

	Digitalización: MANUAL DE PUESTA EN SERVICIO	Enero-2007
	PUESTA EN SERVICIO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA DE 10MVA Y MAYORES CON TENSION DE 115Kv Y MAYORES PROCEDIMIENTO CFE-MPSE0-04	Rev. Ag-92 MEXICO



**PUESTA EN SERVICIO
TRANSFORMADORES DE POTENCIA**
Manual de referencia – Pruebas Eléctricas – Criterios Ejecución y Aceptación



	Digitalización: MANUAL DE PUESTA EN SERVICIO	Enero-2007
	<i>PUESTA EN SERVICIO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA DE 10MVA Y MAYORES CON TENSION DE 115Kv Y MAYORES PROCEDIMIENTO CFE-MPSE0-04</i>	Rev. Ag-92 MEXICO

P R E F A C I O

Este procedimiento ha sido elaborado de acuerdo con las Bases Generales para la Normalización en CFE. La propuesta de revisión fue preparada por el Grupo de Trabajo Correspondiente. Revisaron y aprobaron el presente procedimiento las áreas siguientes:

COORDINACION DE PROYECTOS TERMoeLECTRICOS
GERENCIA DE GENERACION
GERENCIA DE LABORATORIO

El presente documento normalizado entra en vigor a partir de la ultima fecha abajo indicada y será actualizado y revisado tomando como base las observaciones que se deriven de la aplicación del mismo. Dichas observaciones deben enviarse a la Gerencia de Laboratorio, cuyo Departamento de Normalización coordinara la revisión.

Este procedimiento revisa y substituye a la edición de Junio de 1988, y a todos los documentos normalizados de CFE relacionados con puesta en servicio de transformadores de potencia de 10MVA y mayores con tensión de 115kV y mayores que se hayan publicado.

AUTORIZACION

Ing. Guillermo Guerrero Villalobos
DIRECTOR GENERAL

	Digitalización: MANUAL DE PUESTA EN SERVICIO	Enero-2007
	PUESTA EN SERVICIO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA DE 10MVA Y MAYORES CON TENSION DE 115Kv Y MAYORES PROCEDIMIENTO CFE-MPSE0-04	Rev. Ag-92 MEXICO

CONTENIDO

1. INTRODUCCION
2. OBJETIVO
3. ALCANCE
4. DOCUMENTOS APLICABLES
5. REQUISITOS PREVIOS
 - a. *Recopilación y/o Revisión de la Información*
 - b. *Ejecución y/o Verificación de Actividades Importantes*
 - c. *Equipo de prueba*
6. INSTRUCCIONES
 - a. *Pruebas de Aislamiento del Núcleo*
 - b. *Medición de Resistencia de los Devanados con CD*
 - c. *Pruebas de Desplazamiento Angular, Relación de Transformación y Polaridad*
 - d. *Pruebas de Resistencia de Aislamiento a los Devanados*
 - e. *Pruebas Dieléctricas de Boquillas*
 - f. *Pruebas Dieléctricas de Aceite Aislante*
 - g. *Pruebas Dieléctricas de Aceite*
 - h. *Prueba de Corriente de Excitación*
 - i. *Protecciones Eléctricas*
 - j. *Alarmas*
7. CRITERIOS DE ACEPTACION
 - a. *Resistencia de Aislamiento del Núcleo*
 - b. *Resistencia Ohmica de Devanados con CD*
 - c. *Relación de Transformación*
 - d. *Resistencia de Aislamiento de Devanados*
 - e. *Perdidas Dieléctricas del Aislamiento*
 - f. *Perdidas Dieléctricas de Boquillas*
 - g. *Prueba de Collar Caliente a Boquillas*
 - h. *Rigidez Dieléctrica del Aceite Aislante*
 - i. *Angulo de perdidas dieléctricas*
 - j. *Corriente de Excitación (con Tensión Reducida)*
 - k. *Pruebas Dieléctricas de Pararrayos*
 - l. *Fases de Protección Diferencial*
 - m. *Energización*
8. FORMATOS

	Digitalización: MANUAL DE PUESTA EN SERVICIO	Enero-2007
	PUESTA EN SERVICIO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA DE 10MVA Y MAYORES CON TENSION DE 115KV Y MAYORES PROCEDIMIENTO CFE-MPSE0-04	Rev. Ag-92 MEXICO

1. INTRODUCCION

Las recomendaciones presentadas en este procedimiento son aplicables a transformadores en aceite con devanados de alta tensión de 115kV y mayores

Se considera que el Ingeniero de Pruebas esta familiarizado con el manejo de normas, en particular **ANSI/IEEE C57-12.90**, manejo de equipo de pruebas, protecciones eléctricas y demás conocimientos generales de aislamientos usados en transformadores y boquillas (bushing's).

La puesta en servicio de un transformador es de vital importancia, por lo cual se requiere de una verificación detallada y especializada de todas sus características antes de ponerlo en operación. Por lo que se describe la secuencia de pruebas fundamentales para esta etapa.

2. OBJETIVO

Obtener confiabilidad y máxima disponibilidad de los transformadores de potencia en operación, al realizar una puesta en servicio adecuada.

3. ALCANCE

Aplica a Transformadores de 10 MVA y mayores con tensiones primarias de 115kV a 400kV

4. DOCUMENTOS APLICABLES

CFE K0000-06-1990	<i>Transformadores de Potencia de 10MVA y Mayores</i>
ANSI/IEEE C37.103-90	<i>Guide for Differential and Polarizing Relay Circuit Testing</i>
ANSI/IEEE C57.12.00-87	<i>Standard General Requeriments for Liquid-Inmersed Distribution Power, and Regulating Transformers</i>
ANSI/IEEE C57.12.12-80	<i>Guide for Installation for Oil-Inmersed EHV Transformers 345kV and Above</i>
ANSI/IEEE C57.12.90-87	<i>Standard Test Code for Liquid-Inmersed Distribution, Power and Regulating Transformers and Guide for Short Circuit Testing and Distribution and Power Transformers</i>
ASTM D877-87	<i>Standard Test Method for Dielectric Breakdown Voltage for Insulating Liquids Using Disk Electrodes</i>
ASTM D924 REV B-82	<i>Standard Test Method for A-C Loss Charateristics and Relative Permittivity (Dielectric Constant) of Electrical Insulating Liquids (R 1990)</i>
ASTM D1816 REV A-84	<i>Standard Test Method for Dielectric Breakdown Voltage of Insulating Oils of Petroleum Origin Using VDE Electrodes (R 1990)</i>
	<i>Instructivo del TTR de James C. Biddle</i>
	<i>Power Factor Test-Data Referente Book Doble Engineering Co.</i>
	<i>Type MEU Instruction Manual Doble Engineering Co.</i>
	<i>Transformer Insulation Test TMTG-499 Sec. 5 Doble Engineering Co.</i>

	Digitalización: MANUAL DE PUESTA EN SERVICIO	Enero-2007
	PUESTA EN SERVICIO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA DE 10MVA Y MAYORES CON TENSION DE 115Kv Y MAYORES PROCEDIMIENTO CFE-MPSE0-04	Rev. Ag-92 MEXICO

5. REQUISITOS PREVIOS

a. Recopilación y/o Revisión de la Información

- i. Documento de entrega para prueba de puesta en servicio con sus anexos dependientes
- ii. Reporte de recepción, de acuerdo al procedimiento
- iii. Reporte de Inspección y pruebas en Fabrica según especificación del transformador y accesorios
- iv. Reporte de análisis de aceptación del aceite aislante hechas por el Laboratorio Químico en una muestra tomada antes y después del llenado del transformador, refiérase al procedimiento
- v. Reporte del secado del transformador, refiérase al procedimiento
- vi. Reporte de pruebas a dispositivos de sobrepresión, acumulador de gases (Buchholz), indicadores de nivel, Transformadores de Corriente y Calibración de instrumentos de medición y temperatura

b. Ejecución y/o Verificación de Actividades Importantes

- i. Colocar "Señalamientos de Peligro Alta Tensión" circundando el área para evitar riesgos al personal
- ii. Los instrumentos y equipos de prueba deben tener vigentes su calibración
- iii. El transformador debe estar desenergizado
- iv. El transformador debe aislarse totalmente de barras y líneas, desconectando todas las boquillas (bushing's)
- v. Asegurarse que el tanque del transformador este solidamente aterrizado
- vi. Asegurarse que se encuentra desconectado de la red de tierra el neutro del transformador (en conexión estrella)
- vii. Asegurarse que se encuentra limpia la porcelana de las boquillas (bushing's)

c. Equipo de prueba

- i. Medidor de pérdidas dieléctricas y capacitancia con copa para pruebas de aceite
- ii. Probador de relación de transformación
- iii. Probador de resistencia de devanados
- iv. Probador de rigidez dieléctrica del aceite con electrodos:
 1. ASA para transformadores con tensiones menores a 230kV
 2. VDE para transformadores con tensiones mayores a 230kV
- v. Probadores de relevadores de protección
- vi. Multímetro
- vii. Termómetro de 0°C a 200°C
- viii. Girómetro con escala de 0 a 100%
- ix. Cronómetro
- x. Fasómetros
- xi. Probador de resistencia de aislamiento
Verificar que los cables de prueba sean originales. No debe aceptarse cables improvisados

	Digitalización: MANUAL DE PUESTA EN SERVICIO	Enero-2007
	PUESTA EN SERVICIO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA DE 10MVA Y MAYORES CON TENSION DE 115Kv Y MAYORES PROCEDIMIENTO CFE-MPSE0-04	Rev. Ag-92 MEXICO

6. INSTRUCCIONES – CRITERIOS PARA EJECUCION

a. Pruebas de aislamiento del núcleo

i. Transformadores tipo núcleo

En estos transformadores generalmente la conexión del núcleo a tierra esta localizado en la parte superior del núcleo. En algunos diseños, esta conexión no esta solidamente aterrizada, conectada por medio de resistencias de aproximadamente **250 a 1000 ohms**.

Realizar la prueba en la forma siguiente:

- Desconectar la conexión a tierra del núcleo
- Medir la resistencia de aislamiento entre el núcleo y tierra a una **tensión de 1000VCD**

ii. Transformadores tipo acorazado

En estos transformadores no es importante que las laminaciones estén aterrizadas en solamente un punto, puesto que la distribución de flujo en este tipo de transformadores difiere de las del tipo núcleo. Pero si se desea, realizar esta prueba según el procedimiento anterior.

b. Medición de la Resistencia de los Devanados con CD

i. Preparativos

- Desconectar el transformador, liberando sus terminales de alta tensión y baja tensión
- Desconectar el neutro
- Cortocircuitar los devanados de alta y baja tensión, **aterizarlos por un periodo de 10 minutos**, con el objeto de drenar cualquier carga estática
- La temperatura del devanado **no debe ser mayor que 5°C** de la temperatura del aceite

ii. Toma de lecturas

- Retirar el cortocircuito de los devanados
- Tomar la lectura del termómetro del aceite
- Tomar la lectura según sea el transformador probado de acuerdo a la conexión
- Puesto que la resistencia del cobre varia con la temperatura, **referirla a 75°C** según la formula siguiente:

$$R_{75^{\circ}C} = R_t \times \frac{234.5 + 75}{234.5 + Temp.delabobinaen^{\circ}C}$$

	Digitalización: MANUAL DE PUESTA EN SERVICIO	Enero-2007
	PUESTA EN SERVICIO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA DE 10MVA Y MAYORES CON TENSION DE 115Kv Y MAYORES PROCEDIMIENTO CFE-MPSE0-04	Rev. Ag-92 MEXICO

c. Pruebas de Desplazamiento Angular, Relación de Transformación y Polaridad

i. Preparativos

- Desconectar el transformador, liberando sus terminales de alta y baja tensión
- Desconectar el neutro
- Tomar el dato de posición de la derivación (Tap) en que se encuentra el transformador (Tap en vacío – LTC y Tap bajo carga – OLTC)
- Preparar su hoja de reporte de prueba (formato)
- Si existe equipo de alta tensión en la vecindad del transformador probado, aterrizar un lado de cada bobina y aterrizar el equipo de prueba usando conector de tierra

ii. Secuencia de prueba

El propósito de esta prueba es probar que las relaciones de vueltas del transformador están correctas. **Generalmente la relación de vueltas debe estar correcta dentro del 0.5% de los datos de placa (refiérase a ANSI/IEEE C57.12.00)**

Si el transformador tiene derivaciones, las relaciones de vueltas deben ser determinadas para todas las derivaciones, midiendo el devanado completo. La prueba debe hacerse a la tensión nominal o a una mas baja y a la frecuencia nominal o mayor.

Generalmente el equipo utilizado para efectuar esta prueba es un puente de relación que al efectuar la medición da una corrección por ángulo de fase, también se utiliza para verificar la polaridad y la secuencia de fases.

d. Pruebas de Resistencia de Aislamiento a los Devanados

i. Preparativos

- Si tiene una humedad relativa en el ambiente, **mayor a 75% NO probar**
- Verificar que todos los devanados estén inmersos en el liquido aislante
- Cortocircuitar los devanados de alta y baja tensión en las boquillas (bushing's) H1, H2, H3, Ho y X1, X2, X3 separadamente sin tocarse uno con otro y el tanque.
- Verificar que el tanque este aterrizado
- Seleccionar el diagrama de conexión de prueba según el numero de bobinas que tenga el transformador
- Preparar las hojas de reporte de prueba

ii. Toma de lecturas

- Preparar el equipo de prueba
- Aplicar la **misma tensión que se aplico durante a prueba de aceptación** durante un tiempo de **1 minuto según ANSI/IEEE 57.12.90**
- Tomar lectura según la hoja de prueba seleccionada
- Al finalizar la prueba, colocar el instrumento en la posición de descarga, por un periodo suficiente permitiendo que la carga estática disminuya a un valor despreciable (por ejemplo el indicador este próximo a cero)
- Los devanados de la misma tensión se deben conectar juntos, si el transformador es de tres devanados, deben probarse como uno de dos devanados
- **Corregir a una temperatura de 20°C** según la siguiente tabla:

	Digitalización: MANUAL DE PUESTA EN SERVICIO	Enero-2007
	PUESTA EN SERVICIO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA DE 10MVA Y MAYORES CON TENSION DE 115Kv Y MAYORES PROCEDIMIENTO CFE-MPSE0-04	Rev. Ag-92 MEXICO

TABLA DE FACTOR DE CORRECCION PARA PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DE DEVANADOS	
Temperatura del Transformador	Factor de corrección a 20°C
95	89.0
90	66.0
85	49.0
80	36.2
75	26.8
70	20.0
65	14.8
60	11.0
55	8.1
50	6.0
45	4.5
40	3.3
35	2.5
30	1.8
25	1.3
20	1.0
15	0.73
10	0.54
5	0.40
0	0.30
-5	0.22
-10	0.16
-15	0.12

iii. Medición de pérdidas dieléctricas y capacitancia del aislamiento (FACTOR DE POTENCIA – Tang DELTA)

- Preparar el equipo de prueba
- Aplicar la tensión de prueba (10kV/seg. Según ANSI/IEEE 57.12.90)

CUADRO DE CONEXIONES METODO II DE LA NORMA ANSI/IEEE C57.12.90 T.A.T. = Terminal de Alta Tensión T.B.T. = Terminal de Baja Tensión H = Bushing's de alta tensión cortocircuitados X = Bushing's de baja tensión cortocircuitados TRANSFORMADOR DE DOS (2) DEVANADOS					
PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	T.A.T.	GROUND	GUARD	U.S.T.	
1	H	X			$C_H + C_{HX}$
2	H		X		C_H
3	H			X	C_{HX}
4	X	H			$C_H + C_{HX}$
5	X		H		C_X
6	X			H	C_{HX}

	Digitalización: MANUAL DE PUESTA EN SERVICIO	Enero-2007
	PUESTA EN SERVICIO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA DE 10MVA Y MAYORES CON TENSION DE 115Kv Y MAYORES PROCEDIMIENTO CFE-MPSE0-04	Rev. Ag-92 MEXICO

CUADRO DE CONEXIONES METODO II DE LA NORMA ANSI/IEEE C57.12.91 T.A.T. = Terminal de Alta Tensión T.B.T. = Terminal de Baja Tensión H = Bushing's de alta tensión cortocircuitados X = Bushing's de baja tensión cortocircuitados Y = Bushing's de terciario cortocircuitados TRANSFORMADOR DE TRES (3) DEVANADOS					
PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	T.A.T.	GROUND	GUARD	U.S.T.	
1	H	X	Y		$C_H + C_{HX}$
2	H		X,Y		C_H
3	X	Y	H		$C_X + C_{XY}$
4	X		H,Y		C_X
5	Y	H	X		$C_Y + C_{HY}$
6	Y		H,X		C_Y
7	H,X	Y			$C_H + C_X$
8	H,Y	X			$C_H + C_Y$
9*	H		Y	X	C_{HX}
10*	X		H	Y	C_{XY}
11*	Y		X	H	C_{HY}
* USE ESTAS PRUEBAS SI SE DESEA COMPROBAR EL F.P. ENTRE DEVANADOS					

- Tomar la lectura según la hoja de prueba seleccionada
- Evitar que al estar haciendo esta prueba se aproxime alguien a los terminales de alta y baja tensión para evitar accidentes
- Corregir por temperatura usando la siguiente ecuación:

$$Fp_{20^{\circ}C} = (Fp_t) / K$$

donde:

$Fp_{20^{\circ}C}$ = factordepotenciakorregidoa $\longrightarrow 20^{\circ}C$

Fp_t = factordepotenciamedidoalatemperatura $\longrightarrow t$

K = factordecorreccionseguntablaadjunta

TABLA DE FACTOR DE CORRECCION K	
Temperatura de prueba t°C (t)	Factor de corrección k a 20°C
10	0.80
15	0.90
20	1.00
25	1.12
30	1.25
35	1.40
40	1.55
45	1.75
50	1.95
55	2.18
60	2.42
65	2.70
70	3.00

	Digitalización: MANUAL DE PUESTA EN SERVICIO	Enero-2007
	PUESTA EN SERVICIO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA DE 10MVA Y MAYORES CON TENSION DE 115Kv Y MAYORES PROCEDIMIENTO CFE-MPSE0-04	Rev. Ag-92 MEXICO

e. Pruebas Dieléctricas a Boquillas (Bushing's)

i. Preparativos

- Cortocircuitar los devanados de alta y baja tensión en sus boquillas (bushing's) H1, H2, H3, Ho y X1, X2, X3 separadamente sin tocar uno con otro y el tanque
- Verificar que el tanque este aterrizado
- Localice la derivación de prueba (Tap capacitivo) y vea si no esta aterrizado internamente, si lo esta, aislarlo de tierra con cualquier material aislante y conectar la punta de prueba de baja tensión
- Conectar según formato para efectuar la prueba
- Preparar hoja de reporte de prueba

ii. Medición de capacitancia y perdidas dieléctricas

- Obtener la capacitancia C_1 y C_2 , las perdidas dieléctricas o Tangente Delta del conductor central a la derivación capacitiva, a la derivación de prueba o a la brida de montaje
- Preparar el equipo de prueba
- Medir la capacitancia y las perdidas dieléctricas
- **La temperatura de las boquillas (bushing's) en esta condición (puesta en servicio) será la misma que la ambiente**

iii. Pruebas de Collar Caliente

Aplicable para boquillas (bushing's) que no vienen provistas de derivación de prueba:

- Preparar la boquilla (bushing) que este perfectamente limpio y seco
- Conectar el equipo de prueba como se detalla en el formato de prueba
- Medir las perdidas en Watts y Volt-Amperes o Amperes
- **No calcular el ángulo de perdidas, solo registrar los datos obtenidos en el párrafo anterior**

f. Pruebas Dieléctricas del Aceite Aislante

i. Rigidez dieléctrica (Preparativos)

- Seleccionar el método de prueba a utilizarse según el siguiente criterio:

Electrodos	Separación	kV/seg	kV/(operación)
Disco ASA (ASTM D877-80)	2.54mm	3	< 230
Esféricos Term. VDE (ASTM D1816-79)	1.0mm	½	>230

- Verificar que la copa de la prueba es la adecuada para cada tipo de electrodo (Ver ASTM D877 o ASTM D1816)
- Limpiar los electrodos con un trapo limpio y seco, libre de pelusa
- Evitar el contacto con los dedos a los electrodos
- Ajustar la separación entre electrodos

	Digitalización: MANUAL DE PUESTA EN SERVICIO	Enero-2007
	PUESTA EN SERVICIO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA DE 10MVA Y MAYORES CON TENSION DE 115Kv Y MAYORES PROCEDIMIENTO CFE-MPSE0-04	Rev. Ag-92 MEXICO

- Limpiar los electrodos con un limpiador liquido de baja evaporación para evitar condensación
- Enjuagar la celda en aceite a probarse
- Realizar una prueba preliminar, si el aceite rompe a un valor mas bajo que el esperado, la celda puede estar contaminada, repita otra vez la limpieza

ii. Medición de Rigidez dieléctrica

a) Método ASTM D1816

- Preparar hoja de reporte de prueba según formato
- Incrementar la **tensión a razón de ½ kV/seg.**
- Si existen **descargas que no disparan el interruptor NO tomarlas en cuenta**
- Tomar la muestra y dejar **reposar 3 minutos** antes de aplicar la tensión de prueba
- Calcular el **promedio de los cinco rompimientos y también la consistencia estadística** como sigue:

$$X = 1/5 \sum_{i=1}^{i=5} X_i$$

$$S = \sqrt{1/4 \left[\sum_{i=1}^{i=5} X^2 - 5X^2 \right]}$$

donde:

X = valor medido de los cinco rompimientos
 X_i = iavo tensión de rompimiento
S = desviación estándar

- La desviación estándar permite evaluar el valor de rompimiento (ver criterios de aceptación)
- Si no cumple con lo anterior, proceder como sigue:

$RKV = (\text{máxima tensión de rompimiento} - \text{mínimo valor de rompimiento}) \times 3$

Debe usarse el criterio de $RKV > NLKV$

- Si el valor obtenido es mayor que la próxima tensión de rompimiento mas baja, es probable que la desviación estándar de los 5 rompimientos es excesiva y por lo tanto el error probable de su promedio es también excesivo.
- Si no es suficiente el criterio de la desviación estándar, debe realizarse otras cinco (5) pruebas con la misma muestra y calcular el valor promedio de los diez (10) rompimientos, que será el valor de tensión de rompimiento dieléctrico de la muestra

b) Método ASTM D877

- Preparar hoja de reporte de prueba según formato
- Incrementar la **tensión a razón de 3 kV/seg.**
- Tomar la muestra y dejar **reposar 3 minutos** antes de aplicar la tensión de prueba
- Realizar un rompimiento por muestra en 5 muestras dejando reposar 1 minuto antes de efectuar la ruptura

	Digitalización: MANUAL DE PUESTA EN SERVICIO	Enero-2007
	PUESTA EN SERVICIO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA DE 10MVA Y MAYORES CON TENSION DE 115Kv Y MAYORES PROCEDIMIENTO CFE-MPSE0-04	Rev. Ag-92 MEXICO

- Calcular el **promedio de los cinco rompimientos y también la consistencia estadística** como sigue:

$$\bar{X} = 1/5 \sum_{i=1}^{i=5} X_i$$

$$S = \sqrt{1/2 \left[\sum_{i=1}^{i=5} X_i^2 - 5\bar{X}^2 \right]}$$

donde:

$\bar{X}$ = valor medio de los cinco rompimientos

X_i = i-avo tensión de rompimiento

S = desviación estándar

- La desviación estándar permite evaluar el valor de rompimiento (ver criterios de aceptación)
- Si no cumple con lo anterior, proceder como sigue:
Calcule el rango de los cinco rompimientos:

RKV = (máxima tensión de rompimiento – mínimo valor de rompimiento) X 3

Debe usarse el criterio de RKV > NLKV

- Si no cumple el criterio anterior, la copa debe vaciarse y llenarse de aceite nuevo haciendo cinco rompimientos a intervalos de 1 minuto

El promedio de los diez (10) rompimientos debe ser considerado como el valor de rompimiento dieléctrico del aceite

Para pruebas de mantenimiento refiérase a la norma ASTM D877

g. Perdidas Dieléctricas del aceite (FACTOR DE POTENCIA – Tang DELTA)

i. Preparativos

- Preparar equipo de prueba
- Preparar hoja de reporte de pruebas según tensión
- Limpiar los electrodos con un trapo seco, limpio y libre de pelusas
- Evitar el contacto con los dedos a los electrodos
- Llenar la copa de aceite a ¾ del tope final
- Conecte la copa según la figura del formato

ii. Medición

La tensión de prueba debe ser mayor a **200V/mm rms** del espaciamiento entre electrodos. **Un valor adecuado es utilizar 1200V/mm rms, de acuerdo a ASTM 924**

Para copa de prueba del tipo **Doble, probar a tensiones de 2.5 a 10kV**

Tomar las lecturas de perdidas de acuerdo al equipo utilizado y calcular el ángulo de perdidas

	Digitalización: MANUAL DE PUESTA EN SERVICIO	Enero-2007
	PUESTA EN SERVICIO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA DE 10MVA Y MAYORES CON TENSION DE 115Kv Y MAYORES PROCEDIMIENTO CFE-MPSE0-04	Rev. Ag-92 MEXICO

Corregir el valor del ángulo de pérdidas, tomar el factor de corrección de la tabla adjunta:

$$Fp_{20^{\circ}C} = (Fp_t) / K$$

donde:

$$Fp_{20^{\circ}C} = \text{factor de potencia corregido a } 20^{\circ}C$$

$$Fp_t = \text{factor de potencia medido a la temperatura } t$$

$$K = \text{factor de corrección segun tabla adjunta}$$

TABLA DE FACTOR DE CORRECCION K	
Temperatura de prueba t°C (t)	Factor de corrección k a 20°C
10	0.80
15	0.90
20	1.00
25	1.12
30	1.25
35	1.40
40	1.55
45	1.75
50	1.95
55	2.18
60	2.42
65	2.70
70	3.00

h. Prueba de Corriente de Excitación

i. Preparativos

- Desconectar el transformador, liberando terminales de alta y baja tensión
- Desconectar el neutro
- Tomar dato de posición de la derivación (Tap en vacío – LTC y Tap Bajo Carga – OLTC) en el que se encuentra el Transformador
- Preparar hoja de reporte de pruebas
- Seleccionar el esquema de conexión a usar, según se muestra en los formatos
- Tomar las medidas de seguridad convenientes
- Preparar equipo de prueba

ii. Medición de corriente de excitación

- Medir en **posición UST**, la corriente o los MVA en cada derivación y fase del Transformador (**no medir los Watts o miliWatts**)
- Utilizar solo el circuito de prueba de rutina

	Digitalización: MANUAL DE PUESTA EN SERVICIO	Enero-2007
	PUESTA EN SERVICIO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA DE 10MVA Y MAYORES CON TENSION DE 115Kv Y MAYORES PROCEDIMIENTO CFE-MPSE0-04	Rev. Ag-92 MEXICO

Medición de Corriente de Excitación (I_e) en Transformador Monofasico I_e = corriente de excitación UST = espécimen no aterrizado			
I_e	ENERGIZAR	UST	FLOTANDO
$H_1 - H_2$	H_1	H_2	X_1X_2
$H_2 - H_1$	H_2	H_1	X_1X_2

Medición de Corriente de Excitación (I_e) en Transformador conectado en estrella (PRUEBA DE RUTINA) I_e = corriente de excitación UST = espécimen no aterrizado				
I_e	ENERGIZAR	UST	FLOTANDO	ATERRIZAR
$H_1 - H_2$	H_1	H_0	$H_2H_3, X_1X_2 X_3$	+
$H_2 - H_0$	H_2	H_0	$H_1H_3, X_1X_2 X_3$	+
$H_3 - H_0$	H_3	H_0	$H_1H_2, X_1X_2 X_3$	+
+ Si baja es ESTRELLA aterrizar X_0				

Medición de Corriente de Excitación (I_e) en Transformador conectado en estrella (PRUEBA CRUZADA) I_e = corriente de excitación UST = espécimen no aterrizado				
I_e	ENERGIZAR	UST	FLOTANDO	ATERRIZAR
$H_0 - H_1$	H_0	H_1	$H_2H_3, X_1X_2 X_3$	+
$H_0 - H_2$	H_0	H_2	$H_1H_3, X_1X_2 X_3$	+
$H_0 - H_3$	H_0	H_3	$H_1H_2, X_1X_2 X_3$	+
+ Si baja es ESTRELLA aterrizar X_0				

Medición de Corriente de Excitación (I_e) en Transformador conectado en delta (PRUEBA DE RUTINA) I_e = corriente de excitación UST = espécimen no aterrizado				
I_e	ENERGIZAR	UST	FLOTANDO	ATERRIZAR
$H_1 - H_2$	H_1	H_2	$X_1X_2 X_3$	$H_3, +$
$H_2 - H_3$	H_2	H_3	$X_1X_2 X_3$	$H_1, +$
$H_3 - H_1$	H_3	H_1	$X_1X_2 X_3$	$H_2, +$
+ Si baja es ESTRELLA aterrizar X_0				

	Digitalización: MANUAL DE PUESTA EN SERVICIO	Enero-2007
	PUESTA EN SERVICIO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA DE 10MVA Y MAYORES CON TENSION DE 115Kv Y MAYORES PROCEDIMIENTO CFE-MPSE0-04	Rev. Ag-92 MEXICO

i. Protecciones Eléctricas

a) Protección por sobretensiones (Pararrayos)

Preparativos

- Desconectar el pararrayo de la línea
- Limpiar el polvo y substancias extrañas (pinturas, yeso, etc.)
- Preparar hoja de reporte

Prueba de Aislamiento

- **Medir las perdidas dieléctricas y las perdidas totales**
- **No calcular el ángulo de perdidas** por ser un dispositivo no lineal y lo que resulta son ángulos de perdidas muy grandes sin mostrar información
- Comparar con los resultados del Fabricante y con otros de la misma marca
- **El Pararrayo se prueba completo** (con todas las secciones) si desea obtener datos de partes individuales use los procedimientos aplicables para la prueba de estos equipos.

b) Protección Diferencial (87T)

Preparativos

- Comprobar la operación y calibración del rele según el procedimiento
- Comprobar los cálculos de ajuste según el procedimiento
- Verificar que los ajustes de los circuitos de restricción del alta y baja tensión están colocados adecuadamente

Pruebas de Puesta en Servicio

- Comparar la polaridad, relación y clase de precisión de los transformadores de corriente según el procedimiento
- Con la conexión del transformador a proteger en los resultados del punto anterior, dibujar un esquema de corriente entrando y saliendo de los circuitos de restricción. Recordar la compensación de 30° si el transformador es Delta-Estrella; comprobar esta conexión en el campo
- Probar la continuidad y resistencia de aislamiento de los cables de conexión que unen los secundarios de los TC's con el rele
- Comprobar la conexión correcta del rele por medio de un "faseado" de corriente en el rele según se detalla en el procedimiento
- Probar las señales de alarma y bloqueo de los interruptores que se involucren en la protección

c) Protección de Respaldo

Preparativos

- Comprobar la operación y calibración del rele según el procedimiento
- Comprobar los cálculos de ajuste según el procedimiento

Pruebas de Puesta en Servicio

- Usar el esquema de prueba propuesto en **ANSI/IEEE C37.103**
- Realizar inyección primaria y/o secundaria de corriente y medir la corriente que circula por el rele de protección

	Digitalización: MANUAL DE PUESTA EN SERVICIO	Enero-2007
	PUESTA EN SERVICIO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA DE 10MVA Y MAYORES CON TENSION DE 115Kv Y MAYORES PROCEDIMIENTO CFE-MPSE0-04	Rev. Ag-92 MEXICO

- Probar las señales de alarma, disparo y bloqueo de los interruptores que se involucren en el esquema del rele de protección

d) Protección por presión súbita

Preparativos

- Verificar la operación de la protección mecánica antes de instalarlo y de acuerdo con el instructivo del Fabricante
- En caso de encontrarse ya instalado, abatir el nivel de aceite, desmontar y probar

Pruebas de Puesta en Servicio

- Probar su señal de disparo o alarma en el tablero de control

e) Protección por acumulación de gases (Buchholz)

Preparativos

- Verificar la operación de la protección mecánica antes de instalarlo y de acuerdo con el instructivo del Fabricante
- En caso de encontrarse ya instalado, abatir el nivel de aceite, desmontar y probar
- Verifique que la flecha que tiene impresa este orientada hacia el tanque conservador

Pruebas de Puesta en Servicio

- Probar su señal de disparo o alarma al tablero de control
- Liberar el aire atrapado por medio de la purga del mismo

f) Protección por sobretemperatura de aceite y devanados

Preparativos

- Comprobar la operación de estos instrumentos con aceite caliente y elaborar un reporte con valores de ajuste (ver criterio de ajuste por el Fabricante)
- En los termómetros de imagen térmica calcular el ajuste del transformador auxiliar con el criterio de ajuste del Fabricante y en el reporte de prueba de temperatura efectuada en Fabrica

Pruebas de Puesta en Servicio

- Comprobar la operación de los circuitos de control de bombas de aceite y ventiladores
- Verificar las señales de alarma y disparo al cuarto de control
- Cuando tome carga el transformador tomar lecturas de temperatura hasta que estabilice, **con cargas de 25, 50 y 100% según ANSI C57.92**
- Comprobar la operación en automático de bombas de aceite y ventiladores
- En Transformadores que tengan indicación de temperatura remota, probar el RTD o termopar, según la clase de cada sensor y comprobar que la indicación del instrumento remoto sea la misma que esta leyendo.

g) Alarmas

Comprobar que las siguientes alarmas aparezcan en el Cuarto de control: bajo nivel de aceite – alta temperatura de devanados – alta temperatura de aceite – operación Buchholz primera etapa – falla en circuito control de enfriamiento – otros (especificar).

	Digitalización: MANUAL DE PUESTA EN SERVICIO	Enero-2007
	PUESTA EN SERVICIO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA DE 10MVA Y MAYORES CON TENSION DE 115kV Y MAYORES PROCEDIMIENTO CFE-MPSE0-04	Rev. Ag-92 MEXICO

7. ANALISIS DE RESULTADOS – CRITERIOS PARA ACEPTACION

Resistencia de aislamiento del núcleo	Una resistencia de 1000 Megaohms es aceptable para transformadores nuevos, comprobar con el valor obtenido durante la inspección en fabrica						
Resistencia Ohmica de devanados con CD	Una desviación de + - 2% con respecto a las medidas en fabrica es permisible						
Relación de Transformación	Una diferencia de + - 0.5% con respecto a su relación teórica es permisible						
Resistencia de Aislamiento de devanados	Comparar sus datos leídos con los del fabricante a la misma tensión de prueba que se uso en Fabrica						
Perdidas dieléctricas del Aislamiento (Factor de potencia – Tang. Delta)	Comparar sus datos obtenidos con el reporte de prueba de Fábrica. Se recomienda que el ángulo de perdidas dieléctricas de aislamiento de los devanados sea menor a 0.5% corregido a 20°C						
Perdidas dieléctricas de Boquillas (bushing's) (Factor de potencia – Tang. Delta)	La capacitancia de las boquillas (bushing's) no debe variar + - 0.2% de los valores obtenidos en fabrica . Si no se tiene el reporte de Fabrica, comparar la boquilla (bushing) probada con otras de características similares y del mismo Fabricante; como regla general use lo siguiente: <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">% de perdidas a 20°C</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Boquillas (bushing's) capacitivos y llenos de aceite</td><td>0.2 a 0.5</td></tr> <tr> <td>Boquillas (bushing's) llenos de compound</td><td>0.5 2.5</td></tr> </tbody> </table>	% de perdidas a 20°C		Boquillas (bushing's) capacitivos y llenos de aceite	0.2 a 0.5	Boquillas (bushing's) llenos de compound	0.5 2.5
% de perdidas a 20°C							
Boquillas (bushing's) capacitivos y llenos de aceite	0.2 a 0.5						
Boquillas (bushing's) llenos de compound	0.5 2.5						
Pruebas de collar caliente a Boquillas (Bushing's)	Se deben evaluar por comparación , medir lo mismo en otras boquillas (bushing's) de la misma marca y comparar. Una desviación de 1% de la lectura debe investigarse , si tiene dudas haga mas pruebas en otros faldones para encontrar fisuras o bajo nivel de aceite						
Rigidez dieléctrica del Aceite Aislante	Para electrodos ASA (ASTM D877) 30kV aceptables como mínimo Para electrodos VDE (ASTM D1816) 28kV aceptables como mínimo.						
Angulo de pérdidas dieléctricas de aceite aislante (Tang. Delta)	Un valor de 0.05% a 20oC es aceptable para aceites nuevos Un valor de 0.3% a 100% es NO aceptable para aceites nuevos						
Corriente de excitación (con tensión reducida)	En transformadores monofasicos las corrientes obtenidas deben ser las mismas o comparar en pruebas hechas anteriormente en fábrica , de cada transformador en particular. En transformadores trifásicos los resultados registrados en cada fase deben ser comparados. Un criterio a seguir es: Dos corrientes similares y una mas baja La corriente mas baja generalmente es H₂-H₀ para un transformador conectado en estrella y H₁-H₂ para una conexión delta						
Prueba dieléctrica de Pararrayos	El ingeniero de pruebas puede hacer su análisis de las perdidas obtenidas en unidades similares, probadas al mismo tiempo y bajo las mismas condiciones . Una vez que el rango e perdidas se ha establecido, cualquier desviación ya sea mayor o menor, debe ser investigada						
Faseo de Protección Diferencial	Dibuje sus fasores de corriente en el formato y comprobar la corriente en cada fase, y que pase por el circuito de restricción de cada fase individual, con la conexión apropiada del fasometro: estas estén a 180 + - 5° una con otra.						
Energizacion	Si es posible, energizar el transformador llevándolo desde una baja tensión hasta su tensión nominal. Mantenerlo a la tensión nominal y sin carga por lo menos 8 horas. Probar la purga de gas y verificar que no exista oxigeno y gas combustible. Observar el transformador cuidadosamente, en particular medir el ruido generado y vibración, según ANSI/IEEE C57.12.90 . Observar también áreas de temperaturas criticas Después de tomar carga, observar su estabilización de temperatura y después de varios días probar nuevamente el aceite para detectar humedad, oxigeno disuelto, bióxido de carbono y gas combustible. Enviar muestra al laboratorio de aceites aislantes						