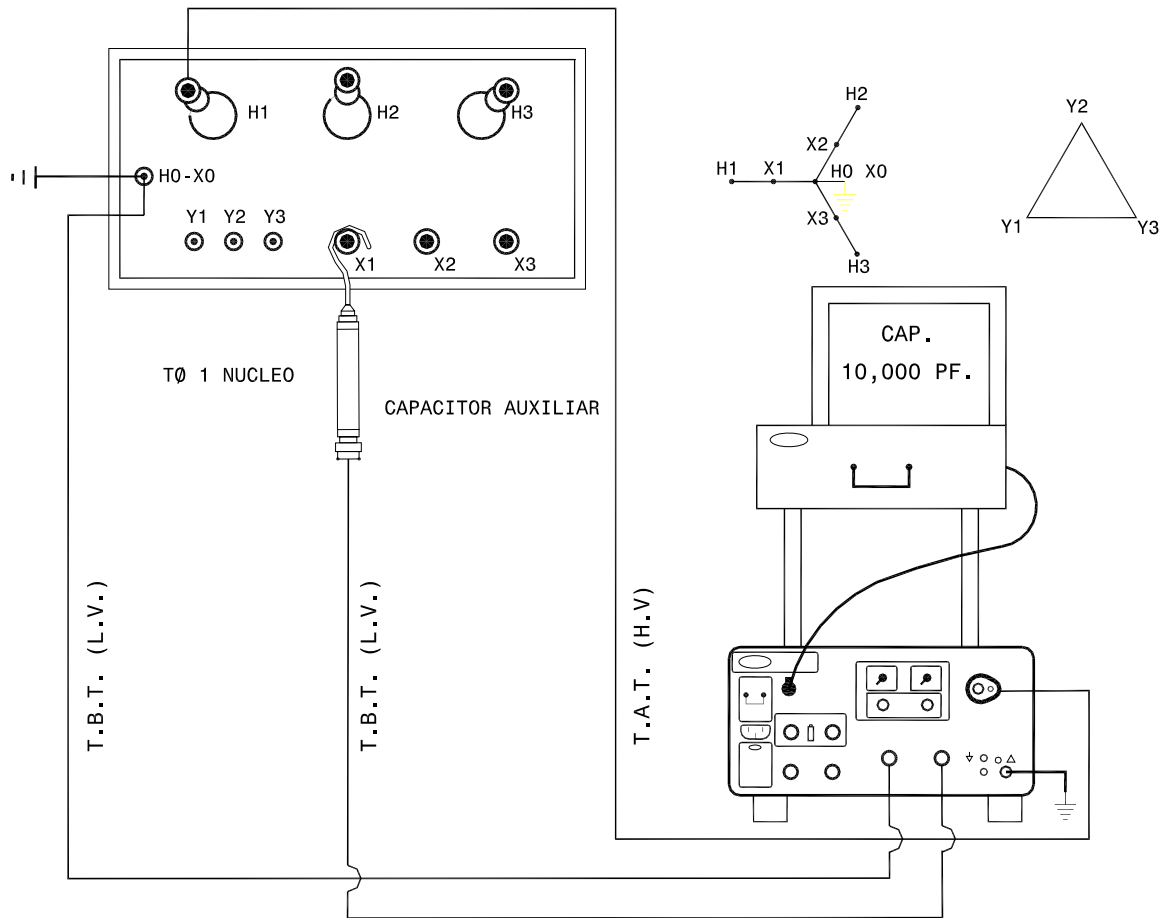
FACTOR DE POTENCIA
M 4000 10 KV.

MIDE	H.V.	LV ROJO	LV AZUL	MODO UST	ATERRIZAR
H-X FASE A	H1	H0	X1+CAP AUX	MIDE AZUL ATERRIZA ROJO	—
H-X FASE B	H2	H0	X2+CAP AUX	MIDE AZUL ATERRIZA ROJO	—
H-X FASE C	H3	H0	X3+CAP AUX	MIDE AZUL ATERRIZA ROJO	—
H-X FASE A	H1	H0	Y1+CAP AUX	MIDE AZUL ATERRIZA ROJO	Y3
H-X FASE B	H2	H0	Y2+CAP AUX	MIDE AZUL ATERRIZA ROJO	Y1
H-X FASE C	H3	H0	Y3+CAP AUX	MIDE AZUL ATERRIZA ROJO	Y2
H-X FASE A	X1	X0	Y1+CAP AUX	MIDE AZUL ATERRIZA ROJO	Y3
H-X FASE B	X2	X0	Y2+CAP AUX	MIDE AZUL ATERRIZA ROJO	Y1
H-X FASE C	X3	X0	Y3+CAP AUX	MIDE AZUL ATERRIZA ROJO	Y2

NOTA 1: NO DESCONECTAR EL BAJANTE DE TIERRA DEL X0

NOTA 2: LA PRUEBA SE PUEDE REALIZAR CON UN FACTOR DE POTENCIA DE 10 KV. M2H.

Fig. 3.28 TRANSFORMADORES DE TRES DEVANADOS
PRUEBA DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN
 UTILIZANDO CAPACITOR AUXILIAR
 UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-11
 SE-03-13



FACTOR DE POTENCIA
M 4000 10 KV.

MIDE	H.V.	LV ROJO	LV AZUL	MODOS UST	ATERRIZAR
H-X FASE A	H1	H0-X0	X1+CAP AUX	MIDE AZUL ATERRIZA ROJO	---
H-X FASE B	H2	H0-X0	X2+CAP AUX	MIDE AZUL ATERRIZA ROJO	---
H-X FASE C	H3	H0-X0	X3+CAP AUX	MIDE AZUL ATERRIZA ROJO	---
H-X FASE A	H1	H0-X0	Y1+CAP AUX	MIDE AZUL ATERRIZA ROJO	Y3
H-X FASE B	H2	H0-X0	Y2+CAP AUX	MIDE AZUL ATERRIZA ROJO	Y1
H-X FASE C	H3	H0-X0	Y3+CAP AUX	MIDE AZUL ATERRIZA ROJO	Y2
H-X FASE A	X1	H0-X0	Y1+CAP AUX	MIDE AZUL ATERRIZA ROJO	Y3
H-X FASE B	X2	H0-X0	Y2+CAP AUX	MIDE AZUL ATERRIZA ROJO	Y1
H-X FASE C	X3	H0-X0	Y3+CAP AUX	MIDE AZUL ATERRIZA ROJO	Y2

NOTA 1: NO DESCONECTAR EL BAJANTE DE TIERRA DEL X0

NOTA 2: LA PRUEBA SE PUEDE REALIZAR CON UN FACTOR DE POTENCIA DE 10 KV. M2H.

Fig. 3.29 AUTOTRANSFORMADORES

PRUEBA DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN
UTILIZANDO CAPACITOR AUXILIAR
UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-11
SE-03-13

3.5.4 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Para medidores manuales-analogicos, si la aguja del ampérmetro se deflexiona a plena escala y para la aguja del voltmetro no se aprecia deflexión, es indicación que el transformador bajo prueba esta tomando demasiada corriente de excitación; en este momento la manivela resulta difícil de girar y hay razón para sospechar de un corto circuito entre espiras.

Si en el transformador bajo prueba, no se logra obtener el balance, el problema puede considerarse como un corto circuito o un circuito abierto en los devanados; una corriente excesiva de excitación y una tension pequeña, son indicativos de un corto circuito en uno de los devanados.

Cuando se tienen corriente y tension de excitación normales, pero sin deflexión en la aguja del galvanómetro, es indicio de que se tiene un circuito abierto. Es posible determinar cual de los dos devanados se encuentra abierto desconectando las dos terminales secundarias CN y CR, abriendo una de las mordazas de excitación GN ó GR e insertando una pieza de fibra aislante entre la terminal del transformador y la pieza que es tope del tornillo, la cual va conectada al cable grueso que conecta el transformador de referencia del TTR. Apretar el tornillo nuevamente contra el conector de la boquilla y girar la manivela del generador.

Si el devanado secundario esta abierto, no se tiene indicación de corriente en el ampérmetro. Si el ampermetro indica una corriente de excitación normal, se puede concluir que el devanado primario está abierto.

Para el método basado en la medición de la capacitancia de un capacitor auxiliar, la incertidumbre de la medición es de $\pm 0.5\%$ con un nivel de seguridad de 99.7%. Cuando existe magnetismo remanente en el núcleo la relación de transformación en esta prueba se incrementa aproximadamente en un 0.14%. La prueba de medición de relación por este método aplica solo para transformadores de potencia y no puede proporcionar la misma exactitud para transformadores de potencial del tipo inductivo o capacitivo.

Independientemente del metodo de prueba utilizado, para calcular la diferencia entre la relación teórica y la relación medida, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Diferencia} = (\text{Rel. Teórica} - \text{Rel. Medida}) \times 100 / \text{Rel. Teórica}$$

La diferencia maxima permitida por el area de Distribucion de la Comisión Federal de Electricidad es del 0.4%. Sin embargo en la normativa internacional se aceptan diferencias hasta del 0.5%.



3.6 VERIFICACIÓN DE IMPEDANCIA.

La prueba es importante para determinar en campo la impedancia de transformadores de potencia.

Una alternativa para verificar la impedancia del transformador es realizar las pruebas de reactancia de dispersión indicadas en el inciso 3.8

En transformadores reparados, se puede comprobar si el valor de impedancia es el mismo que el original y en transformadores nuevos, se puede verificar el valor de placa. La prueba es utilizada también para calcular la impedancia de aquellos equipos sin placa de datos. Por este método es posible obtener únicamente la impedancia del transformador en la capacidad (OA).

La prueba consiste en aplicar baja tensión en uno de los devanados del transformador (generalmente el de menor tensión nominal), mientras el otro devanado se mantiene cortocircuitado; de ninguna manera se debe aplicar la tensión nominal del devanado.

Para determinar el valor de la llamada tensión de corto circuito (impedancia) requerido para la prueba, es posible utilizar la siguiente ecuación.

$$V_z = (V \text{ nom. del devanado} \times Z)/100$$

Al aplicar la tensión calculada, debe circular la corriente nominal del devanado, lo que se debe comprobar midiendo la corriente de cada fase.

Si la corriente medida durante la prueba, es igual a la nominal, es indicio que la impedancia en placa del transformador es correcta. Por el contrario, si la corriente medida, es diferente a la nominal, el valor de la impedancia marcado en la placa es incorrecto.

Dado que en el campo no es factible disponer de una fuente regulada que proporcione exactamente el valor de la tensión de corto circuito (impedancia), la práctica común es aplicar la tensión disponible en los servicios propios de la subestación; por lo que la tensión que se dispone es por lo general de 220 volts trifásicos.

EJEMPLO:

Se requiere comprobar la impedancia de un transformador de potencia con las siguientes características:



Capacidad: 7.5/9.375 MVA
Relación de voltaje: 110 - 23.8 kV
Tipo de enfriamiento: OA/FA1
Impedancia: 7.88/9.44 %

PRIMER CASO.- Si se cortocircuitan las terminales del devanado de baja tensión y se aplica la tensión de prueba al devanado de alta tensión, el valor de tensión de corto circuito (impedancia) es:

$$V_z = (V \text{ devanado} \times Z)/100$$

$$V_z = (110\ 000 \times 7.88)/100 = 8\ 668 \text{ volts}$$

Como resultado de la aplicación de este valor, debe circular la corriente nominal equivalente por el devanado primario para la capacidad de 7 500 kVA y que debe ser:

$$I \text{ nominal} = 7\ 500 / (\sqrt{3} \times 110) = 39.364 \text{ Amperes}$$

Dado que la tensión disponible en campo es de 220 volts, es necesario determinar la corriente de manera proporcional a la tensión aplicada, por lo que se tiene:

$$\begin{array}{l} 8\ 668 \text{ Volts} \text{ -----} 39.364 \text{ Amperes} \\ 220 \text{ Volts} \text{ -----} X \end{array}$$

de donde:

$$X = (220 \times 39\ 364 / 8\ 668) = 0.999 \text{ Amperes.}$$

Al aplicar la tensión de 220 volts, se debe obtener aproximadamente la corriente anterior si la impedancia del transformador es la indicada en su placa.

SEGUNDO CASO.- Como variante del caso anterior si se cortocircuitan las terminales de devanado de alta tensión y se aplica la tensión de prueba al devanado de baja tensión, el valor de la tensión de corto circuito (impedancia) es:

$$V_z = (V \text{ devanado} \times Z)/100$$

$$V_z = (23\ 800 \times 7.88)/100 = 1\ 875.44 \text{ volts}$$

Como resultado de la aplicación de este valor, debe circular la corriente nominal equivalente por el devanado secundario para la capacidad de 7 500 kVA y que debe ser:



$$I \text{ nominal} = 7\,500 / (\sqrt{3} \times 23.8) = 181.93 \text{ Amperes}$$

Con la tensión disponible de 220 volts, es necesario determinar la corriente de manera proporcional a la tensión aplicada, por lo que se tiene:

1 875.44 Volts	-----	181.93 Amperes
220 Volts	-----	X

de donde:

$$X = (220 \times 181.93) / 1\,875.44 = 21.34 \text{ Amperes}$$

Valor aproximado de la corriente que se debe obtener, si la impedancia marcada en la placa de datos es la correcta.

Analizando los dos casos anteriores se puede concluir que es mejor utilizar el segundo, en virtud de que la corriente calculada es significativamente mayor y por tanto es posible tener una mejor medición y una mas fácil lectura de la misma.

Por otra parte si la corriente medida fuese diferente a la calculada, por ejemplo de 19 amperes, ello es indicativo que el valor de la impedancia del transformador no es el marcado en placa. Si es así, entonces es posible determinar su valor real de la siguiente manera:

220 Volts	-----	19 Amperes
X	-----	181.93 Amperes

de donde:

$$X = (220 \times 181.93) / 19 = 2\,106.55 \text{ Volts}$$

Sustituyendo este valor en la ecuación que define la tensión de corto circuito (impedancia):

$$V_z = (V \text{ devanado} \times Z) / 100$$

Se tiene:

$$Z = 100 (V_z / V \text{ devanado})$$

$$Z = 100 (2\,106.55 / 23\,800) = 8.85$$



Por lo que el valor real de la impedancia del transformador es:

$$Z = 8.85 \%$$

De la misma manera puede determinarse el valor de la impedancia para transformadores que no disponen del mismo en su placa de datos.

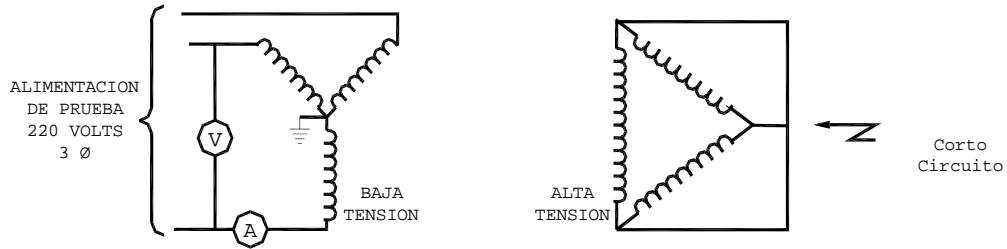
3.6.1 RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA.

- a) Considerar lo establecido en el punto 2.3.1 sobre las recomendaciones generales para realizar pruebas.
- b) La fuente de alimentación debe tener capacidad suficiente para realizar la prueba.
- c) Debe protegerse el circuito de prueba con un interruptor termomagnético trifásico seleccionado con base en los cálculos previos.
- d) Los cables de prueba, deben ser de un calibre adecuado a la corriente por circular.

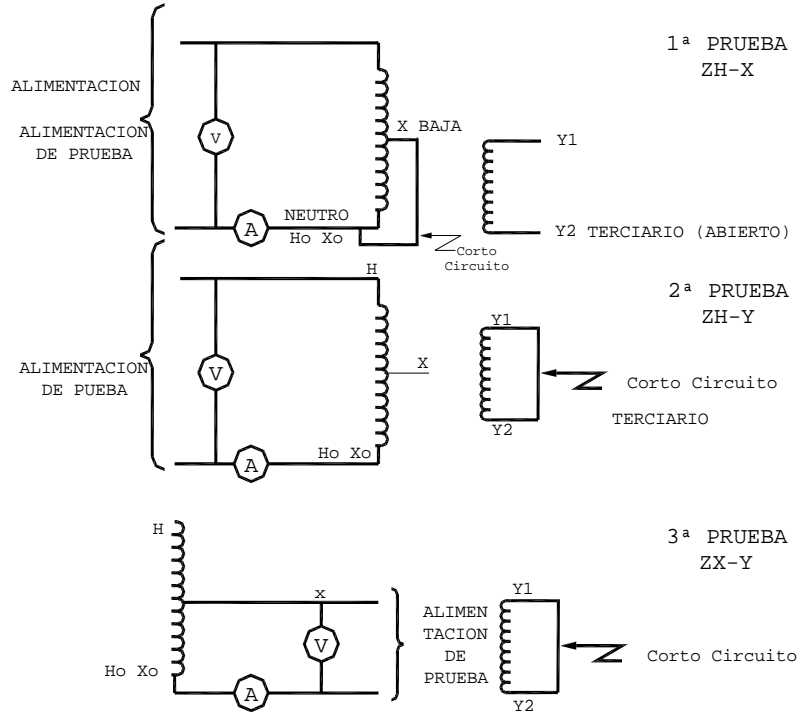
3.6.2 CONEXIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA.

En la figura No. 3.30 se ilustra la forma de hacer las conexiones para realizar la prueba.

TRANSFORMADOR TRIFASICO



AUTOTRANSFORMADOR MONOFASICO



TRANSFORMADORES MONOFASICOS Y POTENCIALES

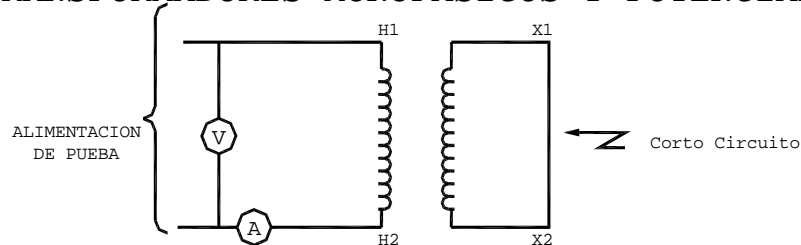


Fig. 3.30 COMPROBACIÓN DE IMPEDANCIA A TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y TP's
UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-15



3.6.3 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Si la corriente obtenida durante la prueba difiere del valor previamente calculado, significa que la impedancia del transformador es diferente a la indicada en la placa, si el resultado es mayor al especificado en las normas o referencias, puede ser indicativo de deficiencias en devanados y núcleo.

3.7 PRUEBA DE RESISTENCIA OHMICA A DEVANADOS.

Esta prueba es utilizada para conocer el valor de la resistencia ohmica de los devanados de un transformador. Es auxiliar para conocer el valor de pérdidas en el cobre (I^2R) y detectar falsos contactos en conexiones de boquillas, cambiadores de derivaciones, soldaduras deficientes y hasta alguna falla incipiente en los devanados.

La corriente empleada en la medición no debe exceder el 15% del valor nominal del devanado, ya que con valores mayores pueden obtenerse resultados inexactos causados por variación en la resistencia debido a calentamiento del devanado.

Un puente de Wheastone puede medir valores de orden de 1 miliohm a 11.110 megaohms; el puente de Kelvin es susceptible de medir resistencia del orden de 0.1 microohms a 111 ohms. Para la operación de estos equipos es muy conveniente tomar en consideración el estado de sus baterías, para poder realizar mediciones lo más consistentes posibles.

3.7.1 RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA DE RESISTENCIA OHMICA DE DEVANADOS.

- a) Considerar lo establecido en el punto 2.3.1. sobre las recomendaciones generales para realizar pruebas.
- b) Retirar los conductores de llegada a las boquillas.
- c) Desconectar los neutros del sistema de tierra en una conexión estrella.
- d) Limpiar las terminales perfectamente, a fin de que cuando se efectúe la conexión al medidor se asegure un buen contacto.



e) Como no se conoce la resistencia óhmica del transformador bajo prueba, el multiplicador y las perillas de medición (décadas) deben colocarse en su valor más alto.

f) Al circular la corriente directa por el devanado bajo prueba, se origina un flujo magnético que de acuerdo a la Ley de Lenz induce un potencial el cual produce flujos opuestos. Lo anterior se refleja en el galvanómetro por la impedancia que tiene el devanado. Pasado un cierto tiempo la aguja del galvanómetro se mueve hacia la izquierda, esto es debido a que comienza a estabilizarse la corriente en la medición de la resistencia. A continuación es necesario accionar primero el multiplicador del medidor y obtener la lectura de la resistencia por medio de las perillas de medición hasta lograr que la aguja del galvanómetro quede al centro de su carátula.

g) Medir la Resistencia de cada devanado y en cada posición del cambiador de derivaciones, registrando las lecturas en el formato de prueba.

Para equipos en operación que sean librados para efectuarles pruebas eléctricas, se recomienda realizar la prueba de resistencia óhmica a los devanados, únicamente en la posición de operación del cambiador. La razón de esto es para evitar que en caso de un posible desajuste en el cambiador originado por el accionamiento del mismo, el transformador no pudiese volver a energizarse.

3.7.2 INSTRUCCIONES PARA EL USO DEL MEDIDOR DE RESISTENCIA OHMICA PUENTE DE WHEASTONE.

Entre los equipos comúnmente utilizados para la medición de resistencia óhmica se tienen el puente de Kelvin y el puente de Wheastone. A continuación, se realcionan algunas recomendaciones para el uso de este último.

- a) Asegurar que los bordes de conexión EXT GA estén cortocircuitados.
- b) Verificar el galvanómetro presionando el botón BA, la aguja debe posicionarse en cero; si esto no sucede, con un destornillador debe ajustarse en la posición cero; para lo cual el botón GA debe estar fuera.
- c) Comprobar que las baterías estén en buen estado, ya que si se encuentran con baja capacidad, la prueba tiene una duración mayor a lo normal.

81 06 26	Revisiones:	85 01 12	91 09 20	93 12 24	02 05 25	07 01 30
----------	-------------	----------	----------	----------	----------	----------

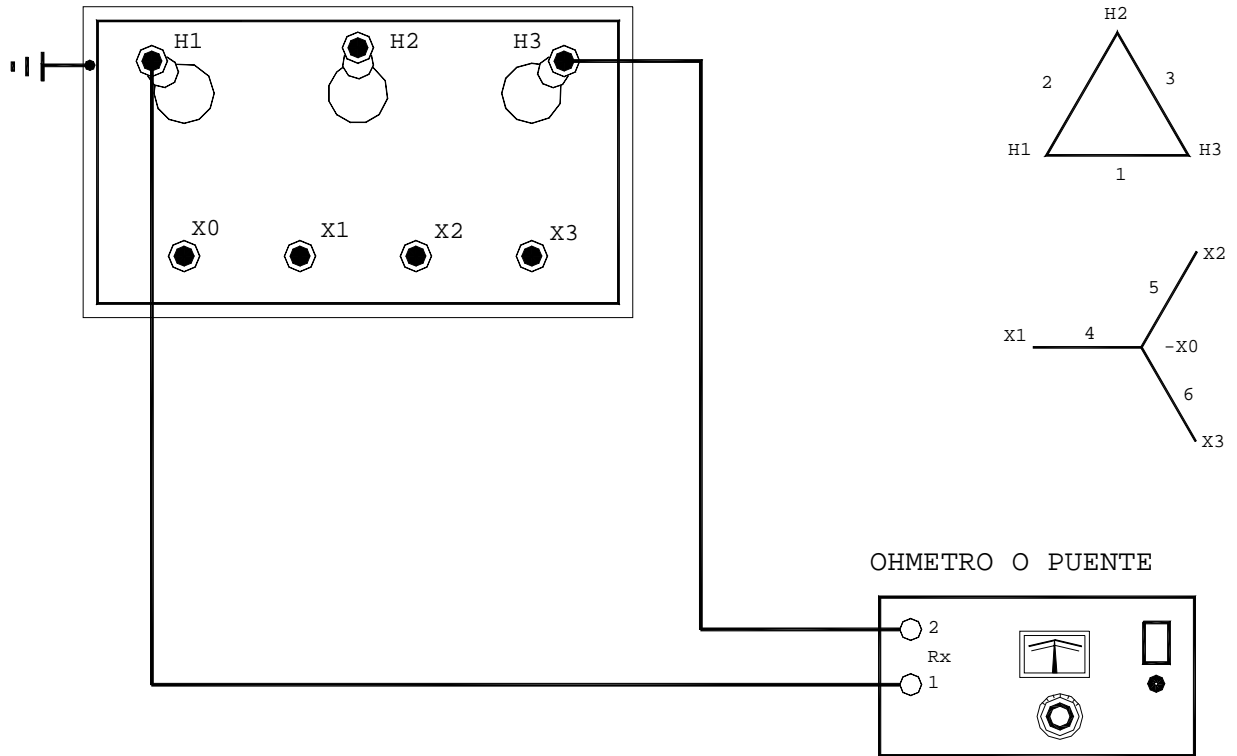


- d) Conectar la resistencia de los devanados a medir en las terminales RX, colocar la perilla multiplicadora en el rango más alto y las perillas de las décadas en 9 (nueve). Presionar el botón BA y enseguida el botón GA.
- e) Con lo anterior, la aguja del galvanómetro se mueve a la derecha (+), y pasado un tiempo esta se mueve lentamente a la izquierda (-). Posteriormente debe disminuirse el rango de la perilla multiplicadora hasta observar que la aguja oscile cerca del cero.
- f) Para obtener la medición, accionar las perillas de las décadas, iniciando con la de mayor valor, hasta lograr que la aguja se posicione en cero. El valor de la resistencia se obtiene de las perillas mencionadas.
- g) Registrar en el formato de prueba el valor de la resistencia y el rango del multiplicador utilizado.
- h) Liberar los botones BA y GA.

Se recomienda utilizar cables de pruebas calibre No. 6 AWG para evitar al máximo la caída de tensión en los mismos. Medir la resistencia de los cables de prueba y anotarla en el formato para fines analíticos de los valores de resistencia medidos.

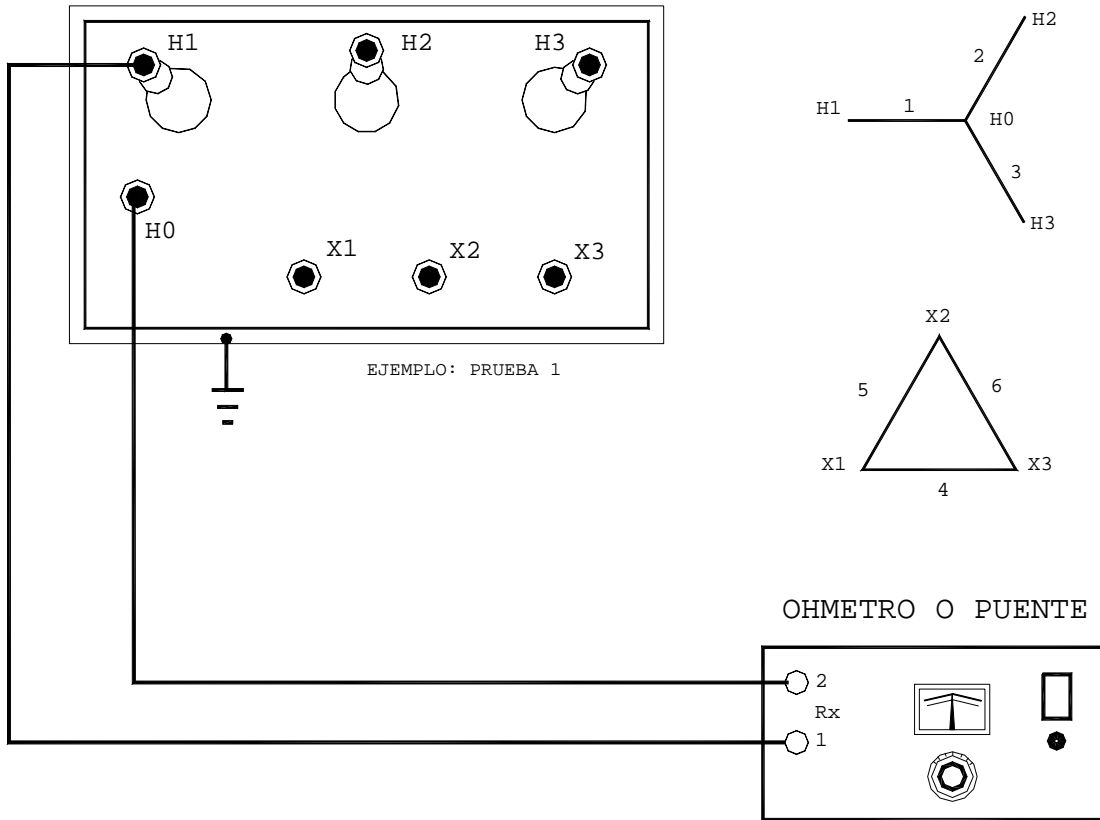
3.7.3 CONEXIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA.

En las figuras de la 3.31 a la 3.35 se ilustran las conexiones de circuitos de prueba de resistencia óhmica de devanados para transformadores de dos y tres devanados, autotransformadores y reactores respectivamente.



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA		MIDE
	RX (1)	RX (2)	
1	H1	H3	1, 2+3
2	H2	H1	2, 3+1
3	H3	H2	3, 1+2
4	X1	X0	4
5	X2	X0	5
6	X3	X0	6

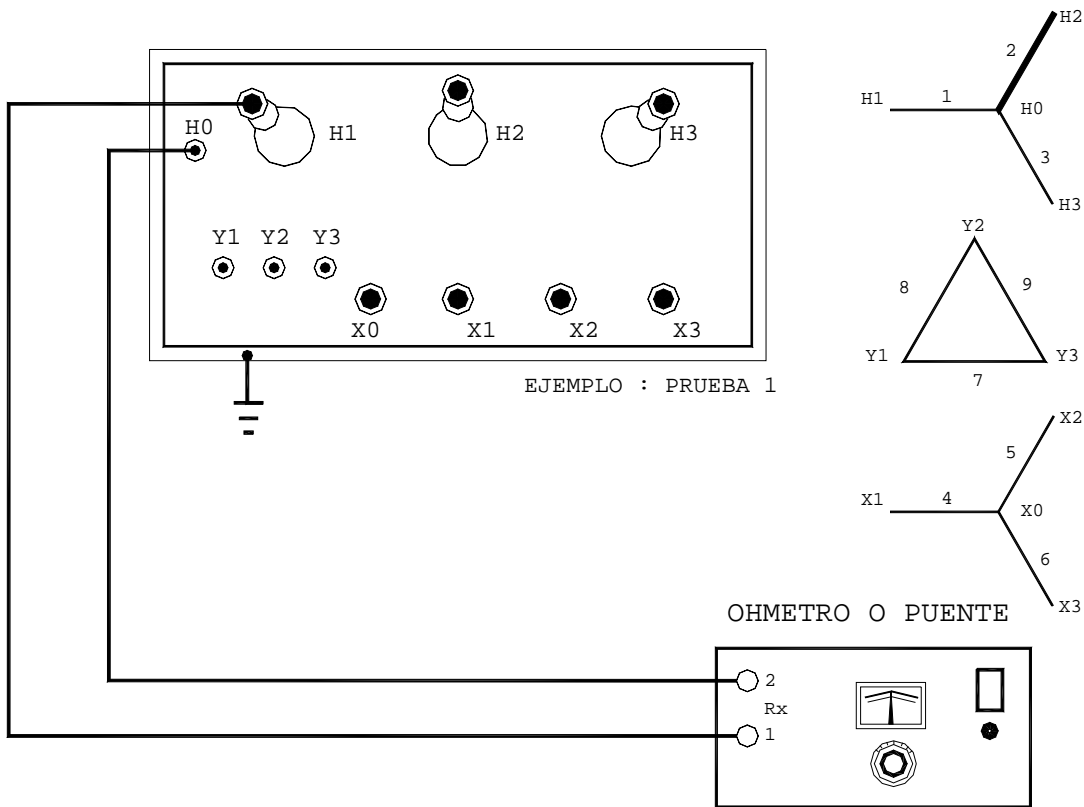
Fig. 3.31 TRANSFORMADORES DE DOS DEVANADOS
 PRUEBA DE RESISTENCIA OHMICA DE DEVANADOS
 CONEXIÓN DELTA-ESTRELLA
 UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-16



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA		MIDE (r)
	RX (1)	RX (2)	
1	H1	H0	1
2	H2	H0	2
3	H3	H0	3
4	X1	X3	4, 5+6
5	X2	X1	5, 6+4
6	X3	X2	6, 4+5

NOTA: EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO

Fig. 3.32 TRANSFORMADORES DE DOS DEVANADOS
 PRUEBA DE RESISTENCIA OHMICA DE DEVANADOS
 CONEXIÓN ESTRELLA-DELTA
 UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-17

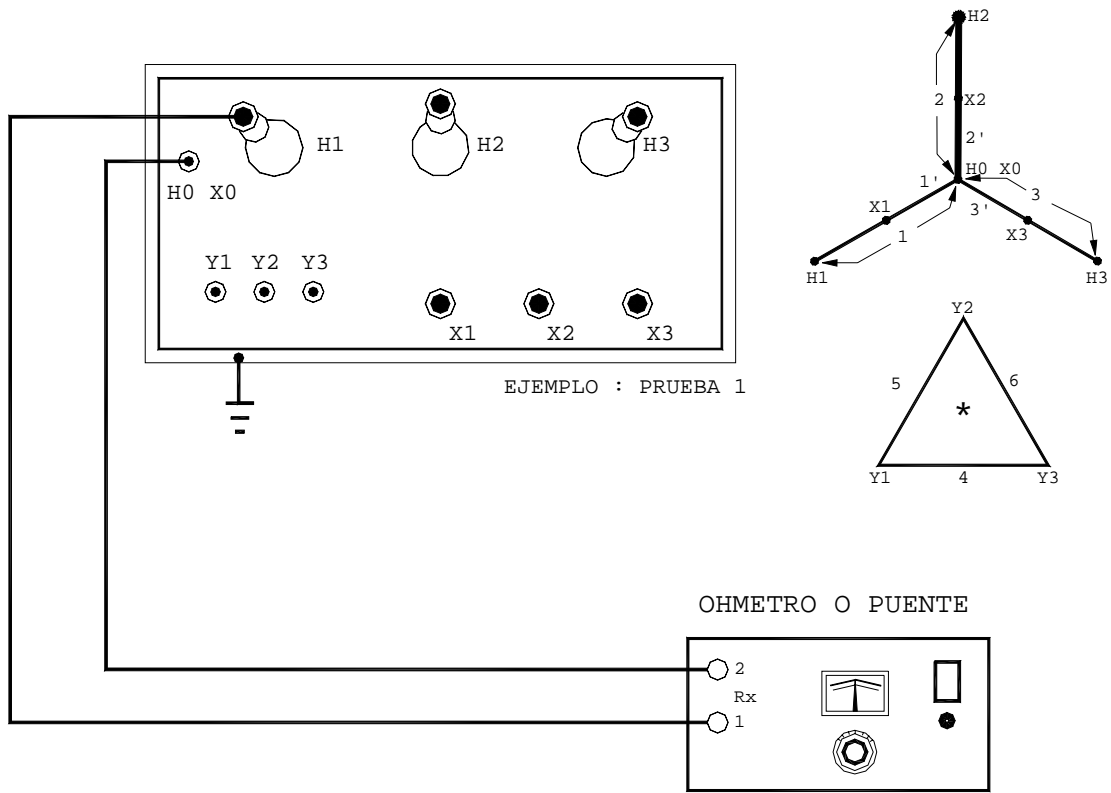


PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA		(r) MIDE
	RX (1)	RX (2)	
1	H1	H0	1
2	H2	H0	2
3	H3	H0	3
4	X1	X0	4
5	X2	X0	5
6	X3	X0	6
7	Y1	Y3	7, 8+9
8	Y2	Y1	8, 9+7
9	Y3	Y2	9, 7+8

Fig. 3.33 TRANSFORMADORES DE TRES DEVANADOS

PRUEBA DE RESISTENCIA OHMICA DE DEVANADOS

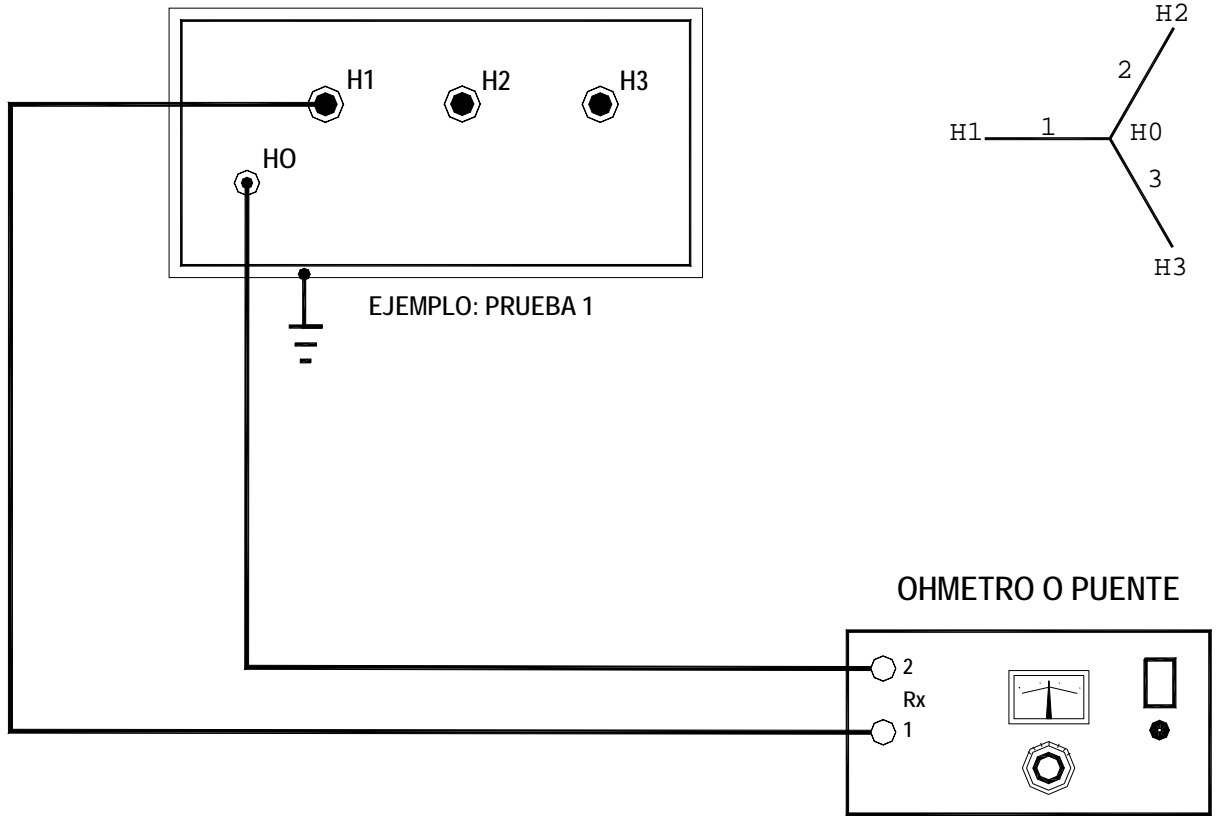
UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-17



* NOTA: CUANDO SE DISPONGA DE BOQUILLAS PARA EL DEVANADO TERCIARIO (AMORTIGUADOR) EFECTUAR TAMBIEN LA PRUEBA.

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA		MIDE (r)
	RX (1)	RX (2)	
1	H1	H0 (X0)	1
2	H2	H0 (X0)	2
3	H3	H0 (X0)	3
4	X1	H0 (X0)	1'
5	X2	H0 (X0)	2'
6	X3	H0 (X0)	3'
7	Y1	Y3	4, 5+6
8	Y2	Y1	5, 6+4
9	Y3	Y2	6, 4+5

Fig. 3.34 AUTOTRANSFORMADORES
 PRUEBA DE RESISTENCIA OHMICA DE DEVANADOS
 UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-17



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA		MIDE (r)
	RX (1)	RX (2)	
1	H1	H0	1
2	H2	H0	2
3	H3	H0	3

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO

Fig. 3.35 REACTORES
 PRUEBA DE RESISTENCIA OHMICA DEL DEVANADO
 UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-17

3.7.4 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

En conexión delta de transformadores, el valor de la resistencia implica la medición de una fase en paralelo con la resistencia en serie de las otras dos fases.

Por lo anterior al realizar la medición, en las tres fases se obtienen valores similares. En caso de que se tenga un devanado fallado, dos fases dan valores similares.

Para transformadores en conexión estrella el valor es similar en las tres fases, por lo que se puede determinar con precisión cual es la fase fallada. En transformadores monofásicos, se comprueba fácilmente el daño del devanado fallado.

Es recomendable que los valores de puesta en servicio se tengan como referencia para comparaciones con pruebas posteriores.

3.8 PRUEBA DE REACTANCIA DE DISPERSIÓN.

La prueba de reactancia de dispersión en los transformadores de potencia, es un auxiliar para detectar problemas relacionados con el cambio físico en la geometría del conjunto núcleo-bobinas.

3.8.1 TEORÍA GENERAL.

Es una prueba que está influenciada por el canal de dispersión en los transformadores de potencia y es indicativa para detectar deformación o distorsión de los devanados y sus sistemas de sujeción en un transformador, debido a:

- Impactos y movimientos severos durante su transporte o maniobra.
- Esfuerzos mecánicos por fallas externas de cortocircuito soportadas por el transformador.
- Defectos derivados del diseño, fabricación o reparación del transformador.

La mayoría de las fallas de transformadores se inician como problemas mecánicos y eventualmente ocurren directamente por razones eléctricas. Cuando se presentan fallas de cortocircuito externas, el transformador puede sufrir modificaciones en su geometría física y permanecer en servicio con los devanados y/o los sistemas de sujeción parcialmente distorsionados, reduciéndose la confiabilidad y la vida útil del transformador.



Dentro de las pruebas periódicas de mantenimiento al transformador, se recomienda realizar esta prueba. Los cambios en el parámetro de reactancia son un indicador confiable para determinar una posible distorsión de los devanados y/o sus sistemas de sujeción.

3.8.2 RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA DE REACTANCIA DE DISPERSIÓN.

- a) Considerar lo establecido en el punto 2.3.1, sobre recomendaciones generales para realizar pruebas eléctricas al equipo primario
- b) Desconectar los neutros de los devanados del sistema de tierra.
- c) Colocar puentes entre las terminales de las boquillas del devanado secundario o terciario, si éste es el caso.
- d) Conectar adecuadamente las terminales de prueba al transformador que se va a probar y encender el medidor.
- e) Realizar inicialmente la prueba en el equivalente trifásico. En caso de obtenerse valores anormales, la prueba debe realizarse por cada una de las fases.
- f) Para todos los transformadores nuevos o reparados se debe realizar la prueba en todas las posiciones del cambiador de derivaciones. Para los equipos que se encuentran en servicio se hace únicamente en la posición de operación.
- g) Contar con la información necesaria para la realización e interpretación de la prueba como es:
 - % de Impedancia
 - La capacidad base a que se encuentra referida esta impedancia en kVA o MVA
 - La tensión base de línea a línea para la posición del cambiador de derivaciones durante la prueba, en kV
 - Si se disponen, los antecedentes de las pruebas.
- h) Seleccionar una tensión adecuada que permita la medición con exactitud.
- i) Medir simultáneamente la corriente y la tensión.
- j) Existen equipos que hacen las mediciones automáticamente y que disponen de un módulo de medición de Reactancia de Dispersión.



3.8.3 INSTRUCCIONES PARA EL USO DE DIFERENTES MEDIDORES DE REACTANCIA DE DISPERSIÓN.

Considerando que se trata de una prueba aún en desarrollo y que es aplicada tanto como prueba de rutina como prueba opcional a los transformadores de potencia, a continuación se describen las particularidades de algunos equipos disponibles en el mercado.

3.8.3.1 EQUIPO M4000 CON MÓDULO M4110.

El equipo M4000 requiere adicionalmente del modulo 4110 para realizar la prueba. El modulo de Reactancia de dispersión M4110 proporciona una corriente máxima de prueba de 25 amperes durante 3 a 5 minutos antes de disparar el interruptor de salida. El rango máximo continuo de la corriente de operación es de 9.5 amperes. El modulo esta equipado con un circuito de protección térmico, el cual evita que se tenga salida de potencia cuando la temperatura del autotransformador o variac ha excedido el limite de operación segura. La luz roja al encenderse indica una sobrecarga.

Una vez que se han cargado los datos de placa del transformador y la información inicial de prueba, el M4000 calcula y sugiere la corriente de prueba.

3.8.3.2 EQUIPO M4000 CON MÓDULO M4130.

El equipo M4000 requiere adicionalmente del modulo 4130 y de un variac externo para realizar la prueba. El modulo de Reactancia de dispersión M4130 proporciona una corriente de prueba de magnitud dependiente de la capacidad del variac externo. La proteccion de sobrecarga debe estar asociada al variac externo.

Una vez que se ha proporcionado la información de los datos de placa del transformador y la información inicial de prueba, el M4000 calcula y sugiere la corriente de prueba.

3.8.3.3 EQUIPO ETP CON MÓDULO UM5B.

El equipo ETP requiere adicionalmente del modulo UM5B para realizar la prueba. El modulo UM5B puede proporcionar tensiones hasta de 250 volts durante las pruebas.

Una vez que se ha proporcionado la información de los datos de placa del transformador y la información inicial de prueba, el ETP determina y aplica la corriente y la tensión de prueba de manera automatica a traves del modulo UM5B.

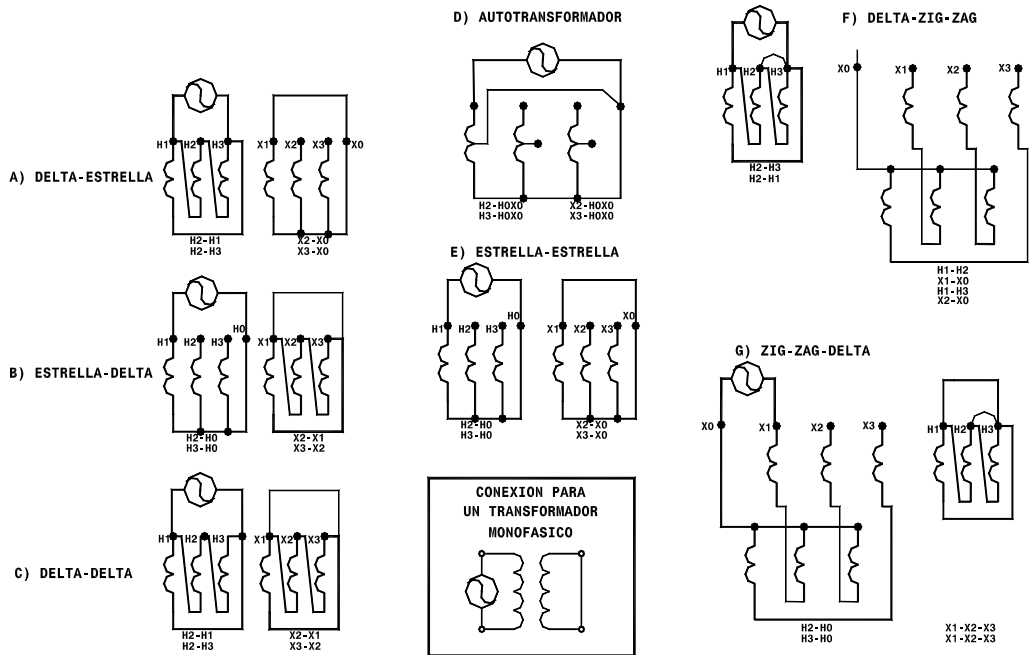
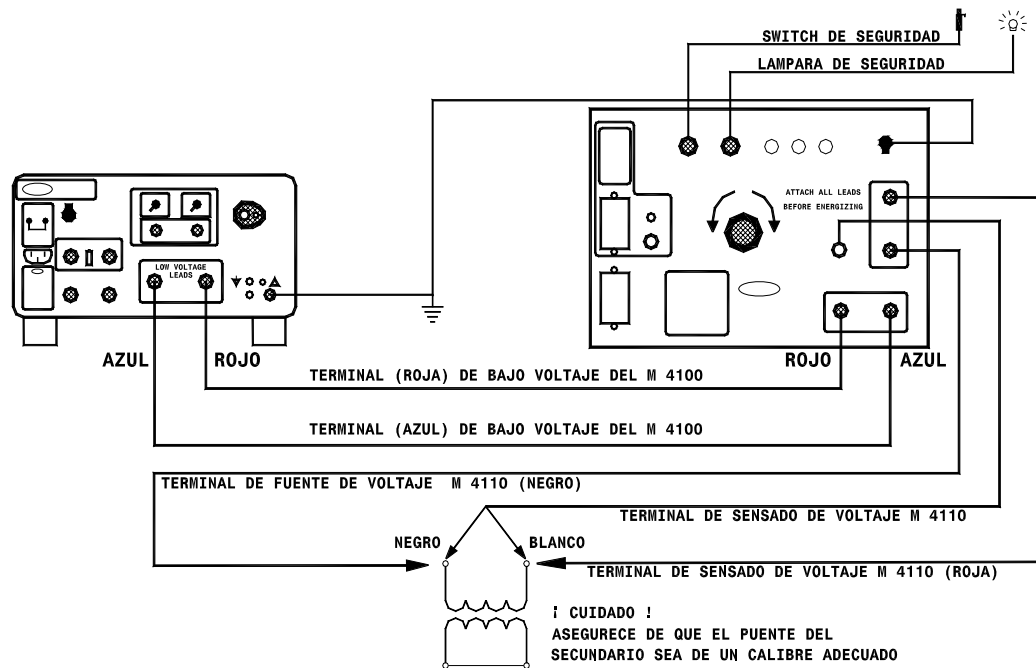


3.8.4 CONEXIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA.

Para el medidor con el módulo 4110, las figuras No. 3.36 y 3.37 muestran de manera resumida, la metodología de conexión para la realización de las pruebas tanto por fase como del equivalente trifásico respectivamente. De manera mas específica y con el mismo equipo, las conexiones de prueba para transformadores de dos devanados con diversas conexiones y para autotransformadores se muestran en las figuras de la 3.38 a la 3.42.

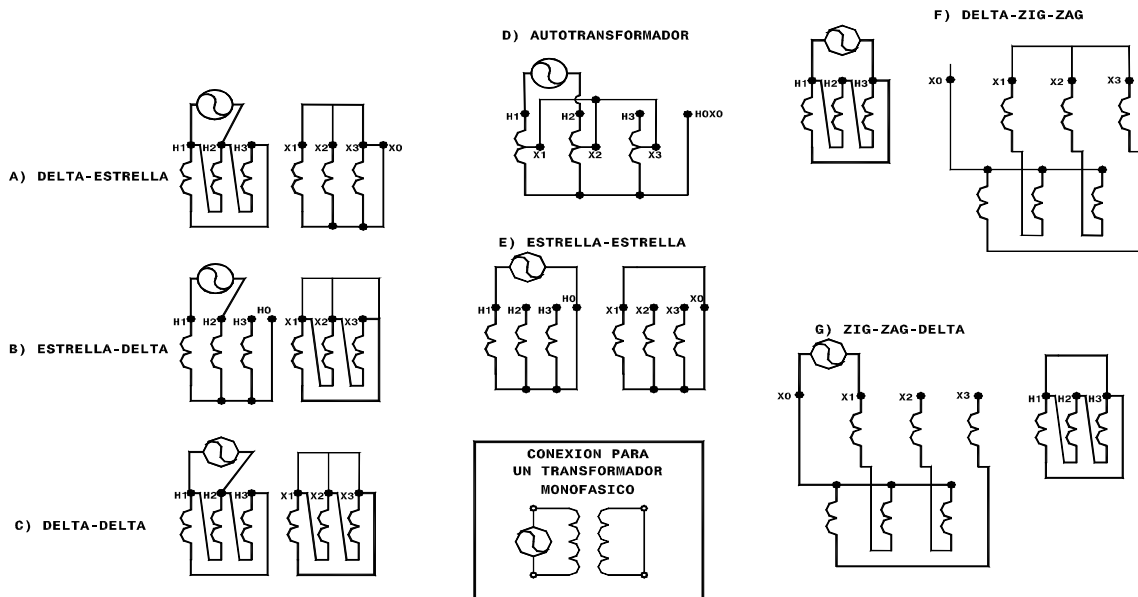
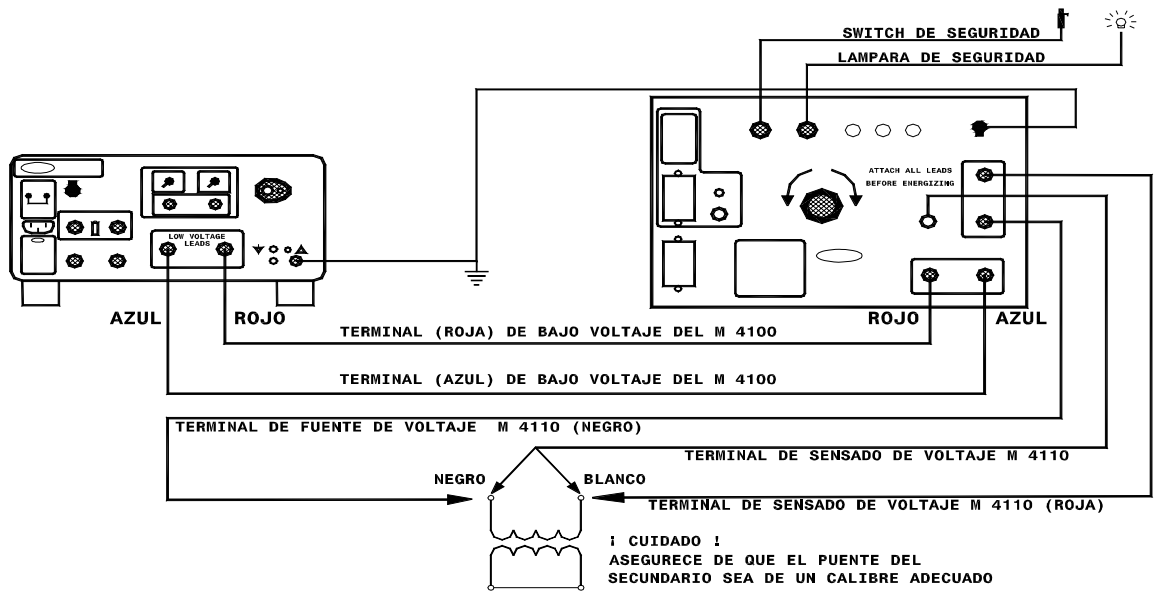
Finalmente la figura 3.43 muestra de manera ilustrativa la prueba de un transformador conexión Delta-Estrella con el medidor ETP. En razón de que este equipo indica en la pantalla de su PC asociada, las conexiones necesarias para realizar la prueba en transformadores con diferentes conexiones; no se incluyen mas figuras para otras conexiones de transformadores.

81 06 26	Revisiones:	85 01 12	91 09 20	93 12 24	02 05 25	07 01 30
----------	-------------	----------	----------	----------	----------	----------



CONEXIONES PARA PRUEBAS POR FASE EN UN TRANSFORMADOR TRIFASICO

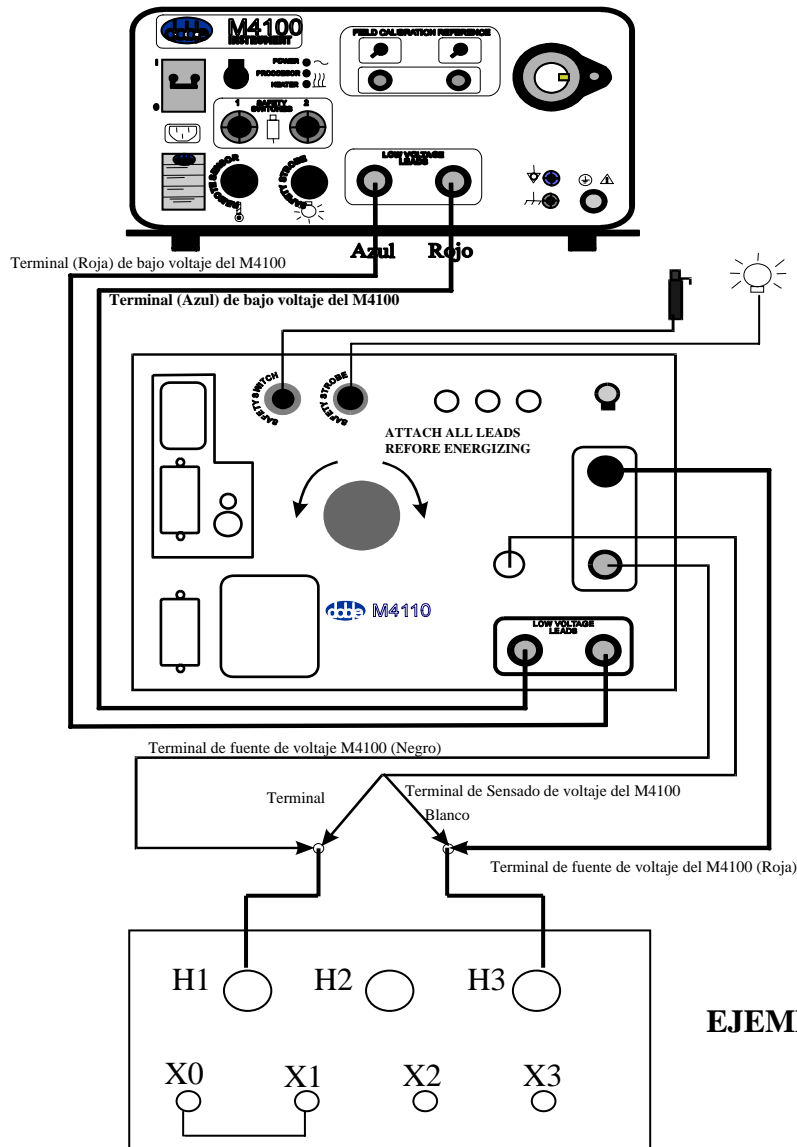
Fig 3.36 PRUEBAS POR FASE
PRUEBA DE REACTANCIA DE DISPERSION
CONEXIÓN DELTA-ESTRELLA
 UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-18



CONEXIONES PARA PRUEBAS EQUIVALENTES TRIFASICAS EN UN TRANSFORMADOR TRIFASICO

Fig 3.37 PRUEBAS DE EQUIVALENTES TRIFÁSICOS

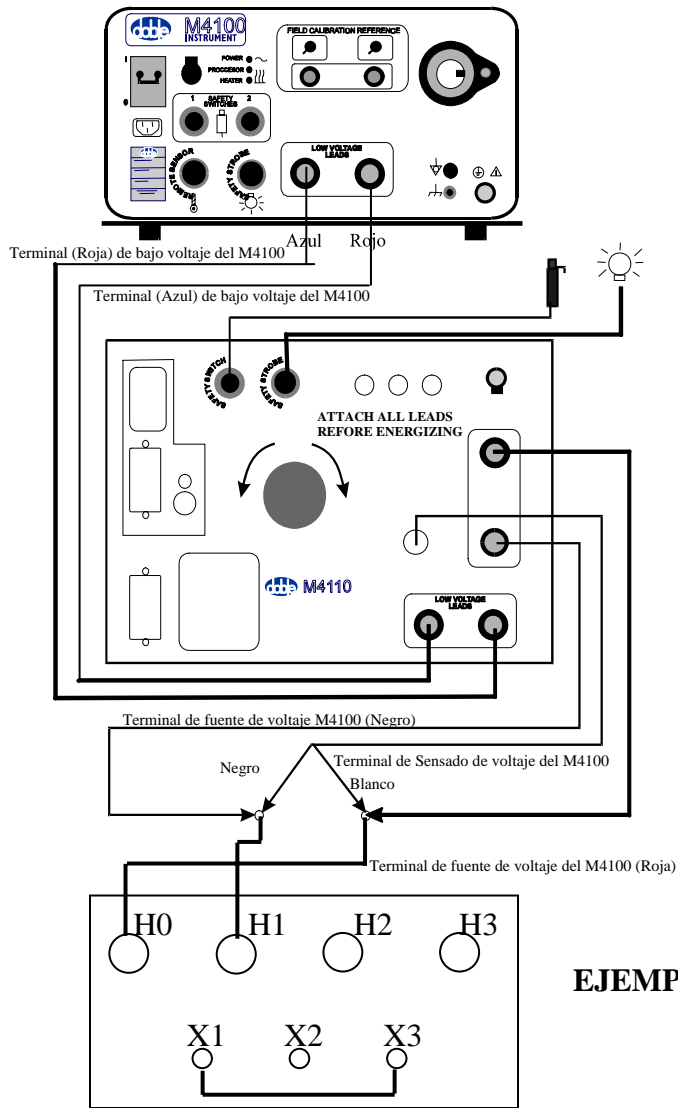
PRUEBA DE REACTANCIA DE DISPERSION
CONEXIÓN DELTA-ESTRELLA
 UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-18



PRUEBA	NEGRO/NEGRO	ROJA/BLANCO	CONEXIONES EN BAJA	MIDE
1	H1	H3	X1-X0	Z1
2	H2	H1	X2-X0	Z2
3	H3	H2	X3-X0	Z3
4	H1	H2	X1-X2-X3	Z _{3φ}

Fig 3.38 TRANSFORMADOR DE DOS DEVANADOS

PRUEBA DE REACTANCIA DE DISPERSIÓN
 CONEXIÓN DELTA-ESTRELLA
 UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-18



EJEMPLO PRUEBA 1

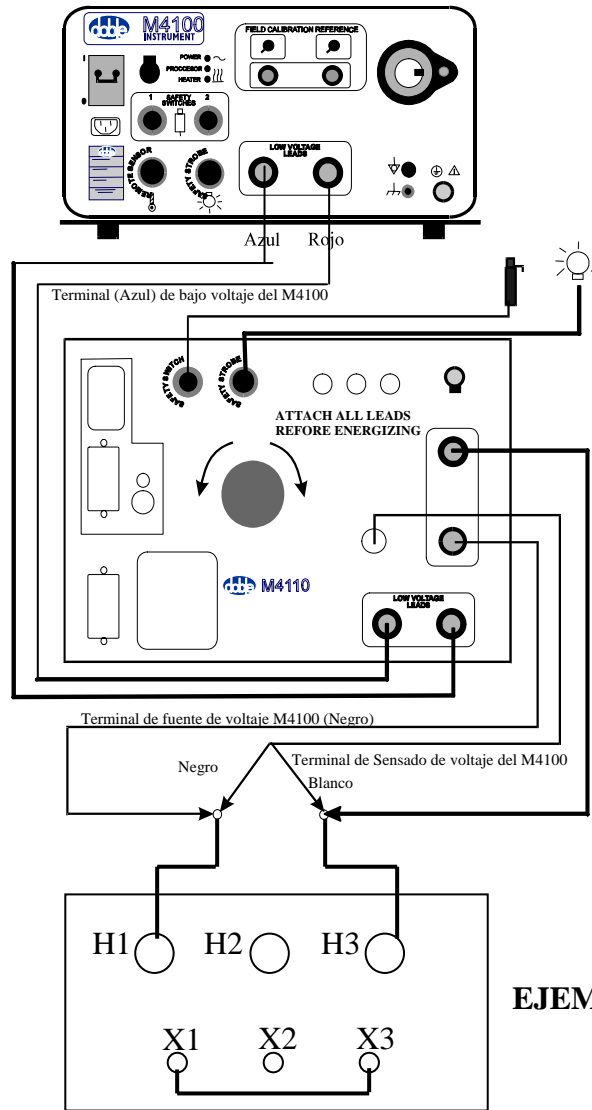
PRUEBA	NEGRO/NEGRO	ROJA/BLANCO	CONEXIONES EN BAJA	MIDE
1	H1	H0	X1-X3	Z1
2	H2	H0	X2-X1	Z2
3	H3	H0	X3-X2	Z3
4	H1	H2	X1-X2-X3	Z3 _φ

Fig 3.39 TRANSFORMADOR DE DOS DEVANADOS

PRUEBA DE REACTANCIA DE DISPERSION

CONEXIÓN ESTRELLA-DELTA

UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-18



EJEMPLO PRUEBA 1

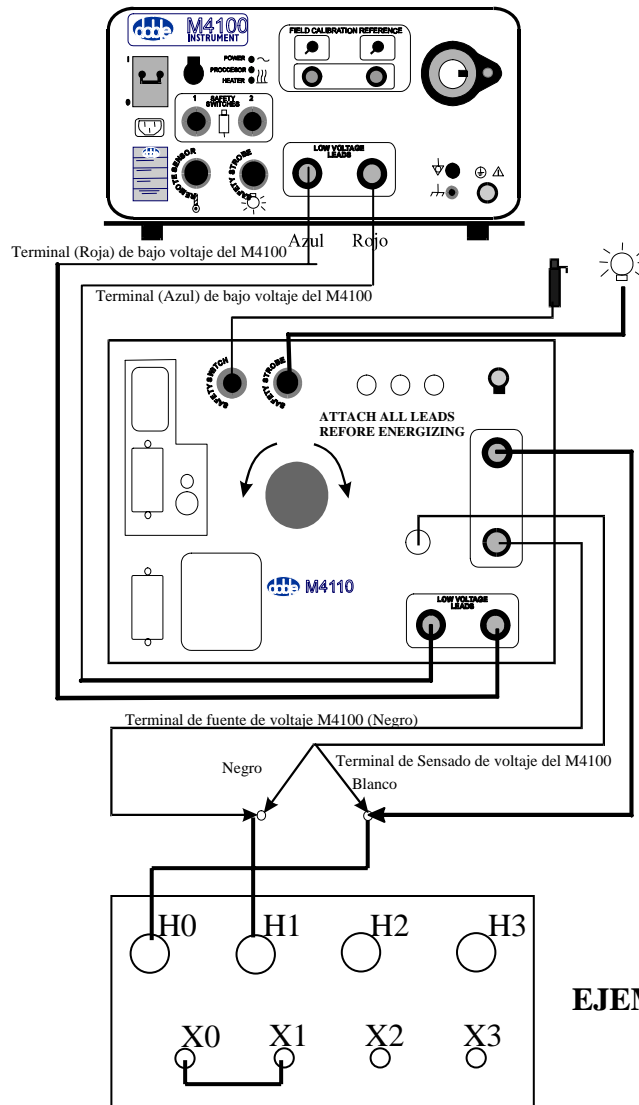
PRUEBA	NEGRO/NEGRO	ROJA/BLANCO	CONEXIONES EN BAJA	MIDE
1	H1	H3	X1-X3	Z1
2	H2	H1	X2-X1	Z2
3	H3	H2	X3-X2	Z3
4	H1-H2-H3	H1-H2-H3	X1-X2-X3	Z _{3φ}

Fig 3.40 TRANSFORMADOR DE DOS DEVANADOS

PRUEBA DE REACTANCIA DE DISPERSIÓN

CONEXIÓN DELTA-DELTA

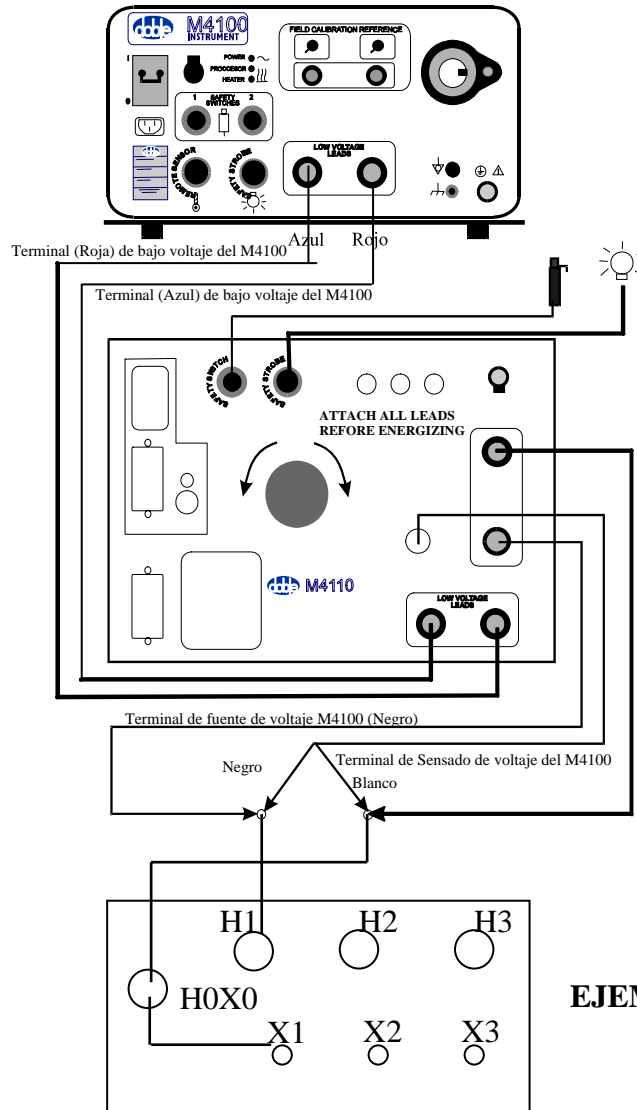
UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-18



PRUEBA	NEGRO/NEGRO	ROJA/BLANCO	CONEXIONES EN BAJA	MIDE
1	H1	H0	X1-X0	Z1
2	H2	H0	X2-X0	Z2
3	H3	H0	X3-X0	Z3
4	H1	H2	X1-X2-X3	Z _{3φ}

Fig 3.41 TRANSFORMADOR DE DOS DEVANADOS

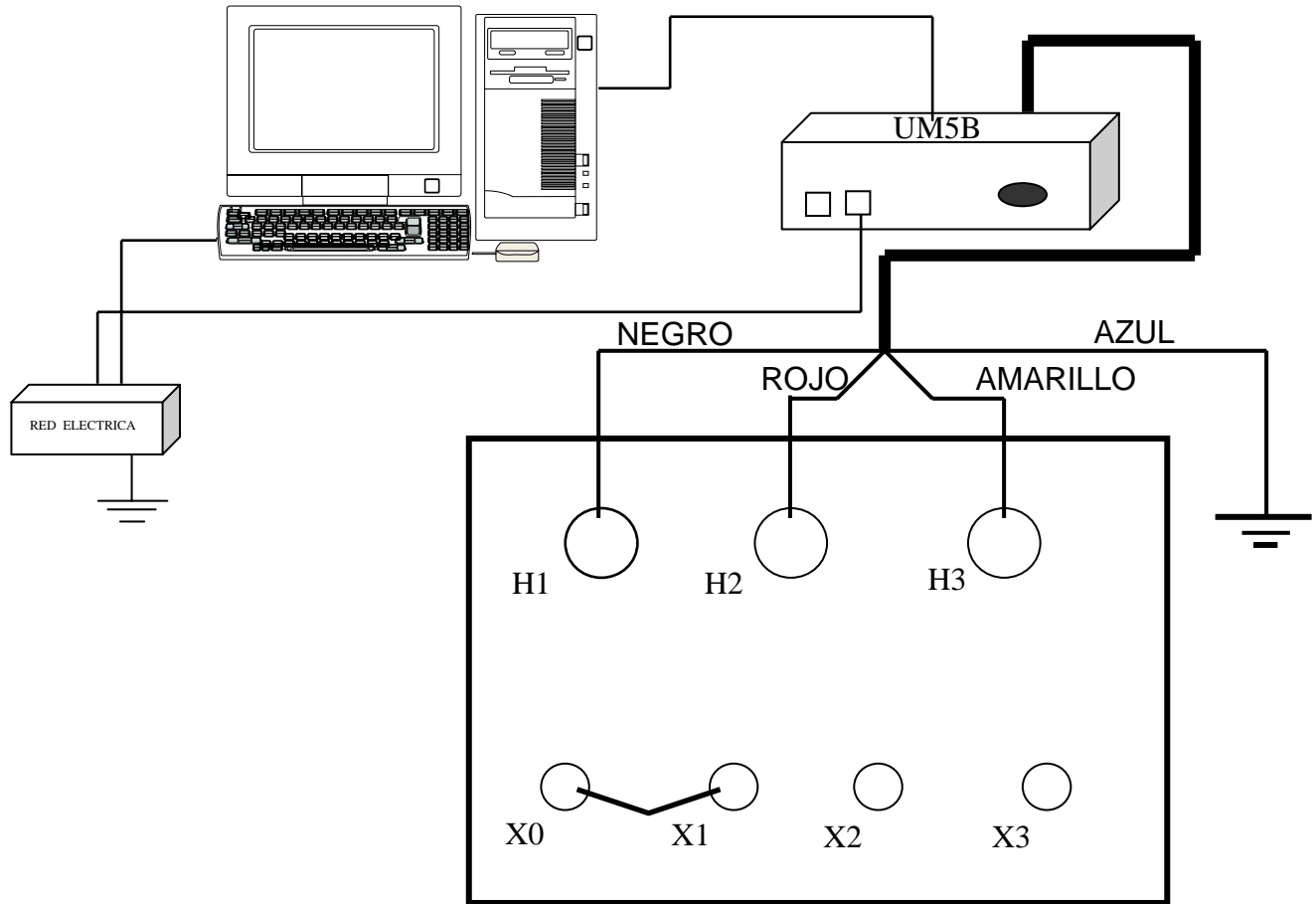
PRUEBA DE REACTANCIA DE DISPERSIÓN
CONEXIÓN ESTRELLA-ESTRELLA
 UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-18



PRUEBA	NEGRO/NEGRO	ROJA/BLANCO	CONEXIONES EN BAJA	MIDE
1	H1	H0-X0	X1-H0-X0	Z1
2	H2	H0-X0	X2-H0-X0	Z2
3	H3	H0-X0	X3-H0-X0	Z3
4	H1	H2	X1-X2-X3	Z _{3φ}

Fig 3.42 AUTOTRANSFORMADOR

PRUEBA DE REACTANCIA DE DISPERSIÓN
 UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-18



PRUEBA	NEGRO	ROJO	AMARILLO	CONEXIONES EN BAJA	MIDE
1	H1	H2	H3	X0-X1	Z1
2	H1	H2	H3	X0-X2	Z2
3	H1	H2	H3	X0-X3	Z3

Fig 3.43 TRANSFORMADOR DE DOS DEVANADOS

PRUEBA DE REACTANCIA DE DISPERSIÓN
CONEXIÓN DELTA-ESTRELLA
 UTILIZAR FORMATO DE PRUEBA SE-03-18



3.8.5 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Debido a que es una prueba de reciente desarrollo y aplicación, no existe aun un criterio definido para evaluar los resultados. A la fecha se evalúan las variaciones en la impedancia de placa del transformador; considerándose permisibles aquellas desviaciones entre el 3% y el 5% dentro de las cuales se considera que un equipo se encuentra en buen estado (valores que corresponden a los criterios americano y europeo respectivamente) .

Es importante tomar en cuenta que esta no es una prueba determinante para evaluar el estado de un transformador de potencia, sus resultados deben considerarse sobre todo en las tendencias de variación histórica o como complemento a otro tipo de pruebas (Relación de transformación, Corriente de excitación, Resistencia óhmica y Capacitancia). Para ello es de suma importancia contar con valores iniciales de prueba, previos al embarque del equipo y a su puesta en servicio.

Una variación en el porcentaje de la reactancia de dispersión (mayor a la de los criterios indicados anteriormente) entre una prueba anterior y una posterior puede ser indicativo de un cambio en la geometría de la parte activa del transformador, lo cual puede interpretarse como una probable falla incipiente en el conjunto núcleo-bobinas con una posibilidad de evolucionar hacia una probable falla mayor futura.

Al no existir un valor límite de la prueba, la determinación de que un transformador pueda seguir operando o dejarse fuera de servicio, depende más de la variación histórica presentada en pruebas anteriores, que del valor de una sola prueba.

3.9 PRUEBA DE RESPUESTA A LA FRECUENCIA.

La prueba de respuesta a la frecuencia en los transformadores de potencia es un auxiliar para la detección de posibles problemas físicos en la geometría de los transformadores. Podría ser considerada como de prototipo, y actualmente en campo es opcional, debido a que esta sujeta a la disposición de equipos de prueba y a que su proceso de desarrollo como herramienta de diagnóstico se encuentra en sus primeras etapas. Por tal razón solo se le incluye para aspectos de conocimiento teórico en el Capítulo 2.

3.10 DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD RESIDUAL EN TRANSFORMADORES DE POTENCIA.

Esta sección describe los procedimientos de campo recomendados para la determinación de la humedad residual, en aislamientos sólidos de Transformadores de Potencia y Reactores; y su objetivo es proporcionar los elementos necesarios para unificar criterios en la determinación de la humedad residual que guardan los aislamientos de equipos nuevos y al efectuar el mantenimiento completo de equipos en operación. En forma general se describe cómo afecta el agua contenida en los aislamientos, en detrimento de sus propiedades ante elementos como el calor y los esfuerzos eléctricos.

3.10.1 TEORÍA GENERAL.

Los aislamientos sólidos de los transformadores de potencia están compuestos principalmente por papel, cartón y madera; generalmente un 95% de estos aislamientos son papel Kraft y cartón (Press Board), los cuales tienen como principal componente la celulosa, la que desde el punto de vista químico está considerada como una cadena de glucosa.

Los tipos de papel utilizados en transformadores son el Kraft y Crepé con sus variantes, dependiendo del fabricante, el cual los somete a diferentes tratamientos a fin de reforzar determinadas características; entre ellas están la resistencia dieléctrica, resistencia al desgarre, temperatura de utilización, envejecimiento, etc.

El papel crepé dada su forma, facilita enormemente el encintado de formas irregulares, teniendo también excelentes características mecánicas y una relativa permeabilidad al aire.



Actualmente algunos fabricantes están utilizando dos tipos de papel especialmente tratados para los encintados de las bobinas; el papel de las capas interiores tiene buenas propiedades dieléctricas y el de las capas exteriores es de magníficas características mecánicas.

La función principal de los aislamientos sólidos en transformadores es formar una barrera dieléctrica, capaz de soportar la diferencia de potencial a que están sujetas las diferentes partes del equipo, así como mantener el flujo de corriente principal por una trayectoria predeterminada, con el objeto de evitar flujos de corrientes no deseadas (Corto Circuito).

Con las tensiones de transmisión cada vez más elevadas, el secado adecuado de los transformadores ha tomado una importancia vital para la instalación y operación de los mismos. La finalidad del proceso de secado en transformadores, es eliminar el agua residual hasta valores permisibles en los aislamientos.

El método de secado en fábrica varía según el constructor, estando entre los más comunes: aire caliente y vacío; vapores calientes y vacío; así como aceite caliente y vacío.

Todos los métodos deben tender a reducir la humedad a 0.3 % por peso de los aislamientos secos conforme a lo establecido en la especificación CFE-K0000-13 "TRANSFORMADORES DE POTENCIA PARA SUBESTACIONES DE DISTRIBUCION"; en fábrica la temperatura del transformador se mantiene entre 85 y 95 °C no excediendo los 100 °C y se aplica un alto vacío de fracciones de mm. de Hg., hasta que la humedad que se extrae diariamente (colectada en una trampa de hielo seco) es insignificante.

La presencia de agua afecta considerablemente la rigidez dieléctrica, tanto del papel como del aceite, pudiendo disminuir hasta límites peligrosos dentro de los esfuerzos a que están sometidos estos materiales.

Los efectos sobre las características dieléctricas del papel y del aceite se muestran en las gráficas de las figuras 3.44 y 3.45. En la figura 3.45 se observa la afectación del Factor de Potencia del papel Kraft de acuerdo a su contenido de humedad y variación de la temperatura. En la figura 3.44 se muestra como varía la rigidez dieléctrica del aceite según el contenido de agua.

El calor provoca degradación tanto en el papel como en el aceite y es originada por cambios químicos (pirolisis) que afectan la estabilidad de sus propiedades mecánicas y eléctricas. Esta degradación depende de muchos factores: la habilidad del papel para resistir la degradación térmica es disminuida por la presencia de contaminantes



orgánicos, la retención de productos originados por su propia degradación, por la naturaleza del medio y por la presencia de humedad.

Los efectos de la degradación, conocida como envejecimiento, sobre las propiedades mecánicas del papel según su contenido de humedad, se pueden ver claramente en las figuras 3.46 y 3.47.

Para conocer el estado de los aislamientos, normalmente se efectúan pruebas eléctricas, como resistencia de aislamiento y Factor de Potencia; conforme a los resultados y a las tensiones de operación del equipo, se determina si están en buenas condiciones; estas pruebas dan cierta seguridad a los aislamientos ante esfuerzos eléctricos, no siendo así en lo que se refiere a la degradación térmica de los mismos, ya que éste es dependiente de la humedad contenida en ellos.

En virtud de lo anterior, es necesario disminuir al mínimo el contenido de agua de los aislamientos, así como el desarrollo de métodos para la determinación exacta de la humedad residual, tanto en sólidos como en el aceite.

3.10.2 METODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD RESIDUAL.

Se entiende por Humedad Residual a la cantidad de agua expresada en porciento del peso total de los aislamientos sólidos, que permanece en ellos al final de un proceso de secado; actualmente para su determinación se usan dos métodos: el que la determina a partir de la presión de vapor producida por la humedad en un medio al vacío (el propio tanque del transformador) y el que utiliza la medición del punto de rocío de un gas en contacto con los aislamientos. Los métodos anteriores se describen con detalle a continuación.

3.10.2.1 MÉTODO DEL ABATIMIENTO DE VACIO.

La presión absoluta dentro de un transformador es originada por el movimiento molecular de un gas, en éste caso el vapor de agua desprendido por los aislamientos. Con la medición de esta presión y de la temperatura de los devanados, se puede determinar el porciento de humedad residual contenido en los aislamientos.

Al terminarse el armado del transformador, así como su sellado y comunicados con el tanque conservador y radiadores, sin aceite, se aplica nitrógeno a una presión de 8 lbs/pgda² durante 24 horas, si no existen fugas, continuar de acuerdo a lo paso siguiente.

Conectar el equipo de vacío y el vacuómetro de mercurio (ver figura No. 3.50) y proceder a efectuar vacío, registrándose las lecturas en intervalos de tiempo preestablecidos, hasta alcanzar un valor estable, durante 4 horas o más.

Con esta condición, se toma una última lectura de vacío, se procede a cerrar la válvula entre el tanque del transformador y el equipo de vacío, y se toman lecturas de vacío cada cinco minutos por un lapso de una hora como mínimo.

Cuando tres lecturas sucesivas tienen el mismo valor, ésta es la presión de vapor producida por la humedad residual, a la temperatura en que se encuentran los devanados del transformador.

En el caso de que las lecturas de vacío no se estabilicen y se salgan del rango del vacuómetro, se tiene el transformador húmedo o en su defecto con fugas.

Se determina la temperatura de los devanados, preferentemente por el método de medición de resistencia óhmica.

Con los valores de presión de vapor y temperatura, se determina la Humedad Residual de los aislamientos sólidos del transformador, utilizando la gráfica de la figura No. 3.48.

3.10.2.2 RECOMENDACIONES.

Es necesario probar a brida ciega el equipo de vacío a fin de conocer el vacío que puede alcanzar y con el objeto de saber si a la temperatura a que están los devanados, es capaz de obtener el vacío correspondiente para la humedad recomendada (0.3 %). Esta prueba se realiza a la temperatura ambiente (10 a 40 °C) y el equipo debe ser capaz de obtener un vacío entre 5 y 75 micrones (ver figura No. 3.50).

Para la medición de la resistencia óhmica se debe utilizar un óhmetro para bajas resistencias, recomendándose el uso del doble puente de Kelvin.

3.10.2.3 MÉTODO DEL PUNTO DE ROCIO DEL GAS (NITRÓGENO O AIRE).

El Punto de Rocío de un gas es, por definición, la temperatura a la cual la humedad presente (vapor de agua contenido en el gas) comienza a condensarse sobre la superficie en contacto con el gas. Con base en este valor se puede determinar sobre un volumen conocido, la cantidad total de agua contenida en él, así como su



Humedad Relativa. La cantidad de agua en el papel se determina como una función de la Humedad Relativa del gas con el cual está en contacto cuando está expuesto, hasta alcanzar condiciones de equilibrio entre sus respectivas humedades.

En la actualidad existe la suficiente experiencia como para decir que la técnica de determinación de humedad por este método es adecuada y con suficiente precisión. El procedimiento general consiste en llenar el transformador con un gas seco (aire o nitrógeno), de tal manera que al cabo de un cierto tiempo, en el cual se alcance el estado de equilibrio en humedad, se mide el Punto de Rocío del gas y con este valor poder determinar la Humedad Residual en los aislamientos. A continuación se detallan los pasos necesarios para efectuar la determinación de la Humedad Residual.

a) Al terminar con el armado del transformador, comunicados tanque conservador y radiadores, extraer todo el aceite y con el transformador debidamente sellado, se procede a efectuar vacío hasta alcanzar un valor de 100 micrones o menos, manteniéndose en estas condiciones por cuatro horas.

$$1 \text{ mm de Hg} = 1000 \text{ micrones.}$$

b) Al término fijado en el punto anterior romper el vacío con aire o nitrógeno seco, con un Punto de Rocío de $-45 \text{ }^{\circ}\text{C}$ o menor. Presurizar el transformador a 5 lbs/pgda^2 y mantener en estas condiciones por 24 horas, tiempo suficiente para alcanzar el punto de equilibrio.

c) Transcurrido dicho tiempo, efectuar la medición del Punto de Rocío del gas.

d) Determinar la temperatura de los devanados, preferentemente por el método de medición de resistencia óhmica.

e) Con el valor de Punto de Rocío obtenido y la presión del gas dentro del transformador, determinar la presión de vapor (ver gráfica de la Figura No. 3.49).

f) Con la presión de vapor y la temperatura de devanados determinar la Humedad Residual con la gráfica de la Figura No. 3.48.

Para la determinación del Punto de Rocío, se puede usar cualquier higrómetro de los que existen en el mercado; los más utilizados son el de Hielo Seco y los de Alnor y Panametrics entre otras marcas. A continuación se describe la metodología empleada para esos equipos.



3.10.2.3.1 HIGROMETRO DE HIELO SECO.

- 1) Teniendo el transformador presurizado, se desconecta la manguera del tanque de Nitrógeno y se conecta a la entrada del Higrómetro, verificando que estén cerradas sus válvulas de entrada y salida del medidor (ver Figura No. 3.52).
- 2) Determinar la temperatura de los devanados como se indica en el inciso (d) del punto 3.8.2.2.
- 3) Desarmar el Higrómetro y limpiar perfectamente la superficie exterior cromada del vaso.
- 4) Registrar la presión del tanque del transformador y abrir las válvulas del Higrómetro y del tanque del transformador, con lo que se produce un flujo de gas a través del Higrómetro hacia la atmósfera.
- 5) Dentro del vaso del higrómetro colocar un termómetro de laboratorio con escala de $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, el bulbo del termómetro se coloca a la altura donde el flujo de gas choca con la superficie exterior del vaso; se vierte acetona pura hasta la mitad del vaso aproximadamente y se van agregando trozos pequeños de hielo seco (CO_2), teniendo cuidado de no poner muchos trozos a la vez, debido a que se produce efervescencia en la acetona y se puede derramar.
- 6) Al inicio de la prueba, el vaso del higrómetro se nota completamente brillante; esto se puede comprobar mirando a través del cristal transparente (ver Figura No. 3.51).
- 7) Agregar continuamente hielo seco, observando la temperatura de la acetona, ya que llega un momento en el cual el vaso del higrómetro se torna opaco. Tomar la lectura de temperatura en ese instante y ésta es la temperatura del Punto de Rocío del gas, a la presión del tanque del transformador.
Para determinar la Humedad Residual, referirse a los incisos (e) y (f) del punto 3.8.2.2.

3.10.2.3.2 HIGRÓMETRO ALNOR.

El higrómetro de la marca Alnor se usa para determinar el Punto de Rocío de algunos gases. El más adecuado para la aplicación en transformadores de potencia es el tipo No. 7000 U de 115 VCA 50/60 Hz. y 7.5 VCD para las pruebas en campo.

- 1) Seguir los pasos 1 y 2 del procedimiento del higrómetro de hielo seco.



- 2) Conectar el medidor a una fuente de 115 VCA o bien usar la batería.
- 3) Antes de la prueba el medidor debe ser ajustado como sigue:
 - Colocar la válvula de operación en posición fuera.
 - Abrir la válvula de purga para asegurar que no existe presión en el medidor.
 - Oprimir la válvula del medidor y girar el tornillo de ajuste hasta que el menisco de la columna de aceite, coincida con el 1 de la escala.
 - Liberar la válvula del medidor.
 - Cerrar la válvula de purga y bombear hasta que el medidor alcance una lectura de 0.5, abrir la válvula de purga y el menisco debe regresar en unos cuantos segundos a el 1 de la escala, en caso de que no regrese, repetir los pasos anteriores.
- 4) Se recomienda que la conexión entre el tanque del transformador y el medidor, sea de cobre flexible y lo más corta posible. Verificar la limpieza de ésta, sus conexiones deben estar bien apretadas, con un filtro externo entre el medidor y el tanque del transformador.
- 5) Nunca oprimir la válvula del medidor a menos que la válvula de operación esté fuera, la válvula de purga abierta y la válvula de corte cerrada.
- 6) Abrir la válvula de purga, colocar la válvula de operación en posición fuera y abrir la válvula del transformador, dejar fluir el gas a través del medidor, operando la bomba de émbolo repetidas veces, con objeto de efectuar un barrido que desaloje el aire que contiene el medidor.
- 7) Cerrar la válvula de purga y bombear la muestra del gas en el medidor hasta obtener un valor de 0.5 en la escala. Observar dentro de la ventana de la cámara de niebla y presionar hacia abajo la válvula de operación sin dejar de ver por la ventana; si se forma niebla en el cono de luz, es necesario probar a un valor más alto en la escala. Repetir la prueba hasta encontrar dos valores en la escala contiguos, con una diferencia no mayor de 0.01, donde se presente y no la niebla en la cámara. El valor intermedio entre estos dos, es el valor correcto de la relación de presión.
- 8) Con este valor de Relación de Presión y la temperatura del gas (leída en el termómetro del medidor), entrar al calculador de Punto de Rocío (suministrado junto



con el medidor) y obtener el valor de temperatura de Punto de Rocío. Es necesario ubicar en el calculador, el valor de la constante "Q" del gas utilizado (nitrógeno).

3.10.2.3.2.1 RECOMENDACIONES AL APLICAR EL MÉTODO DESCRITO.

- a) La instalación de la conexión del higrómetro debe hacerse sobre el tanque principal del transformador, de tal manera que quede completamente expuesta al gas.
- b) Para transformadores nuevos o reparados, se debe determinar el Punto de Rocío del nitrógeno que contiene el transformador desde fábrica y que debe mantenerse durante su transporte. Esta medición se hace antes de cualquier maniobra de inspección interna y del armado. El valor de humedad determinado es de utilidad para una apreciación preliminar del tiempo necesario para la puesta en servicio del transformador.
- c) No se debe tomar como temperatura de los devanados la temperatura de los termómetros propios del transformador, ya que éste se encuentra sin aceite y sus instrumentos dan valores erróneos.

3.10.2.3.3 HIGRÓMETRO PANAMETRICS - 2000.

Con base en la experiencia de campo de los ingenieros de mantenimiento del área de Distribución de CFE, se ha llegado a la conclusión de que éste equipo no es adecuado para utilizarse en el campo, debido a que sus celdas sensoras pierden calibración con el uso en campo y no existen en el país los medios para su calibración. Así entonces, el uso de este equipo queda limitado para transformadores ubicados en fábricas, laboratorios y talleres de reparación o servicio.



3.10.3 VALORES ACEPTABLES DE HUMEDAD RESIDUAL EN AISLAMIENTOS SOLIDOS DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA.

Los fabricantes de transformadores y reactores de potencia recomiendan que el secado de estos equipos sea menor de 0.5% de Humedad Residual.

Un contenido de humedad de entre 0.2 y 0.4 % es un buen valor de trabajo. Humedades Residuales por debajo de 0.1 %, además de ser difíciles de obtener, no se recomiendan por la posible pérdida de vida del aislamiento. Se ha demostrado por varios investigadores, que el contenido de agua en un aislamiento fibroso se equilibra a un nivel gobernado por la presión de vapor y la temperatura del medio aislante; la gráfica o carta de equilibrio de la figura No. 3.48 muestra esta relación.

Como conclusión general, se recomienda que un valor aceptable de Humedad Residual en aislamientos solidos para transformadores y reactores de potencia, debe ser del 0.3 %.

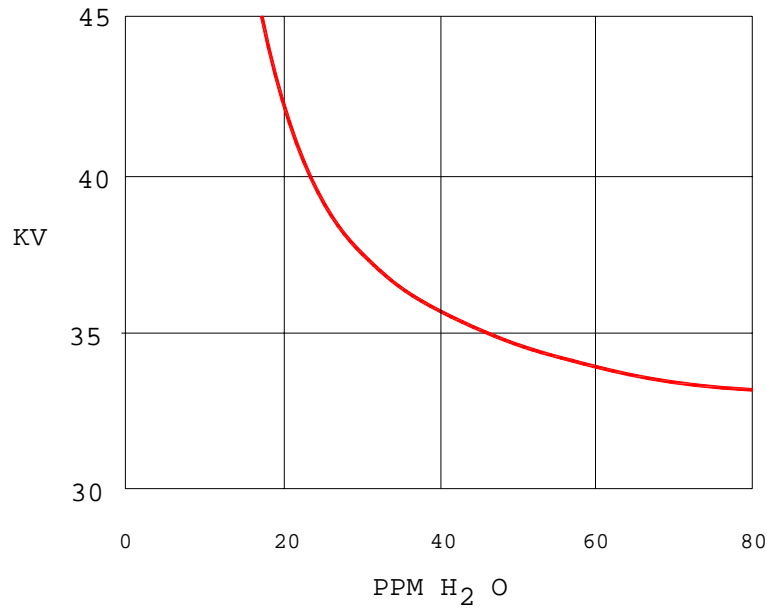


Fig. 3.44 VARIACIÓN DE LA RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE CON SU CONTENIDO DE AGUA

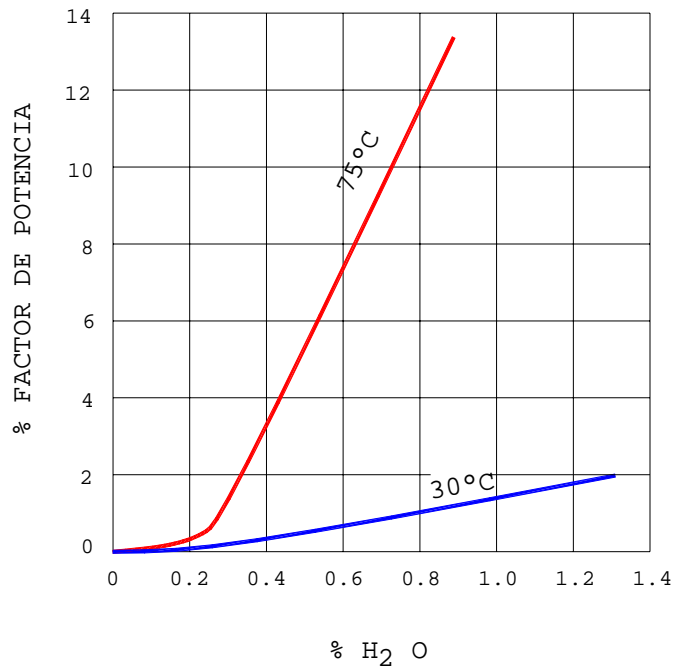
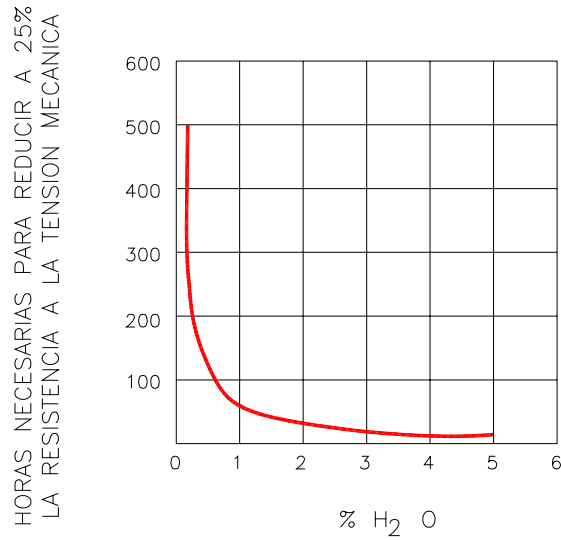
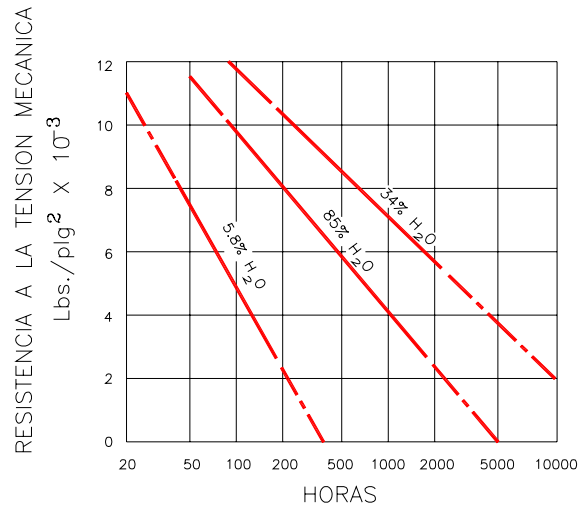


Fig. 3.45 VARIACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA DEL PAPEL KRAFT CON SU CONTENIDO DE AGUA



EFFECTO DE LA HUMEDAD EN EL PAPEL SOMETIDO A ENVEJECIMIENTO A UNA TEMPERATURA DE 150°C

Fig. 3.46 EFECTO DE LA HUMEDAD EN EL PAPEL SOMETIDO A ENVEJECIMIENTO A UNA TEMPERATURA DE 150 °C



ENVEJECIMIENTO DE PAPEL IMPREGNADO EN ACEITE, A UNA TEMPERATURA DE 130 °C

Fig. 3.47 ENVEJECIMIENTO DE PAPEL IMPREGNADO EN ACEITE, A UNA TEMPERATURA DE 130 °C

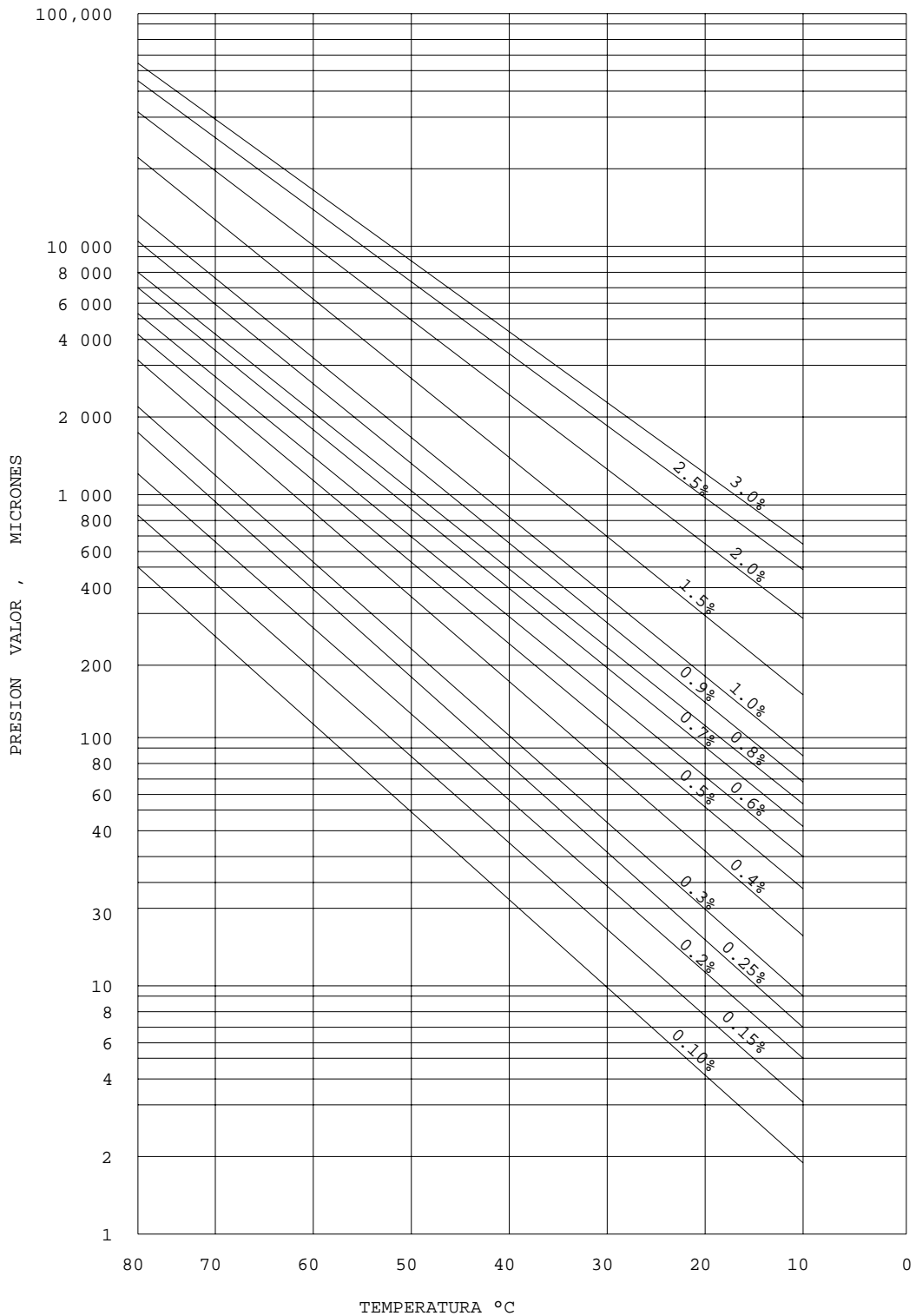


Fig. 3.48 GRÁFICA DE EQUILIBRIO DE HUMEDAD

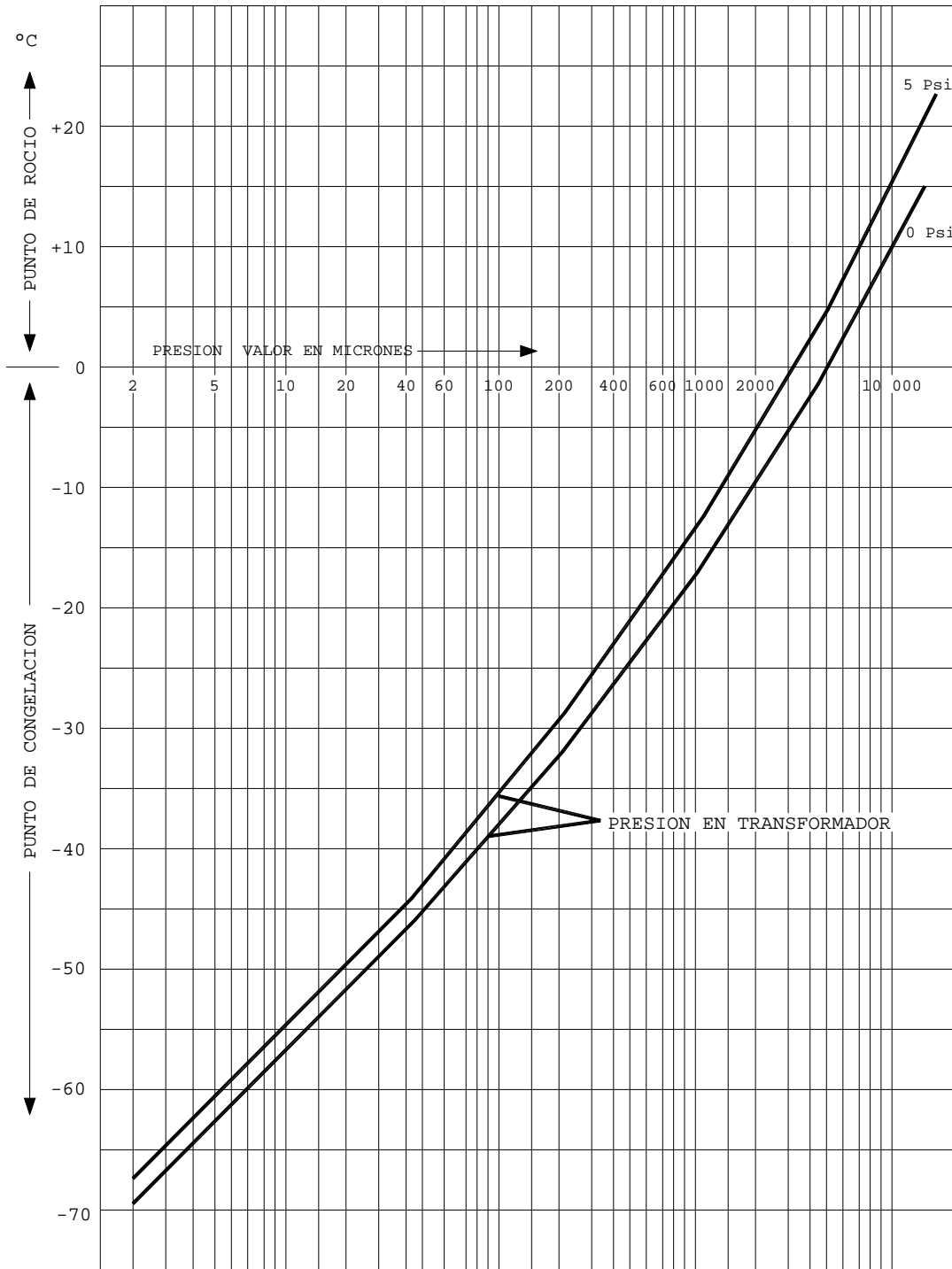
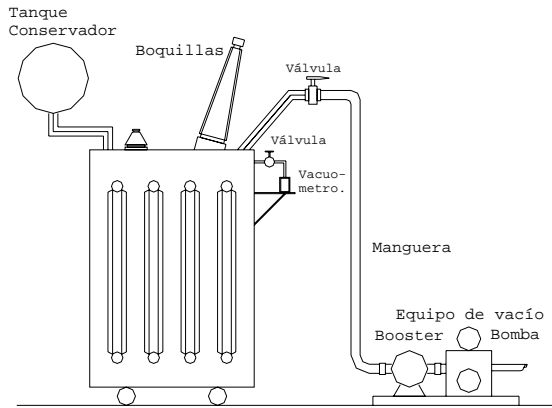


Fig. 3.49 CONVERSIÓN DE PUNTO DE ROCIO A PRESIÓN DE VAPOR



TRANSFORMADOR

Fig. 3.50

HIGROMETRO DE HIELO SECO

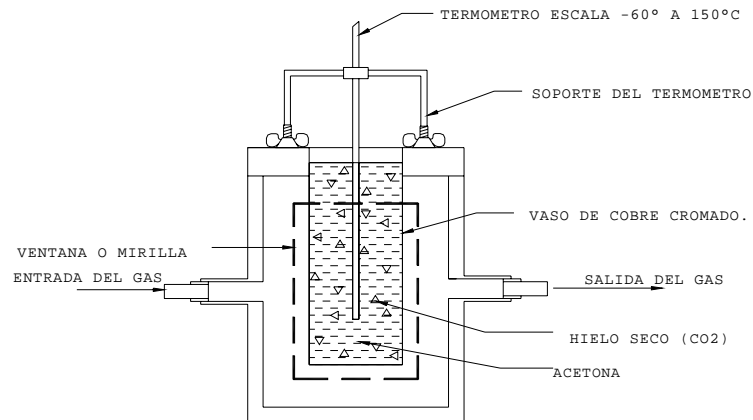
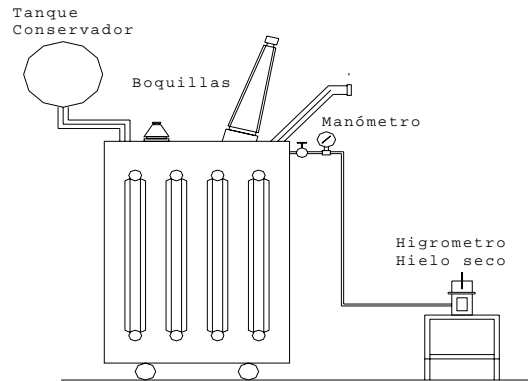


Fig. 3.51



TRANSFORMADOR

Fig. 3.52



TRANSFORMADORES
PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

FECHA ULTIMA PRUEBA:
REPORTE No.:
DIVISIÓN:
ZONA:

SUBESTACIÓN:
EQUIPO (CLAVE):
No. DE SERIE:
VOLTAJE (kv) A.T. B.T.

FECHA:
MARCA: TIPO:
CAPACIDAD: MVA
TER.: IMPEDANCIA: %

TEMP. DEV.: °C TEMP. ACEITE: °C TEMP. AMB.: °C H.R.: %
MEGGER No. DE SERIE ESCALA: MULTIPLICADOR: MARCA:

Table with columns: LINEA, GUARDA, TIERRA, TIEMPO DE PRUEBA, LECTURAS (MEDIDA, MULTIPLICADA, CORREGIDA A 20 °C), INDICES (RH, RX, RXH) and a section for DIAGRAMA FASORIAL.

CONDICIONES METEOROLÓGICAS:

CORRECCIÓN POR TEMPERATURA PARA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.

RESISTENCIA MÍNIMA DE AISLAMIENTO EN ACEITE A 20 °C.

Table with columns: * TEMP. DEL TRANSFORMADOR, FACTOR DE CORRECCIÓN, * TEMP. DEL TRANSFORMADOR, FACTOR DE CORRECCIÓN, INDICES DE POLARIZACIÓN Y ABSORCIÓN, PROMEDIO MÍNIMO, VOLTAJE ENTRE FASES (kv), MEGAHOMS, VOLTAJE ENTRE FASES (kv), MEGAHOMS.

* TEMPERATURA DEL ACEITE

FACTOR DE CORRECCIÓN UTILIZADO:

VALOR DE LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DEL NÚCLEO A TIERR. MEGAOHMS A 1000 VOLTS.

OBSERVACIONES:

PROBÓ: REVISÓ:

FORMATO SE-03-01



TRANSFORMADOR DOS DEVANADOS PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA DE AISLAMIENTO	FECHA ÚLTIMA PRUEBA _____ REPORTE No. _____ DIVISIÓN _____ ZONA _____
--	--

SUBESTACIÓN: _____ EQUIPO (CLAVE): _____ NÚMERO DE SERIE: _____ VOLTAJE (kv): A.T.: _____ B.T.: _____ TEMP. DEV.: _____ °C TEMP. ACEITE _____ °C EQUIPO DE PRUEBA MARCA: _____	FECHA: _____ MARCA: _____ TIPO: _____ CAPACIDAD: _____ MVA IMPEDANCIA: _____ COND. AMBIENTE: _____ TEMP. AMB.: _____ °C H.R.: _____ % No. DE SERIE: _____ MODELO: _____
---	--

PRUEBA CON ACEITE Y BOQUILLAS. FACTOR DE CORRECCIÓN: _____

PRUEBA	CONEX. PARA PRUEBAS			kv DE PRUEBA	PRUEBA A 2.5 kv.						% FACTOR DE POTENCIA		INICIALES P / COND. AISL. B = BUENO D = DEFECTUOSO I = INVESTIGAR M = MALO	COND. DE AISL.	
	CABLE ALTO VOLTAJE	CABLE BAJO VOLTAJE	SELECTOR EN		MILIVOLTAMPERES			MILIWATTS			MEDIDO	CORR. A 20 °C			
					LECTURA MEDICIÓN	MULTIPLICADOR	MVA	LECTURA MEDICIÓN	MULTIPLICADOR	MW					
1	ALTA	BAJA	TIERRA												
2	ALTA	BAJA	GUARDA											C _H =	
3	ALTA	BAJA	UST											C _{Hx} =	
4	BAJA	ALTA	TIERRA												
5	BAJA	ALTA	GUARDA											C _x =	
RESULTADOS CALCULADOS														C _{Hx} = (PRUEBA 1 MENOS PRUEBA 2)	
PRUEBA AL ACEITE														C _{Hx} = (PRUEBA 4 MENOS PRUEBA 5)	
														TEMP. ACEITE _____ °C	

Los valores MVA y MW deben compararse con los valores C_{Hx}

TRANSFORMADOR EN ACEITE	ACEITE	TRANSFORMADOR EN ASKAREL
FACTOR DE POTENCIA EXCELENTE £ 0.5 % A 20 °C LÍMITE £ 1.0 %	FACTOR DE POTENCIA NUEVO 0.05 % A 20 °C BUENO MÁX. 0.5 %	FACTOR DE POTENCIA MÁXIMO A 20 °C = 3 %

DIAGRAMA FASORIAL

OBSERVACIONES _____

PROBÓ: _____

REVISÓ: _____

ENVIAR COPIAS A: _____



<p align="center">TRANSFORMADOR DOS DEVANADOS PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA DE AISLAMIENTO</p>	FECHA ÚLTIMA PRUEBA _____ REPORTE No. _____ DIVISIÓN _____ ZONA _____
--	--

SUBESTACIÓN: _____ EQUIPO (CLAVE): _____ NÚMERO DE SERIE: _____ VOLTAJE (kv): A.T.: _____ B.T.: _____ TEMP. DEV.: _____ °C TEMP. ACEITE _____ °C EQUIPO DE PRUEBA MARCA: _____	FECHA: _____ MARCA: _____ TIPO: _____ CAPACIDAD: _____ MVA IMPEDANCIA: _____ COND. AMBIENTE: _____ TEMP. AMB: _____ °C H.R.: _____ % No. DE SERIE: _____ MODELO: _____
---	---

PRUEBA CON ACEITE Y BOQUILLAS.

FACTOR DE CORRECCIÓN: _____

PRUEBA	CONEX. PARA PRUEBAS			kv DE PRUEBA	PRUEBA A 10 kv.						% FACTOR DE POTENCIA		INICIALES P / COND. AISL. B = BUENO D = DEFECTUOSO I = INVESTIGAR M = MALO	COND. DE AISL
	CABLE ALTO VOLTAJE	CABLE BAJO VOLTAJE	SELECTOR EN		MILIAMPERES			WATTS			MEDIDO	CORR. A 20 °C		
					LECTURA MEDICIÓN	MULTIPLICADOR	Ma	LECTURA MEDICIÓN	MULTIPLICADOR	W				
1	ALTA	BAJA	TIERRA											CAPACITANCIA EN DEVANADOS
2	ALTA	BAJA	GUARDA											C _H =
3	ALTA	BAJA	UST											C _{Hx} =
4	BAJA	ALTA	TIERRA											
5	BAJA	ALTA	GUARDA											C _x =
RESULTADOS CALCULADOS														C _{Hx} = (PRUEBA 1 MENOS PRUEBA 2)
PRUEBA AL ACEITE														C _{Hx} = (PRUEBA 4 MENOS PRUEBA 5)
													TEMP. ACEITE _____ °C	

Los valores Ma y W deben compararse con los valores C_{Hx}

TRANSFORMADOR EN ACEITE FACTOR DE POTENCIA EXCELENTE £ 0.5 % A 20 °C LÍMITE £ 1.0 %	ACEITE FACTOR DE POTENCIA NUEVO 0.05 % A 20 °C BUENO MÁX. 0.5 %	TRANSFORMADOR EN ASKAREL FACTOR DE POTENCIA MÁXIMO A 20 °C = 3 %
--	--	--

DIAGRAMA FASORIAL

OBSERVACIONES _____

PROBÓ: _____

REVISÓ: _____

ENVIAR COPIAS A: _____



TRANSFORMADOR TRES DEVANADOS PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA DE AISLAMIENTO	FECHA ÚLTIMA PRUEBA _____ REPORTE No. _____ DIVISIÓN _____ ZONA _____
---	--

SUBESTACIÓN: _____ EQUIPO (CLAVE): _____ NÚMERO DE SERIE: _____ VOLTAJE (kv): A.T.: _____ B.T.: _____ TER: _____ TEMP. DEV.: _____ °C TEMP. ACEITE.: _____ °C	FECHA: _____ MARCA: _____ TIPO: _____ CAPACIDAD: _____ MVA IMPEDANCIA: _____ COND. AMBIENTE: _____ TEMP. AMB: _____ °C H.R.: _____ % EQUIPO DE PRUEBA MARCA: _____ No. DE SERIE: _____ MODELO: _____
--	--

PRUEBA CON ACEITE Y BOQUILLAS.

FACTOR DE CORRECCIÓN: _____

PRUEBA	CONEX. PARA PRUEBAS		kv DE PRUEBA	PRUEBA A 2.5 kv.						% DE FACTOR DE POTENCIA		INICIALES P / COND. AISL. B = BUENO D = DEFECTUOSO I = INVESTIGAR M = MALO CAPACITANCIA EN DEVANADOS	COND. DE AISL
	CABLE ALTO VOLTAJE	CONEXIONES EN LOS OTROS DEVANADOS		MILIVOLTAMPERES			MILIWATTS			MEDIDO	CORR. A 20 °C		
				LECTURA MEDICIÓN	MULTIPLICAD OR	MVA	LECTURA MEDICIÓN	MULTIPLICAD OR	MW				
1	ALTA	BAJA - TER TIERRA GUARDA											
2	ALTA	BAJA - TER GUARDA											C _H =
3	ALTA	TER - BAJA TIERRA UST											C _{HX} =
4	BAJA	TER - ALTA TIERRA GUARDA											
5	BAJA	ALTA - TER GUARDA											C _X =
6	BAJA	ALTA - TER TIERRA UST											C _{XY} =
7	TER	ALTA - BAJA TIERRA GUARDA											
8	TER	ALTA - BAJA GUARDA											C _Y =
9	TER	BAJA - ALTA TIERRA UST											C _{HY} =
RESULTADOS CALCULADOS													C _{HX} = (PRUEBA 1 MENOS PRUEBA 2)
PRUEBA AL ACEITE													C _{XY} = (PRUEBA 4 MENOS PRUEBA 5)
PRUEBA AL ACEITE													C _{HY} = (PRUEBA 7 MENOS PRUEBA 8)
TEMP. ACEITE _____ °C													

Los valores MVA y MW deben compararse con los valores C_{HX}, C_{XY} y C_{HY}

TRANSFORMADOR EN ACEITE FACTOR DE POTENCIA EXCELENTE £ 0.5 % A 20 °C LÍMITE £ 1.0 %	ACEITE FACTOR DE POTENCIA NUEVO 0.05 % A 20 °C BUENO MÁX. 0.5 %	TRANSFORMADOR EN ASKAREL FACTOR DE POTENCIA MÁXIMO A 20 °C = 3 %
--	---	--

DIAGRAMA FASORIAL

OBSERVACIONES _____

PROBÓ: _____

REVISÓ: _____

ENVIAR COPIAS A: _____

FORMATO SE-03-04



TRANSFORMADOR TRES DEVANADOS PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA DE AISLAMIENTO	FECHA ÚLTIMA PRUEBA _____ REPORTE No. _____ DIVISIÓN _____ ZONA _____
---	--

SUBESTACIÓN: _____ EQUIPO (CLAVE): _____ NÚMERO DE SERIE: _____ VOLTAJE (kv): A.T.: _____ B.T.: _____ TER: _____ TEMP. DEV.: _____ °C TEMP. ACEITE.: _____ °C EQUIPO DE PRUEBA MARCA: _____	FECHA: _____ MARCA: _____ TIPO: _____ CAPACIDAD: _____ MVA IMPEDANCIA: _____ COND. AMBIENTE: _____ TEMP. AMB: _____ °C H.R.: _____ % No. DE SERIE: _____ MODELO: _____
---	--

PRUEBA CON ACEITE Y BOQUILLAS.

FACTOR DE CORRECCIÓN: _____

PRUEBA	CONEX. PARA PRUEBAS		kv DE PRUEBA	PRUEBA A 10 kv.						% DE FACTOR DE POTENCIA		INICIALES P / COND. AISL. B = BUENO D = DEFECTUOSO I = INVESTIGAR M = MALO CAPACITANCIA EN DEVANADOS	COND. DE AISL
	CABLE ALTO VOLTAJE	CONEXIONES EN LOS OTROS DEVANADOS		MILIAMPERES			WATTS			MEDIDO	CORR. A 20 °C		
				LECTURA MEDICIÓN	MULTIPLICAD OR	Ma	LECTURA MEDICIÓN	MULTIPLICAD OR	W				
1	ALTA	BAJA - TER TIERRA GUARDA											
2	ALTA	BAJA - TER GUARDA											C _H =
3	ALTA	TER - BAJA TIERRA UST											C _{HX} =
4	BAJA	TER - ALTA TIERRA GUARDA											
5	BAJA	ALTA - TER GUARDA											C _X =
6	BAJA	ALTA - TER TIERRA UST											C _{XY} =
7	TER	ALTA - BAJA TIERRA GUARDA											
8	TER	ALTA - BAJA GUARDA											C _Y =
9	TER	BAJA - ALTA TIERRA UST											C _{HY} =
RESULTADOS CALCULADOS													C _{HX} = (PRUEBA 1 MENOS PRUEBA 2)
PRUEBA AL ACEITE													C _{XY} = (PRUEBA 4 MENOS PRUEBA 5)
PRUEBA AL ACEITE													C _{HY} = (PRUEBA 7 MENOS PRUEBA 8)
TEMP. ACEITE _____ °C													

Los valores Ma y W deben compararse con los valores C_{HX}, C_{XY} y C_{HY}

TRANSFORMADOR EN ACEITE FACTOR DE POTENCIA EXCELENTE £ 0.5 % A 20 °C LÍMITE £ 1.0 %	ACEITE FACTOR DE POTENCIA NUEVO 0.05 % A 20 °C BUENO MÁX. 0.5 %	TRANSFORMADOR EN ASKAREL FACTOR DE POTENCIA MÁXIMO A 20 °C = 3 %
--	--	--

DIAGRAMA FASORIAL	OBSERVACIONES _____ _____ _____ PROBÓ: _____ REVISÓ: _____ ENVIAR COPIAS A: _____ _____
--------------------------	---

FORMATO SE-03-05



AUTOTRANSFORMADOR PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA DE AISLAMIENTO	FECHA ÚLTIMA PRUEBA _____ REPORTE No. _____ DIVISIÓN _____ ZONA _____
---	--

SUBESTACIÓN: _____ EQUIPO (CLAVE): _____ NÚMERO DE SERIE: _____ VOLTAJE (kv): A.T.: _____ B.T.: _____ TER: _____ TEMP. DEV.: _____ °C TEMP. ACEITE: _____ °C EQUIPO DE PRUEBA MARCA: _____	FECHA: _____ MARCA: _____ TIPO: _____ CAPACIDAD: _____ MVA IMPEDANCIA: _____ COND. AMBIENTE: _____ TEMP. AMB: _____ °C H.R.: _____ % No. DE SERIE: _____ MODELO: _____
---	---

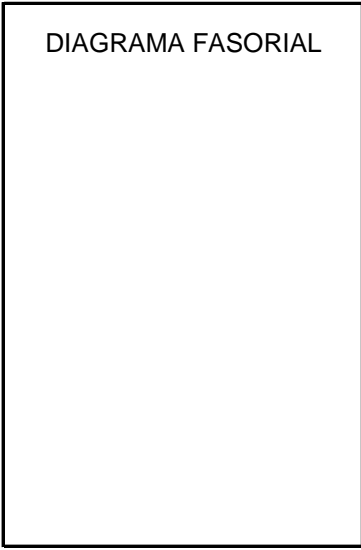
PRUEBA CON ACEITE Y BOQUILLAS.

FACTOR DE CORRECCIÓN: _____

PRUEBA	CONEX. PARA PRUEBAS			kv DE PRUEBA	PRUEBA A 2.5 kv.						% DE FACTOR DE POTENCIA		INICIALES P / COND. AISL. B = BUENO D = DEFECTUOSO I = INVESTIGAR M = MALO	COND. DE AISL	
	DEVANADO ENERGIZADO	DEVANADO A TIERRA	DEVANADO A GUARDA		MILIVOLTAMPERES			MILIWATTS			MEDIDO	CORR. A 20 °C			
					LECTURA MEDICIÓN	MULTIPLICADOR	MVA	LECTURA MEDICIÓN	MULTIPLICADOR	MW					
1	ALTA BAJA	TER												CAPACITANCIA EN DEVANADOS	
2	ALTA BAJA		TER											C _(HX) Y=	
3	ALTA BAJA	TER - UST												C _(HX) Y=	
4	TER	ALTA BAJA													
5	TER		ALTA BAJA											C _y =	
RESULTADOS CALCULADOS														C _(HX) Y= (PRUEBA 1 MENOS PRUEBA 2)	
PRUEBA AL ACEITE														C _(HX) Y= (PRUEBA 4 MENOS PRUEBA 5)	
													TEMP. ACEITE _____ °C		

Los valores MVA y MW deben compararse con los valores C_(HX)Y

AUTOTRANSFORMADOR EN ACEITE	ACEITE	AUTOTRANSFORMADOR EN ASKAREL
FACTOR DE POTENCIA EXCELENTE £ 0.5 % A 20 °C LÍMITE £ 1.0 %	FACTOR DE POTENCIA NUEVO 0.05 % A 20 °C BUENO MÁX. 0.5 %	FACTOR DE POTENCIA MÁXIMO A 20 °C 3 %



NOTAS: 1.- Cuando el transformador no disponga de boquillas para el devanado terciario, solamente se realiza la prueba 1. (CH) conectando la terminal L.V. al tanque.

2.- Este formato también se utiliza para la prueba de reactores, utilizando el renglón de la prueba 1, conectando la terminal L.V. al tanque

OBSERVACIONES _____

PROBÓ: _____

REVISÓ: _____

ENVIAR COPIAS A: _____



AUTOTRANSFORMADOR PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA DE AISLAMIENTO	FECHA ÚLTIMA PRUEBA _____ REPORTE No. _____ DIVISIÓN _____ ZONA _____
--	--

SUBESTACIÓN: _____	FECHA: _____
EQUIPO (CLAVE): _____	MARCA: _____ TIPO: _____
NÚMERO DE SERIE: _____	CAPACIDAD: _____ MVA
VOLTAJE (kv): _____ A.T.: _____ B.T.: _____ TER: _____	IMPEDANCIA: _____ COND. AMBIENTE: _____
TEMP. DEV.: _____ °C TEMP. ACEITE: _____ °C	TEMP. AMB: _____ °C H.R.: _____ %
EQUIPO DE PRUEBA MARCA: _____	No. DE SERIE: _____ MODELO: _____

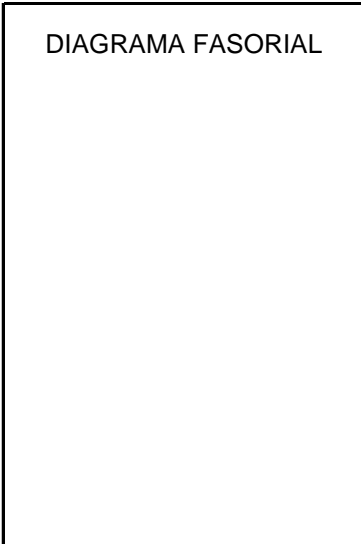
PRUEBA CON ACEITE Y BOQUILLAS.

FACTOR DE CORRECCIÓN: _____

PRUEBA	CONEX. PARA PRUEBAS			kv DE PRUEBA	PRUEBA A 10 kv.						% DE FACTOR DE POTENCIA		INICIALES P / COND. AISL. B = BUENO D = DEFECTUOSO I = INVESTIGAR M = MALO	COND. DE AISL.	
	DEVANADO ENERGIZADO	DEVANADO A TIERRA	DEVANADO A GUARDA		MILIAMPERES			WATTS			MEDIDO	CORR. A 20 °C			
					LECTURA MEDICIÓN	MULTIPLICADOR	Ma	LECTURA MEDICIÓN	MULTIPLICADOR	W					
1	ALTA BAJA	TER												CAPACITANCIA EN DEVANADOS	
2	ALTA BAJA		TER											C _(HX) =	
3	ALTA BAJA	TER - UST												C _(HXY) =	
4	TER	ALTA BAJA													
5	TER		ALTA BAJA											C _y =	
RESULTADOS CALCULADOS												C _(HXY) =	(PRUEBA 1 MENOS PRUEBA 2)		
PRUEBA AL ACEITE												C _(HXY) =	(PRUEBA 4 MENOS PRUEBA 5)		
												TEMP. ACEITE _____ °C			

Los valores MVA y MW deben compararse con los valores C_(HXY)

AUTOTRANSFORMADOR EN ACEITE	ACEITE	AUTOTRANSFORMADOR EN ASKAREL
FACTOR DE POTENCIA EXCELENTE £ 0.5 % A 20 °C LÍMITE £ 1.0 %	FACTOR DE POTENCIA NUEVO 0.05 % A 20 °C BUENO MÁX. 0.5 %	FACTOR DE POTENCIA MÁXIMO A 20 °C 3 %



NOTAS: 1.- Cuando el transformador no disponga de boquillas para el devanado terciario, solamente se realiza la prueba 1. (CH) conectando la terminal L.V. al tanque.

2.- Este formato también se utiliza para la prueba de reactores, utilizando el renglón de la prueba 1, conectando la terminal L.V. al tanque

OBSERVACIONES _____

PROBÓ: _____

REVISÓ: _____

ENVIAR COPIAS A: _____



<p>TRANSFORMADORES PRUEBA DE CORRIENTE DE EXCITACIÓN (-)</p>	<p>FECHA ÚLTIMA PRUEBA _____ REPORTE No. _____ DIVISIÓN _____ ZONA _____</p>
---	---

SUBESTACIÓN: _____ FECHA: _____
 EQUIPO (CLAVE): _____ MARCA: _____ TIPO: _____
 NÚMERO DE SERIE: _____ CAPACIDAD: _____ MVA
 VOLTAJE (kv): A.T.: _____ B.T.: _____ IMPEDANCIA: _____ %
 TEMPERATURA AMB.: _____ °C TEMP. ACEITE: _____ °C TEMP. DEV: _____ °C
 H.R.: _____ % CONDICIONES ATMOSFÉRICA: _____

T A P	DEVANADO DE ALTA TENSION EN DELTA (*)														
	CONEXIONES DE PRUEBA					KV PRUEBA	<input type="checkbox"/> MILIVOLTAMPERES <input type="checkbox"/> MILIAMPERES						Ie (mA)		
	T. A. T.	T. B. T.	ATERRIZAR SELECTOR		UST		LECTURA		MULT.		VALOR		ACTUAL		ANTERIOR
						R	L	R	L	R	L	R	L	R	L
N	H1	H3	H2	X0	UST										
1	H1	H3	H2	X0	UST										
2	H1	H3	H2	X0	UST										
3	H1	H3	H2	X0	UST										
4	H1	H3	H2	X0	UST										
5	H1	H3	H2	X0	UST										
6	H1	H3	H2	X0	UST										
7	H1	H3	H2	X0	UST										
8	H1	H3	H2	X0	UST										
9	H1	H3	H2	X0	UST										
10	H1	H3	H2	X0	UST										
11	H1	H3	H2	X0	UST										
12	H1	H3	H2	X0	UST										
13	H1	H3	H2	X0	UST										
14	H1	H3	H2	X0	UST										
15	H1	H3	H2	X0	UST										
N	H2	H1	H3	X0	UST										
1	H2	H1	H3	X0	UST										
2	H2	H1	H3	X0	UST										
3	H2	H1	H3	X0	UST										
4	H2	H1	H3	X0	UST										
5	H2	H1	H3	X0	UST										
6	H2	H1	H3	X0	UST										
7	H2	H1	H3	X0	UST										
8	H2	H1	H3	X0	UST										
9	H2	H1	H3	X0	UST										
10	H2	H1	H3	X0	UST										
11	H2	H1	H3	X0	UST										
12	H2	H1	H3	X0	UST										
13	H2	H1	H3	X0	UST										
14	H2	H1	H3	X0	UST										
15	H2	H1	H3	X0	UST										
N	H3	H2	H1	X0	UST										
1	H3	H2	H1	X0	UST										
2	H3	H2	H1	X0	UST										
3	H3	H2	H1	X0	UST										
4	H3	H2	H1	X0	UST										
5	H3	H2	H1	X0	UST										
6	H3	H2	H1	X0	UST										
7	H3	H2	H1	X0	UST										
8	H3	H2	H1	X0	UST										
9	H3	H2	H1	X0	UST										
10	H3	H2	H1	X0	UST										
11	H3	H2	H1	X0	UST										
12	H3	H2	H1	X0	UST										
13	H3	H2	H1	X0	UST										
14	H3	H2	H1	X0	UST										
15	H3	H2	H1	X0	UST										

NOTA: MILIVOLTAMPERE EQUIPO DE 2.5 K PROBADOR F. P. MARCA: _____
 MILIAMPERE EQUIPO DE 10 f No. DE SERIE: _____ TIPO: _____

OBSERVACIONES: _____

PROBO: _____ REVISO: _____

FORMATO SE-03-08



TRANSFORMADORES PRUEBA DE CORRIENTE DE EXCITACIÓN (*)	FECHA ÚLTIMA PRUEBA _____ REPORTE No. _____ DIVISIÓN _____ ZONA _____
---	--

SUBESTACIÓN: _____ FECHA: _____
 EQUIPO (CLAVE): _____ MARCA: _____ TIPO: _____
 NÚMERO DE SERIE: _____ CAPACIDAD: _____ MVA
 VOLTAJE (kv): A.T.: _____ B.T.: _____ IMPEDANCIA: _____ %
 TEMPERATURA AMB.: _____ °C TEMP. ACEITE: _____ °C TEMP. DEV: _____ °C
 H.R.: _____ % CONDICIONES ATMOSFÉRICA: _____

T A P	DEVANADO DE ALTA TENSIÓN EN ESTRELLA (*)													
	CONEXIONES DE PRUEBA					KV PRUEBA	<input type="checkbox"/> MILIVOLTAMPÉRES <input type="checkbox"/> MILIAMPERES						I _e (mA)	
	T. A. T.	T. B. T.	ATERRIZAR SELECTOR		LECTURA		MULT.		VALOR		ACTUAL		ANTERIOR	
					R	L	R	L	R	L	R	L	R	L
N	H1	H3	H2	X0	UST									
1	H1	H3	H2	X0	UST									
2	H1	H3	H2	X0	UST									
3	H1	H3	H2	X0	UST									
4	H1	H3	H2	X0	UST									
5	H1	H3	H2	X0	UST									
6	H1	H3	H2	X0	UST									
7	H1	H3	H2	X0	UST									
8	H1	H3	H2	X0	UST									
9	H1	H3	H2	X0	UST									
10	H1	H3	H2	X0	UST									
11	H1	H3	H2	X0	UST									
12	H1	H3	H2	X0	UST									
13	H1	H3	H2	X0	UST									
14	H1	H3	H2	X0	UST									
15	H1	H3	H2	X0	UST									
N	H2	H1	H3	X0	UST									
1	H2	H1	H3	X0	UST									
2	H2	H1	H3	X0	UST									
3	H2	H1	H3	X0	UST									
4	H2	H1	H3	X0	UST									
5	H2	H1	H3	X0	UST									
6	H2	H1	H3	X0	UST									
7	H2	H1	H3	X0	UST									
8	H2	H1	H3	X0	UST									
9	H2	H1	H3	X0	UST									
10	H2	H1	H3	X0	UST									
11	H2	H1	H3	X0	UST									
12	H2	H1	H3	X0	UST									
13	H2	H1	H3	X0	UST									
14	H2	H1	H3	X0	UST									
15	H2	H1	H3	X0	UST									
N	H3	H2	H1	X0	UST									
1	H3	H2	H1	X0	UST									
2	H3	H2	H1	X0	UST									
3	H3	H2	H1	X0	UST									
4	H3	H2	H1	X0	UST									
5	H3	H2	H1	X0	UST									
6	H3	H2	H1	X0	UST									
7	H3	H2	H1	X0	UST									
8	H3	H2	H1	X0	UST									
9	H3	H2	H1	X0	UST									
10	H3	H2	H1	X0	UST									
11	H3	H2	H1	X0	UST									
12	H3	H2	H1	X0	UST									
13	H3	H2	H1	X0	UST									
14	H3	H2	H1	X0	UST									
15	H3	H2	H1	X0	UST									

NOTA: MILIVOLTAMPERE EQUIPO DE 2.5 K PROBADOR F. P. MARCA: _____
 MILIAMPERES EQUIPO DE 10 No. DE SERIE: _____ TIPO: _____
 OBSERVACIONES: _____

 PROBO: _____ REVISO: _____

FORMATO SE-03-09



TRANSFORMADORES PRUEBA DE CORRIENTE DE EXCITACIÓN (*)	FECHA ÚLTIMA PRUEBA _____ REPORTE No. _____ DIVISIÓN _____ ZONA _____
---	--

SUBESTACIÓN: _____	FECHA: _____
EQUIPO (CLAVE): _____	MARCA: _____ TIPO: _____
NÚMERO DE SERIE: _____	CAPACIDAD: _____ MVA
VOLTAJE (kv): A.T.: _____ B.T.: _____	IMPEDANCIA: _____ %
TEMPERATURA AMB.: _____ °C	TEMP. ACEITE: _____ °C
H.R.: _____ %	TEMP. DEV: _____ °C
CONDICIONES ATMOSFÉRICAS: _____	

TRANSFORMADOR MANOFASICO																
T A P	CONEXIONES DE PRUEBA					KV PRUEBA	<input type="checkbox"/> MILIVOLTAMPERES <input type="checkbox"/> MILIAMPERES						Ie (mA)			
	T. A. T. T. B. T. ATERORIZAR SELECTOR						LECTURA		MULT.		VALOR		ACTUAL		ANTERIOR	
							R	L	R	L	R	L	R	L	R	L
	N	HI	H3	H2	X0		UST									
1	HI	H3	H2	X0	UST											
2	HI	H3	H2	X0	UST											
3	HI	H3	H2	X0	UST											
4	HI	H3	H2	X0	UST											
5	HI	H3	H2	X0	UST											
6	HI	H3	H2	X0	UST											
7	HI	H3	H2	X0	UST											
8	HI	H3	H2	X0	UST											
9	HI	H3	H2	X0	UST											
10	HI	H3	H2	X0	UST											
11	HI	H3	H2	X0	UST											
12	HI	H3	H2	X0	UST											
13	HI	H3	H2	X0	UST											
14	HI	H3	H2	X0	UST											
15	HI	H3	H2	X0	UST											
N	H3	H2	H1	X0	UST											
1	H3	H2	H1	X0	UST											
2	H3	H2	H1	X0	UST											
3	H3	H2	H1	X0	UST											
4	H3	H2	H1	X0	UST											
5	H3	H2	H1	X0	UST											
6	H3	H2	H1	X0	UST											
7	H3	H2	H1	X0	UST											
8	H3	H2	H1	X0	UST											
9	H3	H2	H1	X0	UST											
10	H3	H2	H1	X0	UST											
11	H3	H2	H1	X0	UST											
12	H3	H2	H1	X0	UST											
13	H3	H2	H1	X0	UST											
14	H3	H2	H1	X0	UST											
15	H3	H2	H1	X0	UST											

NOTA: MILIVOLTAMPERE EQUIPO DE 2.5 K PROBADOR F. P. MARCA: _____
 MILIAMPERE EQUIPO DE 10 I No. DE SERIE: _____ TIPO: _____

OBSERVACIONES: _____

PROBO: _____ REVISO: _____

FORMATO SE-03-10



TRANSFORMADOR TRIFASICO DE TRES DEVANADOS Y CAMBIADOR DE DERIVACIONES BAJO CARGA PRUEBA DE RELACION DE TRANSFORMACION

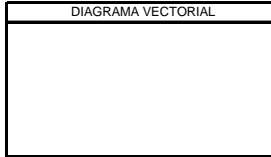
SUBESTACIÓN: _____ DIVISIÓN: _____ REPORTE NUMERO _____ FECHA DE PRUEBA _____ FECHA DE LA ÚLTIMA PRUEBA _____

TRANSFORMADOR MARCA: _____ SERIE No.: _____ CAPACIDAD: (MVA) _____ OA _____ FA1 _____ FA2 _____

AÑO DE FABRICACIÓN: _____ TENSION NOMINAL (Kv) _____ DEV. H _____ DEV. X _____ DEV. Y _____ ZHX _____ MVA ZHY _____ MVA ZXY _____ MVA

EQ. DE PRUEBA MARCA _____ SERIE _____

CAMBIADOR DE DERIVACIONES MARCA _____ TIPO _____ SERIE _____



Legend for connection types: ALTA TENSION, BAJA TENSION, TERCARIO with symbols for Delta and Y connections.

Table with columns: DATOS DE PLACA (DEVAN H, X, Y, RELAC. NOM H-X, H-Y, X-Y) and VALORES MEDIDOS (RELACION) (PRUEBA H-X, H-Y, X-Y) and % DIFERENCIA MAXIMA (P1, P2, P3). Rows include TAP (15R to 15L) and ML (1L to 15L).

OBSERVACIONES: _____

PROBO _____ REVISO _____ :NVIAR COPIAS / _____

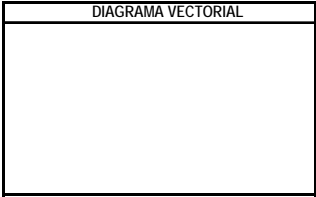
NOTA: En pruebas de rutina para transformadores en servicio, realizar la prueba unicamente con el tap de operación

FORMATO SE-03.11



TRANSFORMADOR TRIFASICO DE TRES DEVANADOS Y CAMBIADOR DE DERIVACIONES BAJO CARGA PRUEBA DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN

Form fields for: SUBESTACIÓN, DIVISIÓN, REPORTE NÚMERO, FECHA DE LA PRUEBA, TRANSFORMADOR MARCA, SERIE, CAPACIDAD (MVA), OA, FA1, FA2, AÑO DE FABRICACIÓN, TENSIÓN NOMINAL (KV), INPEDANCIA (%), DEV H, DEV X, DEV Y, EQ. DE PRUEBA MARCA, SERIE, CAMBIADOR DE DERIVACIONES MARCA, SERIE, TIPO.



ALTA TENSIÓN Δ Y
BAJA TENSIÓN Δ Y
TERCIARIO Δ Y

Table with columns: DATOS DE PLACA (V NOM. DEVAN. H, V NOM. DEVAN. X, V NOM. DEVAN. Y, RELAC. NOM. H-X, H-Y, X-Y), VALORES MEDIDOS (RELACIÓN) (PRUEBA H-X, PRUEBA H-Y, PRUEBA X-Y), and % DIFERENCIA MÁXIMA (P1, P2, P3). Rows include TAP (15R to 15L) and NL.

OBSERVACIONES
PROBO:
REVISÓ:
ENVIAR COPIAS A:

NOTA: en pruebas de rutina para transformadores en servicio, realizar la prueba unicamente en el tap de operación 3-108 FORMATO SE - 03 - 11



TRANSFORMADOR TRIFASICO DE DOS DEVANADOS Y CAMBIADOR DE DERIVACIONES BAJO CARGA PRUEBA DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN

SUBESTACIÓN _____ DIVISIÓN _____ REPORTE NÚMERO _____ FECHA DE LA PRUEBA _____ FECHA ÚLTIMA PRUEBA _____ TRANSFORMADOR MARCA _____ SERIE _____ CAPACIDAD (MVA) _____ OA _____ FA1 _____ FA2 _____ AÑO DE FABRICACIÓN _____ TENSIÓN NOMINAL (KV) DEV H _____ DEV. X _____ INPEDANCIA (%) _____ ZHX _____ MVA _____

EQ. DE PRUEBA MARCA _____ SERIE _____

CAMBIADOR DE DERIVACIONES

MARCA _____ TIPO _____ SERIE _____

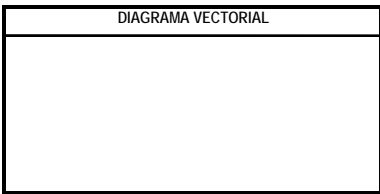


Table with 2 rows: ALTA TENSIÓN and BAJA TENSIÓN, each with checkboxes for Δ and Y.

Table with columns: DATOS DE PLACA (TAP, V PRIM, V SEC, REL. NOM.), VALORES MEDIDOS (RELACIÓN) (PRUEBA 1, PRUEBA 2, PRUEBA 3), and % DIFERENCIA (P1, P2, P3). Rows include 15R to 15L.

OBSERVACIONES _____

PROBO: _____

REVISÓ: _____

ENVIAR COPIAS A: _____

NOTA: En pruebas de rutina para transformadores en servicio, realizar la prueba unicamente en el tap de operación



TRANSFORMADOR TRIFASICO DE TRES DEVANADOS Y CAMBIADOR DE DERIVACIONES BAJO CARGA PRUEBA DE RELACION DE TRANSFORMACION

Form fields for: SUBESTACION, DIVISION, REPORTE NUMERO, FECHA DE LA PRUEBA, TRANSFORMADOR MARCA, SERIE, CAPACIDAD (MVA), AÑO DE FABRICACION, TENSION NOMINAL (KV), INPEDANCIA (%), EQ. DE PRUEBA MARCA, CAMBIADOR DE DERIVACIONES MARCA, TIPO.

Table with columns: DATOS DE PLACA (V PRIM, I PRIM, V SEC, I SEC, REL. NOM.), VALORES MEDIDOS (RELACION) (PRUEBA 1, PRUEBA 2, PRUEBA 3), and % DIFERENCIA (P1, P2, P3). Rows include TAP 15R to 15L.

OBSERVACIONES

PROBO: REVISO: ENVIAR COPIAS A:

NOTA: En pruebas de rutina para transformadores en servicio, realizar la prueba unicamente en el tap de operacion

FORMATO : SE - 03 - 13



TRANSFORMADOR TRIFASICO DE DOS DEVANADOS Y CAMBIADOR DE DERIVACIONES BAJO CARGA PRUEBA DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN

Form fields for: SUBESTACIÓN, TRANSFORMADOR, AÑO DE FABRICACIÓN, EQ. DE PRUEBA MARCA, CAMBIADOR DE DERIVACIONES, and various technical specifications like TENSIÓN NOMINAL (KV), CAPACIDAD (MVA), etc.

Table with columns: DATOS DE PLACA (TAP, V PRIM, I PRIM, V SEC, I SEC, REL. NOM.), VALORES MEDIDOS (PRUEBA 1, H-H, X-X), and % DIFERENCIA. Rows include taps 15R to 15L.

OBSERVACIONES, PROBO:, REVISÓ:, ENVIAR COPIAS A: fields

NOTA: En pruebas de rutina para transformadores en servicio, realizar la prueba unicamente en el tap de operación

FORMATO : SE - 03 - 14



TRANSFORMADORES
COMPROBACIÓN DE IMPEDANCIA

FECHA ÚLTIMA PRUEBA
REPORTE No.
DIVISIÓN
ZONA

SUBESTACIÓN:
EQUIPO (CLAVE):
NÚMERO DE SERIE:
VOLTAJE (kv): A.T.: B.T.:
FECHA:
MARCA:
CAPACIDAD:
TERC.:
TIPO:
MVA
IMPEDANCIA: %

TEMPERATURA AMB.: °C TEMP. ACEITE: °C TEMP. DEV: °C
H.R.: % CONDICIONES ATMOSFÉRICAS:

RESULTADOS OBTENIDOS

USAR FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE 220 v.

Table with columns for TAP, VOLTAJES (A-B, B-C, C-A, PROMEDIO), AMPERES (A, B, C, PROMEDIO), and WATTS*. Rows 1-15.

* OPCIONAL

DATOS DE PLACA

Z = V / I CON ÉSTA FÓRMULA:

Table with columns for TAP, VOLTAJES (R, L), and AMPERES (R, L). Rows 1-15.

1.- CALCULAR LA Z DE CADA UNO DE LOS TAPS CON LOS VALORES PROMEDIO DE VOLTAJE Y CORRIENTE QUE SE OBTUVIERON EN LA PRUEBA. A ÉSTA Z SE LE LLAMA "Z" (IMPEDANCIA MEDIDA)

2.- CALCULAR OTRA Z DE CADA UNO DE LOS TAPS CON LOS VALORES DE VOLTAJE Y CORRIENTE QUE VIENEN MARCADOS EN LOS DATOS DE PLACA, A ÉSTA NUEVA SE LE LLAMA "Z" (IMPEDANCIA DE DATOS).

3.- AHORA CALCULAR EL % DE IMPEDANCIA DE LA SIGUIENTE MANERA:

Z % = (Zp x 100) / Zd

4.- CON LA LECTURA DEL WATTMETRO PODEMOS CALCULAR LA RESISTENCIA DEL DEVANADO EN EL TAP QUE SE ENCUENTRE.

R = WATTS / (I PRUEBA)^2

TAMBIÉN SE PUEDE OBTENER ÉSTE VALOR, CON UN PUENTE DE WHEATSTONE.

PROBO: _____

REVISO: _____

FORMATO SE - 03 - 15



TRANSFORMADORES PRUEBA DE RESISTENCIA OHMICA DE DEVANADOS (*)	FECHA ÚLTIMA PRUEBA _____ REPORTE No. _____ DIVISIÓN _____ ZONA _____
--	--

SUBESTACIÓN: _____ EQUIPO (CLAVE): _____ NÚMERO DE SERIE: _____ VOLTAJE (kV): _____ B.T.: _____	FECHA: _____ MARCA: _____ TIPO: _____ CAPACIDAD: _____ MVA TIPO: _____ IMPEDANCIA: _____ %
--	---

TEMPERATURA AMB.: _____ °C	TEMP. ACEITE: _____ °C	TEMP. DEV: _____ °C
H.R.: _____ %	CONDICIONES ATMOSFÉRICAS: _____	

DEVANADO DE ALTA TENSION EN DELTA (*)							
TAP	CONEXIÓN	LECTURA		MULTIPLICADOR		VALOR (OHMS)	
		R	L	R	L	R	L
N	H1 - H3						
	H1 - H3						
	H1 - H3						
3	H1 - H3						
	H1 - H3						
	H1 - H3						
6	H1 - H3						
	H1 - H3						
8	H1 - H3						
	H1 - H3						
10	H1 - H3						
11	H1 - H3						
12	H1 - H3						
13	H1 - H3						
14	H1 - H3						
15	H1 - H3						
N	H2 - H1						
1	H2 - H1						
2	H2 - H1						
3	H2 - H1						
4	H2 - H1						
5	H2 - H1						
6	H2 - H1						
7	H2 - H1						
8	H2 - H1						
9	H2 - H1						
10	H2 - H1						
11	H2 - H1						
12	H2 - H1						
13	H2 - H1						
14	H2 - H1						
15	H2 - H1						
N	H3 - H2						
1	H3 - H2						
2	H3 - H2						
3	H3 - H2						
4	H3 - H2						
5	H3 - H2						
6	H3 - H2						
7	H3 - H2						
8	H3 - H2						
9	H3 - H2						
10	H3 - H2						
11	H3 - H2						
12	H3 - H2						
13	H3 - H2						
14	H3 - H2						
15	H3 - H2						

RESISTENCIA DE LOS CABLES DE PRUEBA _____	
PROBÓ: _____	EQUIPO DE PRUEBA MARCA: _____
REVISÓ: _____	SERIE: _____
NOTA: En pruebas de rutina para transformadores en servicio, realizar la prueba unicamente en el tap de operación	

FORMATO SE - 03 - 16



TRANSFORMADORES
PRUEBA DE RESISTENCIA OHMICA DE DEVANADOS (*)

FECHA ÚLTIMA PRUEBA _____
REPORTE No. _____
DIVISIÓN _____
ZONA _____

SUBESTACIÓN: _____
EQUIPO (CLAVE): _____
NÚMERO DE SERIE: _____
VOLTAJE (kv): _____ B.T.: _____

FECHA: _____
MARCA: _____ TIPO _____
CAPACIDAD: _____ MVA
TIPO: _____ IMPEDANCIA: _____ %

TEMPERATURA AMB.: _____ °C TEMP. ACEITE: _____ °C TEMP. DEV: _____ °C
H.R.: _____ % CONDICIONES ATMOSFÉRICAS: _____

DEVANADO DE ALTA TENSIÓN EN ESTRELLA (*)

TAP	CONEXIÓN	LECTURA		MULTIPLICADOR		VALOR (OHMS)	
		R	L	R	L	R	L
N	H 1 - H 0						
1	H 1 - H 0						
2	H 1 - H 0						
3	H 1 - H 0						
4	H 1 - H 0						
5	H 1 - H 0						
6	H 1 - H 0						
7	H 1 - H 0						
8	H 1 - H 0						
9	H 1 - H 0						
10	H 1 - H 0						
11	H 1 - H 0						
12	H 1 - H 0						
13	H 1 - H 0						
14	H 1 - H 0						
15	H 1 - H 0						
N	H 2 - H 0						
1	H 2 - H 0						
2	H 2 - H 0						
3	H 2 - H 0						
4							
5							
6							
7	H 2 - H 0						
8	H 2 - H 0						
9	H 2 - H 0						
10	H 2 - H 0						
11	H 2 - H 0						
12	H 2 - H 0						
13	H 2 - H 0						
14	H 2 - H 0						
15	H 2 - H 0						
N	H 2 - H 0						
1	H 2 - H 0						
2	H 2 - H 0						
3	H 3 - H 0						
4	H 3 - H 0						
5	H 3 - H 0						
6	H 3 - H 0						
7	H 3 - H 0						
8	H 3 - H 0						
9	H 3 - H 0						
10	H 3 - H 0						
11	H 3 - H 0						
12	H 3 - H 0						
13	H 3 - H 0						
14	H 3 - H 0						
15	H 3 - H 0						
	H 3 - H 0						
	H 3 - H 0						
	H 3 - H 0						
	X 1 - X 0						
	X 2 - X 0						
	X 3 - X 0						
	Y 1 - Y 3						
	Y 2 - Y 1						
	Y 3 - Y 2						

RESISTENCIA DE LOS CABLES DE PRUEBA _____ OHMS
PROBÓ: _____ EQUIPO DE PRUEBA MARCA: _____
REVISÓ: _____ SERIE: _____

NOTA: En pruebas de rutina para transformadores en servicio, realizar la prueba unicamente en el tap de operación

FORMATO SE - 03 - 17



TRANSFORMADORES PRUEBA DE REACTANCIA DE DISPERSIÓN	FECHA ÚLTIMA PRUEBA: _____ REPORTE No. _____ DIVISIÓN _____ ZONA _____
---	---

SUBESTACIÓN: _____ EQUIPO (CLAVE): _____ NÚMERO DE SERIE: _____ VOLTAJE (kV): _____ A.T.: _____ B.T.: _____	FECHA: _____ MARCA: _____ TIPO: _____ CAPACIDAD: _____ MVA IMPEDANCIA: _____ %
--	---

TEMPERATURA AMB.: _____ °C TEMP. ACEITE: _____ °C
 H.R.: _____ % CONDICIONES ATMOSFERICAS _____ °C

TRANSFORMADOR DE 2 DEVANADOS (CONEXIÓN DELTA - ESTRELLA)

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			Vp (Volts)	Ip (Amp.)	Z (Ω)	Vcc (%), Z% ó medición de Fab.	Δ(%)
	TERMINALES DEL EQUIPO		CORTO-CIRCUITAR					
	NEGRO	ROJA/BLANCA						
1	H 1	H 3	X1 - X0					
2	H 2	H 1	X2 - X0					
3	H 3	H 2	X3 - X0					
4	H 1	H 2	X1 - X2 - X3					

TRANSFORMADOR DE 2 DEVANADOS (CONEXIÓN ESTRELLA - DELTA)

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			Vp (Volts)	Ip (Amp.)	Z (Ω)	Vcc (%), Z% ó medición de Fab.	Δ(%)
	TERMINALES DEL EQUIPO		CORTO-CIRCUITAR					
	NEGRO	ROJA/BLANCA						
1	H 1	H 0	X1 - X3					
2	H 2	H 0	X2 - X1					
3	H 3	H 0	X3 - X2					
4	H 1	H 2	X1 - X2 - X3					

TRANSFORMADOR DE 2 DEVANADOS (CONEXIÓN DELTA - DELTA)

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			Vp (Volts)	Ip (Amp.)	Z (Ω)	Vcc (%), Z% ó medición de Fab.	Δ(%)
	TERMINALES DEL EQUIPO		CORTO-CIRCUITAR					
	NEGRO	ROJA/BLANCA						
1	H 1	H 3	X1 - X3					
2	H 2	H 1	X2 - X1					
3	H 3	H 2	X3 - X2					
4	H1 - H2 - H3	H1 - H2 - H3	X1 - X2 - X3					

TRANSFORMADOR DE 2 DEVANADOS (CONEXIÓN ESTRELLA - ESTRELLA)

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			Vp (Volts)	Ip (Amp.)	Z (Ω)	Vcc (%), Z% ó medición de Fab.	Δ(%)
	TERMINALES DEL EQUIPO		CORTO-CIRCUITAR					
	NEGRO	ROJA/BLANCA						
1	H 1	H 0	X1 - X0					
2	H 2	H 0	X2 - X0					
3	H 3	H 0	X3 - X0					
4	H 1	H 2	X1 - X2 - X3					

AUTOTRANSFORMADOR

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			Vp (Volts)	Ip (Amp.)	Z (Ω)	Vcc (%), Z% ó medición de Fab.	Δ(%)
	TERMINALES DEL EQUIPO		CORTO-CIRCUITAR					
	NEGRO	ROJA/BLANCA						
1	H 1	H0 - X0	X1 - H0 - X0					
2	H 2	H0 - X0	X2 - H0 - X0					
3	H 3	H0 - X0	X3 - H0 - X0					
4	H 1	H 2	X1 - X2 - X3					

PROBADOR MARCA: _____ No. DE SERIE: _____ TIPO: _____

OBSERVACIONES: _____

PROBÓ: _____ REVISÓ: _____

FORMATO SE - 03 - 18

