

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA

GUIA DE LABORATORIO
PRACTICAS DE ENSAYOS EN EL UTNLAT

UTNLAT

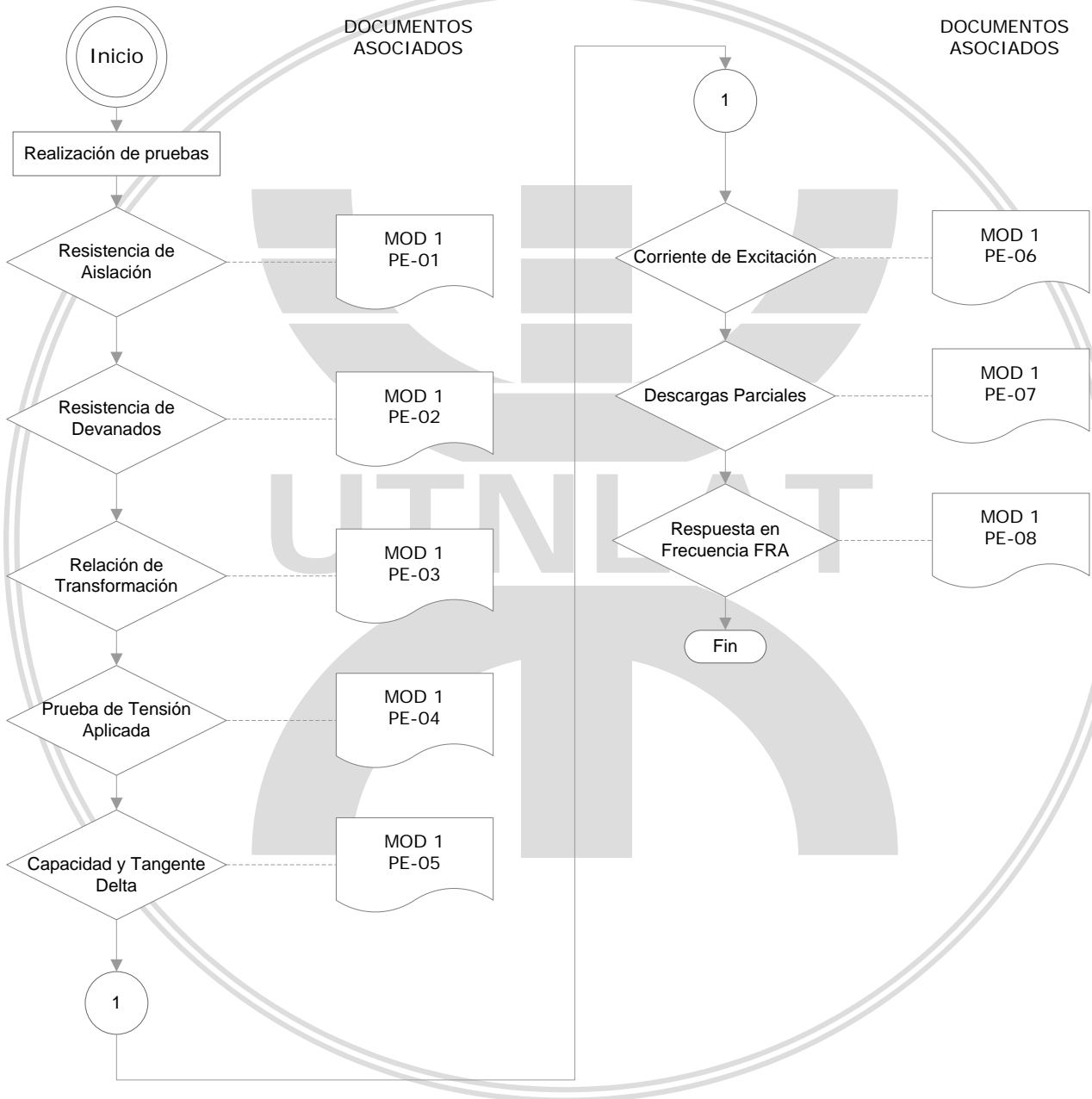
TEMA:
TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION Y POTENCIA
- ENSAYOS EN CAMPO -

PARTE I - Rev.01

Vigente desde Septiembre de 2007

DIAGRAMA
 DE FLUJO PRUEBAS

DIAGRAMA
 DE FLUJO PRUEBAS



Autor INDUCOR INGENIERIA S.A (www.inducor.com.ar). Reproducción total o parcial, permitida solo para fines académicos del UTNLAT, con citación expresa de la fuente de origen. Uso y difusión comercial prohibidos.

UTNLAT: Dr. Melo 1583 - (1824) Lanús - Bs. As. - (54-11) 4249-7756 utnlat@fra.utn.edu.ar - utnlat@inducor.com.ar

www.utnlat.com.ar

MODULO
MOD-001 Rev1

TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y DISTRIBUCION
-ENSAYOS EN CAMPO -

PRACTICA DE ENSAYO
PE-05 Rev1

MEDICION DE CAPACIDAD Y TANGENTE DELTA

	Pág.
1. OBJETIVO	2
2. ALCANCE	2
3. DEFINICIONES	2
3.1. TANGENTE DELTA = FACTOR DE DISIPACION	2
3.2. FACTOR DE POTENCIA	2
3.3. CORRECCION POR TEMPERATURA	2
4. GENERALIDADES	3
4.1. PROCEDIMIENTO	3
4.1.1. Precauciones antes de iniciar la prueba	3
4.1.2. Equipo utilizado para la medición	3
4.1.3. Desarrollo de la medición y Conexiones	3
4.1.4. Mediciones sobre bobinados de MT	3
4.1.5. Mediciones sobre bobinados de BT	4
4.1.6. Tensión de Ensayo	4
4.1.7. Potencia de Pérdida	4
4.2. CONSIDERACIONES SOBRE EL USO DEL EQUIPO DE ENSAYO	5
4.2.1. Correcciones por tensión de ensayo	5
4.2.2. Configuración del modo de medición del equipo utilizado	5
4.2.3. Precauciones al finalizar el ensayo	6
4.2.4. Análisis de los resultados	6
5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA	6
6. ANEXOS	6
6.1. PUENTE DE MEDICION	6
6.1.1. Conexiones	6
6.1.2. Controles y operación del puente	7
6.1.3. Filtro de interferencia	7
6.2. PROTOCOLO DE ENSAYO	8



ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL (EPP) REQUERIDOS EN ESTA PRACTICA

DE USO OBLIGATORIO PARA	CASCO PLASTICO	GUANTES AISLANTES	GUANTES DE CUERO	ANTEOJOS PLASTICOS	PROTECTOR FACIAL	BOTINES SEGURIDAD
TODOS LOS INTEGRANTES						
QUIENES CONEXIONES		CLASE 1 - 7,5KV				
DISPONER EN EL LUGAR DE ENSAYO						
VALLAS SEÑALIZACION	TARIMA AISLANTE	CADENA PTA A TIERRA	BASTON DE RESCATE	DETECTOR DE TENSION	PERTIGA DE DESCARGA	MATAFUEGO
						PRIMEROS AUXILIOS

Autor INDUCOR INGENIERIA S.A (www.inducor.com.ar). Reproducción total o parcial, permitida solo para fines académicos del UTNLAT, con citación expresa de la fuente de origen. Uso y difusión comercial prohibidos.

UTNLAT: Dr. Melo 1583 - (1824) Lanús - Bs. As. - (54-11) 4249-7756 utnlat@fra.utn.edu.ar - utnlat@inducor.com.ar

www.utnlat.com.ar

MODULO
MOD-001 Rev1

TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y DISTRIBUCION
-ENSAYOS EN CAMPO -

PRACTICA DE ENSAYO
PE-05 Rev1

MEDICION DE CAPACIDAD Y TANGENTE DELTA

1. OBJETIVO

Evaluar la condición y calidad del sistema aislante en transformadores de potencia mediante la medición de la $\tan \delta$ (factor de disipación) expresada en %.
Medición de las capacidades parciales y totales que forman un sistema trifásico.
Obtención de las potencias de pérdidas.
Confeccionar el protocolo de ensayo correspondiente clasificando sus resultados según normativas vigentes.

TRANSFORMADOR BAJO ENSAYO:

Tipo: Distribución Trifásico – en aceite -Cu
Potencia: 315 KVA – (Potencia asignada según IEC 60076 -1; Pto.: 4.1; refiere a la carga permanente).
Relación: 13,2 / 0,4 KV.
Grupo: Dyn11. (Según IEC60076-Pto6: MT triangulo – BT estrella neutro accesible - BT retrasado 330° de MT).
Conmutador de 5 posiciones: Pos 1(+5%) - Pos 2(+2,5%) – Pos 3(0%) – Pos 4(-2,5%) – Pos 5(-5%)

2. ALCANCE

Aplicable a transformadores de distribución y potencia.

3. DEFINICIONES

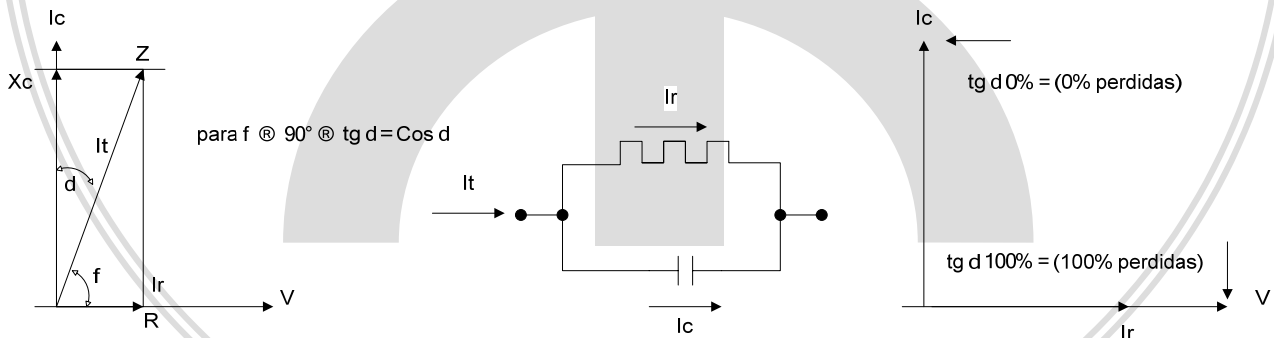
Los términos se utilizan según las definiciones dadas en la norma IEEE 62-1995.

3.1. TANGENTE DELTA = FACTOR DE DISIPACION

Relación entre las pérdidas resistivas y su reactancia $\tan \delta = R / X_c$.

3.2. FACTOR DE POTENCIA: (POWER FACTOR TEST Según IEEE C571290 - Cap 10.1)

Relación entre la corriente resistiva y la corriente total: I_r / I_t . Lo que es igual a decir:
Potencia Activa disipada en la aislación (Pérdidas en m W) / V. I_t (pot. aparente expresada en volt-amperes).
Cuando el ángulo Φ tiende a 90 grados (δ tiende a 0 grados); el $\cos \Phi$ tiende a igualar a la $\tan \delta$.
Cuando el factor de potencia tiende a valores menores al 10% (0,01), la diferencia con la $\tan \delta$ será menor al 0,5%.
Cuando tiende a valores por debajo del 20% la diferencia con la $\tan \delta$ será menor al 2%. Para un factor de potencia por encima de un 20%, se deberá utilizar una tabla de conversión para relacionar ambos valores.



Factor de Potencia: $\cos \Phi = \sin \delta = I_r / I_t$.

Factor de Disipación: $\cot \Phi = \tan \delta = I_r / I_c$

3.3. CORRECCION POR TEMPERATURA

Los resultados de $\tan \delta$ obtenidos, varían con la temperatura, por lo tanto debe hacerse una corrección por temperatura (Factor K), para llevarla a valores de 20° C (IEEE C57 1290):

$$\tan \delta @ 20^\circ \text{C} = \tan \delta @ ^\circ \text{C} / K$$

Temperatura (°C)	Factor de Corrección	Temperatura (°C)	Factor de Corrección
10	0,80	40	1,55
15	0,90	45	1,75
20	1,00	50	1,95
25	1,12	55	2,18
30	1,25	60	2,42
35	1,40	65	2,70

MODULO
MOD-001 Rev1

TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y DISTRIBUCION
-ENSAYOS EN CAMPO -

PRACTICA DE ENSAYO
PE-05 Rev1

MEDICION DE CAPACIDAD Y TANGENTE DELTA

4. GENERALIDADES

La T_g es una medida del índice de pérdidas dieléctricas de un sistema aislante, y no varía con el volumen del sistema de aislación probado. Una T_g negativa es un indicador de fractura a través del sistema aislante.

El aumento de la T_g en función a la tensión aplicada, es un indicio de problemas en el sistema aislante.

Las pruebas de T_g , son del tipo comparativo, de tal manera que los valores obtenidos, pueden ser referenciados con pruebas anteriores, con el objeto de determinar un deterioro de la aislación en el tiempo.

Una buena T_g debe tender a cero. Sin embargo, como depende de la capacidad, y ésta a su vez de la disposición de las bobinas, distancias y elementos aislantes, es factible detectar movimientos o desplazamientos de las bobinas cuando sus resultados son analizados en detalle.

4.1. PROCEDIMIENTO

4.1.1. Precauciones antes de iniciar el ensayo

- Verificar ausencia de tensión, puestas a tierra en bornes de la maquina y bloqueos.
- Limpiar con solvente dieléctrico o alcohol isopropílico todos los aisladores pasantes de la máquina.
- Cortocircuitar los terminales de MT. (de lo contrario la inductancia de estos, será introducida en el circuito).
- Cortocircuitar los terminales de BT. (de lo contrario la inductancia de estos, será introducida en el circuito).
- Retirar luego la puesta a tierra de la muestra. (Use EEP).
- Observar que los terminales de MT se encuentre libres de otras conexiones.
- Observar que los terminales de BT se encuentre libres de otras conexiones.
- Vallar la zona de trabajo como medida de seguridad impidiendo el acceso hacia partes que serán energizadas con tensión de prueba.
- Conectar el cable de tierra del equipo de medición a la cuba del transformador. (también a tierra).

4.1.2. Equipo utilizado para la medición

Medidor de Capacidad y T_g , tipo puente semiautomático marca AVO BIDDLE. - Precisión 2%

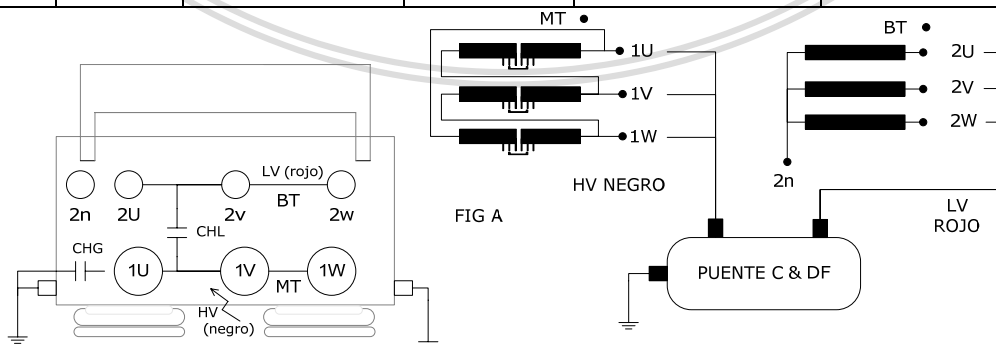
4.1.3. Desarrollo de las mediciones y Conexiones

- Verificar que la tensión de ensayo no supere la tensión de fase nominal de la muestra.
- Las mediciones se realizaron con el TAP en la posición 1 (cubriendo todo el bobinado).
- Tomar nota de las temperaturas de: Bobinado /Aceite /Ambiente.
- Para estas mediciones el neutro del bobinado e BT debe estar libre de conexión a tierra.

4.1.4. Mediciones sobre bobinados de MT

Verificadas las condiciones de seguridad, para realizar cada medición correspondiente al bobinado de AT, (Pruebas N° 1, 2,3), conectar los cables denominados HV (Negro) y LV (Rojo) a los bobinados de MT y BT respectivamente. Colocar el selector de modo de medición (S8), en las posiciones especificadas en la tabla siguiente:

PRUEBA	Posic. Selector.	Capacidad / T_g Medida	Bobinado energizado.	Conexión a Tierra	Conexión a LV
N° 1	3	CHL	MT (negro)	CUBA	BT (rojo)
N° 2	4	CHL+CHG	MT (negro)	CUBA	BT (rojo)
N° 3	5	CHG	MT (negro)	CUBA	BT (rojo)



MODULO
MOD-001 Rev1

TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y DISTRIBUCION
-ENSAYOS EN CAMPO -

PRACTICA DE ENSAYO
PE-05 Rev1

MEDICION DE CAPACIDAD Y TANGENTE DELTA

CHL : Capacidad entre AT y BT **CHG** : Capacidad entre AT y Tierra **CLG** : Capacidad entre BT y Tierra

Secuencia:

Elevar levemente la tensión de salida del puente (500 V aprox.) y ajustar el valor de capacidad mediante el movimiento de las décadas. (Ver 6.1.3 Controles y operación del puente)

Ajustar la tensión de salida hasta alcanzar el valor de tensión de ensayo nominal indicado en el kilovoltímetro. Tomar nota de los valores de Capacidad /Tangente / Potencia de pérdida.

Finalizadas las mediciones, disminuir a cero la tensión; desenergizar el equipo y colocar a tierra la muestra.

Los valores de tangente delta deberán ser corregidos por temperatura según los expresado en (3.3).

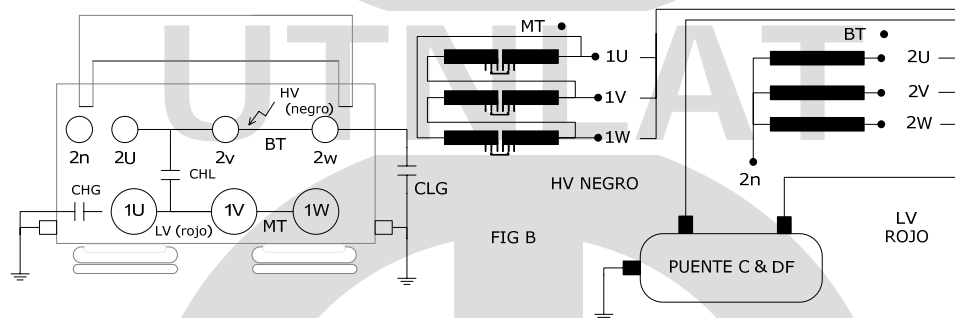
NOTA: En ensayos sobre muestras altamente capacitivas puede ser necesario el uso de reactor de compensación, a efectos de disminuir la potencia requerida para el ensayo. (Ver 6.1.2 Limites del puente).

4.1.5. Mediciones sobre bobinados de BT

Para realizar cada medición correspondiente al bobinado de BT, (Pruebas N° 4, 5,6), conectar los cables denominados HV (Negro) y LV (Rojo) a los bobinados de BT y MT respectivamente.

Colocar el selector de modo de medición (S8), en las posiciones especificadas en la tabla siguiente:

PRUEBA	Posic. Selector.	Capacidad / Tg Medida	Bobinado energizado.	Conexión a Tierra	Conexión a LV
N° 4	3	CHL	BT (negro)	CUBA	MT (rojo)
N° 5	4	CHL+CHG	BT (negro)	CUBA	MT (rojo)
N° 6	5	CLG	BT (negro)	CUBA	MT (rojo)



CHL : Capacidad entre AT y BT **CHG** : Capacidad entre AT y Tierra **CLG** : Capacidad entre BT y Tierra

Repetir la secuencia de ensayo anteriormente mencionada para MT.

Los valores de tangente delta deberán ser corregidos por temperatura según los expresado en (3.3).

4.1.6. Tensión de Ensayo

Se realizarán las mediciones a la mayor tensión normalizada posible que no sobrepase la tensión fase-tierra del transformador o según recomendación del fabricante del equipo. Tensiones normalizadas: 0.5, 2.5, y 10 Kv.

Para el bobinado de MT se utilizará 10 kV, y 1 kv para el bobinado de BT.

4.1.7. Potencia de Pérdida

Las pérdidas dieléctricas disipan su energía en forma de calor. El calor generado en los contaminantes es expresado en términos de watts, y se hallan en función de la corriente resistiva según el diagrama vectorial. Dado que la tg es una relación entre la potencia real sobre la potencia aparente, a 10 kV de tensión de prueba, la potencia de pérdidas en watts se define como:

$$Tg \text{ (\%)} \times 10 / m \text{ A.} = \text{watts} \text{ (@10kV)}$$

La resistencia paralelo (equivalente a la resistencia de pérdida sobre la cual fluye Ir) se define como:

$$R \text{ paralelo (M } \Omega) = 100 / \text{watts. (@10kV)}$$

La capacidad medida se define como:

MODULO
MOD-001 Rev1

TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y DISTRIBUCION
-ENSAYOS EN CAMPO -

PRACTICA DE ENSAYO
PE-05 Rev1

MEDICION DE CAPACIDAD Y TANGENTE DELTA

$$C \text{ (pf)} = 318 \times m \text{ A} \quad (@10kv-50 \text{ Hz})$$

4.2. CONSIDERACIONES SOBRE EL EQUIPO DE MEDICION

4.2.1. Correcciones por tensión de ensayo

Los valores de factor de disipación deben corregirse según la escala de tensión empleada:

$$Tg\delta_{CORREGIDA} = Tg\delta \times \frac{\text{Escala_de_}U}{U_{aplicada}}$$

Ejemplo: Un ensayo realizado con 1 KV de tensión de prueba, pero con el equipo posicionado en la escala de 2,5 kV, y un valor de medición de Tg = 0,5 %; el resultado final será: Tg corregida = 0,5% x 2,5 / 1 = 1,25%.

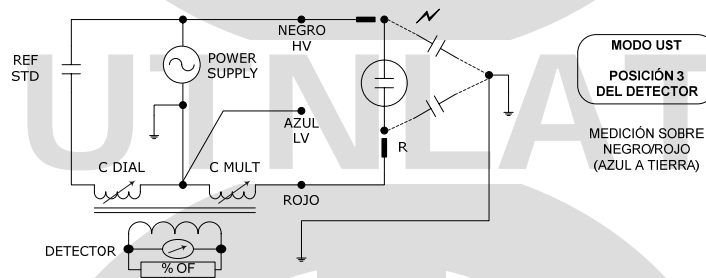
4.2.2. Configuración del modo de medición del equipo utilizado

Los siguientes esquemas muestran las conexiones internas del puente, en cada modo utilizado en la práctica:

Modo de Ensayo	Posición del selector del puente	Medición obtenida entre
UST	3	HV y LV (rojo)
GST L-GND	4	HV y LV (Rojo) + Tierra
GST L-GUARD	5	HV y Tierra

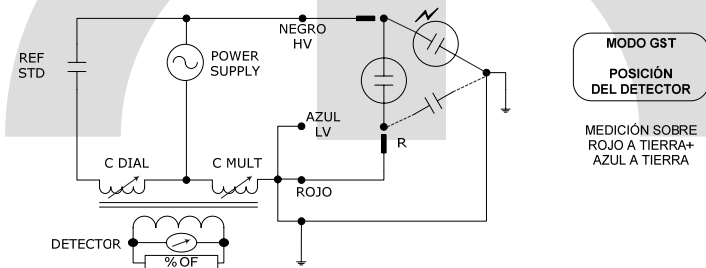
MODO UST 3

CONEXIÓN PARA MUESTRAS DE TRES TERMINALES



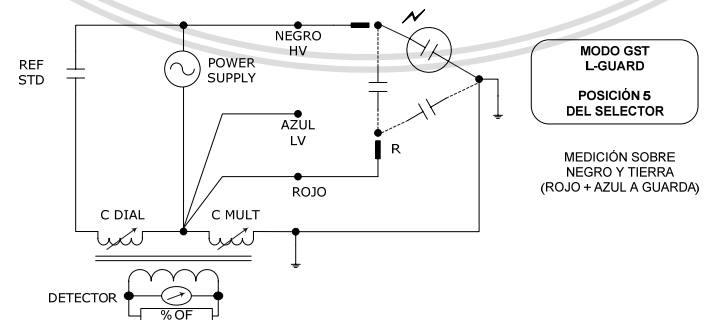
MODO GST

CONEXIÓN PARA MUESTRAS DE TRES TERMINALES



MODO GST L-GND 5

CONEXIÓN PARA MUESTRAS DE TRES TERMINALES



MODULO
MOD-001 Rev1

TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y DISTRIBUCION
-ENSAYOS EN CAMPO -

PRACTICA DE ENSAYO
PE-05 Rev1

MEDICION DE CAPACIDAD Y TANGENTE DELTA

4.2.3 Precauciones al finalizar el ensayo.

Verificar ausencia de tensión del equipo de ensayo.
Descargar los bobinados mediante pértiga de descarga.
Retirar los cables de conexión del equipo de ensayo (Use EEP)
Observar que los terminales de MT se encuentre libres de otras conexiones.
Observar que los terminales de BT se encuentre libres de otras conexiones.
Colocar la puesta a tierra en bornes de la muestra.
Retirar el vallado de la zona de trabajo.

4.2.4 Análisis de los resultados

Los valores típicos que se manejan en el ámbito internacional son:

Factor de Disipación en % @20°C	Estado de Aislación	OBSERVACION
Tg % < 0.5%	Bueno	Típico en trafos nuevos
0.5% < Tg % < 1%	Regular	Típico en trafos en servicio
Tg % > 1%	Investigar	Complementar con pruebas

Para emitir una opinión, se debe considerar que los valores elevados de Tg %, son un claro indicio de:
Contaminación del aislante por impurezas humedad o degradación química.
Envejecimiento de la aislación –fracturas – grietas –porosidad.
Daños físicos en el sistema aislante por esfuerzos electrodinámicos.
Una constancia en los resultados de las mediciones de capacidad ante valores de tensiones ascendentes es un indicio de estabilidad de las condiciones del aislante.
Ante valores de alta Tg se recomienda medir por separado la Tg del aceite.
NOTA COMPLEMENTARIA: SEGÚN NORMAS DE TRANSENER, ninguno de los valores corregidos a 20 ° C deberá ser mayor a 0,5% para trafos de gran potencia-

5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

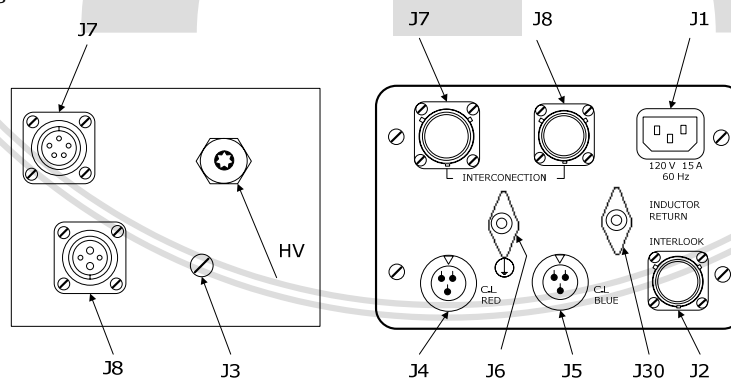
Std. IEC 60076-3-2000 Transformadores de Potencia – niveles de aislación y ensayos dieléctricos.
Std. IEEE 57-12-90 Guía de ensayo de transformadores
Std. ANSI C57-12-92 – “Standard Test Code for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Reg. Transf.”.
Manual de uso y operación del equipo.

Nota: Las normas mencionadas y el manual de uso del equipo, pueden ser consultadas en la sede del UTNLAT.

6. ANEXOS

6.1. PUENTE DE MEDICION

6.1.1. Conexiones



- Conectar los bornes J7-J8 de la fuente con los del puente.
- Conectar J6 al borne de tierra.
- Conectar J30 al retorno del inductor en caso que se requiera.
- Conectar el terminal de alta tensión en HV y su pantalla al borne J3.
- De acuerdo a los diagramas siguientes conectar J4 (Red) y J5 (Blue).
- Conectar J1 (Alimentación).
- Verificar si es necesaria la conexión del inductor de acuerdo a la tabla 1

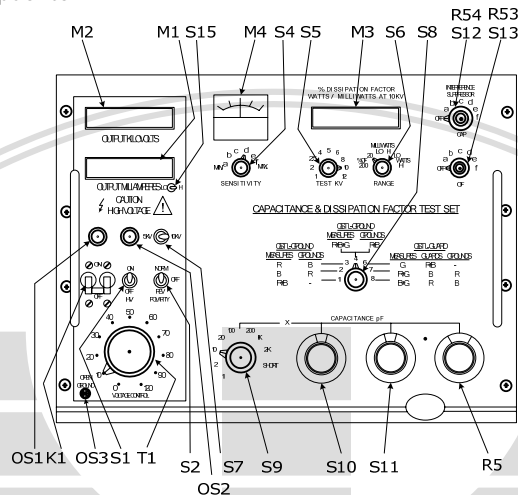
MODULO
MOD-001 Rev1

TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y DISTRIBUCION
- ENSAYOS EN CAMPO -

PRACTICA DE ENSAYO
PE-05 Rev1

MEDICION DE CAPACIDAD Y TANGENTE DELTA

6.1.2. Controles y operación del puente



- A) Antes de encender el equipo verificar que la posición del selector del tipo de ensayo (S8) se encuentre en la posición correcta y que el control de tensión (T1) se encuentre en la posición cero.
- B) Verificar que el dial de sensibilidad (S4) se encuentre en la posición Min (a) y que el dial (S9) este en la posición Short.
- C) Encender el equipo (k1) (se enciende OS1 – luz Verde)
- D) El luz Naranja (OS3) indica problemas en PAT, en caso de iluminarse, revisar cableado
- E) Accionar el interruptor HV (S1) (Se enciende OS2-led Rojo).
- F) Colocar el selector de rango (S6) en la posición 20.
- G) De acuerdo a la tensión a aplicar en el primer paso colocar el interruptor (S7) en 5 o 10 kV y el dial (S5) en la tensión correspondiente al primer paso
- H) Comenzar el incremento de tensión (T1) hasta lograr el primer valor de tensión, tener especial cuidado en que la corriente no se eleve bruscamente, en ningún caso debe superar los 200 mA.
- I) Realizar la corrección con los dials de capacidad (S9-S10-S11 y R6) a fin de que el indicador (M4) quede en la posición cero, en caso de existir oscilaciones en la lectura cambiar la polaridad (S2).
- J) Cambiar la sensibilidad (S4) y repetir el paso anterior hasta llegar a la sensibilidad máxima y la aguja en el valor cero.
- K) Anotar en la planilla los valores de capacidad, tensión, corriente y PD
 $\%Df = \%Df \text{ leído} \times \text{Valor de (S5)}/\text{Valor leído (M2)}$
- L) luego cambiar el selector de rango (S6) a la posición "WATTS" o "MILIWATTS" y anotar la lectura (en la posición "10 K" del selector (S9) multiplicar la lectura en WATTS por 10).
- M) Volver el dial RANGE (S6) a la posición 20.
- N) Colocar el dial TEST kV en la posición siguiente de acuerdo al próximo salto de tensión y repetir los pasos I a M, hasta llegar a la tensión máxima de ensayo.
- O) Al terminar el ensayo volver el control de tensión (T1) a la posición cero, apagar el equipo, descargar los bobinados ensayados y desconectar.

6.1.3. Filtro de interferencia

Las mediciones de tangente delta son generalmente afectadas por perturbaciones externas que ingresan al circuito de medida. Para verificar la necesidad de utilización de los filtros de interferencias incorporados en el puente, se debe seguir la siguiente secuencia:

Una vez alcanzado el valor de tensión de prueba, se registran las magnitudes obtenidas.

Cortar la tensión y repetir la medición invirtiendo previamente la fuente de alimentación (Selector Normal/Reversa), y verificar que no exista una diferencia mayor al 5% entre la lectura efectuada anteriormente. En caso de superar esta tolerancia, se deberán utilizar los filtros incorporados.

Nota: Los filtros solo deben ser usados en caso de necesidad.

MODULO
MOD-001 Rev1

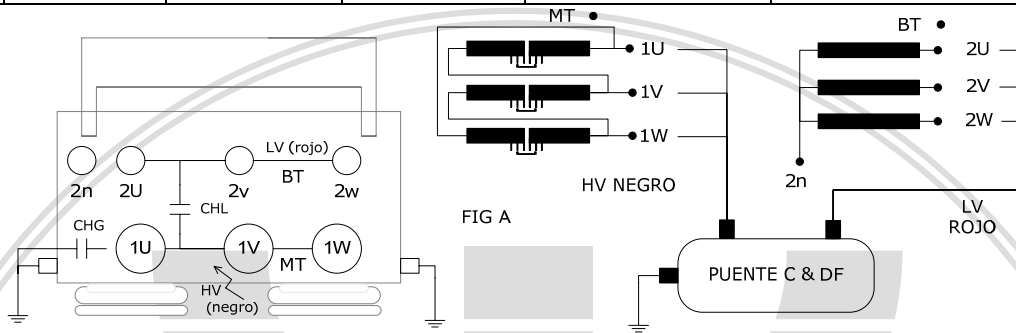
TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y DISTRIBUCION
-ENSAYOS EN CAMPO -

PRACTICA DE ENSAYO
PE-05 Rev1

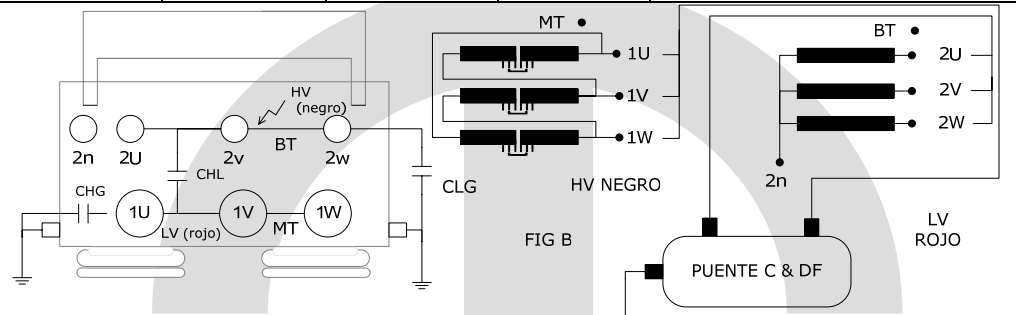
MEDICION DE CAPACIDAD Y TANGENTE DELTA

6.2. PROTOCOLO DE ENSAYO

NUMERO	FECHA:	SERIE N°	TEMP °C		REALIZADO POR:
			Amb:	Aceite:	



Según Fig. A					
TENSION DE PRUEBA 10 KV					
Posic. Equipo	Capacidad Medida	Bobinado energizado.	Conexión a Tierra	Bobinado a LV	Mediciones (1) tg medida (2) tg corregida a 20%
3 UST	CHL	MT (negro)	CUBA	BT (rojo)	C: tg %(1): tg %(2): m W:
4 GST L-GROUND	CHL+CHG	MT (negro)	CUBA	BT (rojo)	C: tg %(1): tg %(2): m W:
5 GST L-GUARD	CHG	MT (negro)	CUBA	BT (rojo)	C: tg %(1): tg %(2): m W:



Según Fig. B					
TENSION DE PRUEBA 1 KV					
Posic. Equipo	Capacidad Medida	Bobinado energizado.	Conexión a Tierra	Bobinado a LV	Mediciones (1) tg medida (2) tg corregida a 20%
3 UST	CHL	BT (negro)	CUBA	MT (rojo)	C: tg %(1): tg %(2): m W:
4 GST L-GROUND	CHL+CHG	BT (negro)	CUBA	MT (rojo)	C: tg %(1): tg %(2): m W:
5 GST L-GUARD	CLG	BT (negro)	CUBA	MT (rojo)	C: tg %(1): tg %(2): m W:

CONCLUSIONES: