
Mantenimiento Preventivo Subestaciones

TRANSFORMADOR ACEITE 45 kV

INDICE

A.OBJETO	3
B.NORMATIVA APLICABLE	4
C.MATERIAL NECESARIO	6
D.ESTRUCTURA DISYUNTOR	7
E.MEDIDAS DE SEGURIDAD	9
F.DESARROLLO	10
G.MAPA TPL	34

A. OBJETO

Este manual establece el procedimiento para el **mantenimiento preventivo de los transformadores de aceite de 45 kV** existentes en las subestaciones de tracción de Metro de Madrid.

En ella se describen los elementos a revisar así como los procedimientos a seguir.

B. NORMATIVA APLICABLE

Normativa de ámbito general

- REAL DECRETO 773/1997, de 30 de mayo. Guía técnica para la utilización por los trabajadores de Equipos de Protección Individual.

Normativa Interna Metro Madrid

- Instrucción General IG-06. Normas Generales para Trabajos con Riesgo Eléctrico.
- Instrucción Técnica IT-UMI-ENE-3020. IT3: Señalización de Seguridad para Trabajos en Subestaciones y Centros de Transformación.
- Instrucción Operativa IOP-35. Trabajos con riesgo eléctrico en subestaciones y estaciones transformadoras.

Normativa Particular/Manuales

- ABB. Manual del usuario. Operación y mantenimiento de Transformadores de Potencia (Número de documento: 1ZCL000002EG).
- ABB. Guía de reparación. Cambiador de tomas en carga, tipo UBB (Número de documento: 1ZSE 5492-130 es, Rev. 4).
- ABB. Guía de mantenimiento. Cambiador de tomas en carga, tipo UBB (Número de documento: 1ZSE 5492-127 es, Rev. 5).
- ABB. Unidad de filtro de aceite para cambiadores de tomas de carga (Número de documento: 1ZSEC000562-AAA es, Rev. 2).

-
- ABB. Lista de repuestos. Cambiador de tomas en carga, tipo UBB (Número de documento: 1ZSE 5492-134 es, Rev. 4).
 - OASA Transformadores. Instrucciones generales. (Instrucción: 90.M.001).
 - SCHNEIDER ELECTRIC (FRANCE TRANSFO). Mantenimiento de transformadores de potencia en baño de aceite.
 - MR. Cambiador de tomas bajo carga tipo V. Instrucciones de servicio BA 081/05 ES 06/10 F0002803.

NOTA: Se ha listado la normativa aplicable con fecha 1 de marzo de 2016, será de aplicación a este manual de mantenimiento cualquier modificación posterior sobre dicha normativa, así como cualquier nueva norma publicada, de ámbito general o interno, con repercusión sobre el mantenimiento de las subestaciones eléctricas de Metro de Madrid.

C. MATERIAL NECESARIO

- Equipos de Protección Individual, conforme al REAL DECRETO 773/1997, de 30 de mayo. Serán necesarios **equipos de protección individual trabajos en altura**.
- Cartelería Señalización trabajos, según documentos Instrucciones Operativas IOP-35 e IT-UMI-ENE-3020. IT3: Señalización de Seguridad para Trabajos en Subestaciones y Centros de Transformación.
- Herramientas y materiales:
 - Juego ordinario de llaves fijas (métricas hasta 36 mm).
 - Juego ordinario de llaves de vaso (hasta 18 mm).
 - Juego llaves dinamométricas
 - Juego ordinario de destornilladores.
 - Medidor de aislamiento (Megger >1.000V).
 - Polímetro.
 - Bomba de aire con manómetro (0-200kPa = 0-2 bar = 0-29 psi) y conexión macho roscada R 1/8".
 - Puente eléctrico.
 - Equipo RAPTOR o maleta inyectar corriente.
 - Silicagel
 - Aceite dieléctrico
- Productos engrasadores y de limpieza:
 - Papel de limpieza.
 - Paños secos y limpios.
 - Cepillo.
 - Plumero.
 - Agua o amoníaco.
 - Bicarbonato sódico.
 - Mascarilla productos químicos (Mat. 020676 y 020674)
 - Garrafa recogida de aceite

D. ESTRUCTURA DISYUNTOR

El transformador de aceite consta de los siguientes componentes (Figura 1).

1. Núcleo.
2. Devanados.
3. Bornas AT y BT.
4. Cuba.
5. Sistema de refrigeración (aletas o radiadores)
6. Tanque conservador o depósito de expansión.
7. Relé Buchholz, con dispositivo de detección de gases ubicado a la altura del hombre.
8. Medidor de nivel.
9. Medidor de temperatura.
10. Desecante silicagel.
11. Cambiador de tomas automático.

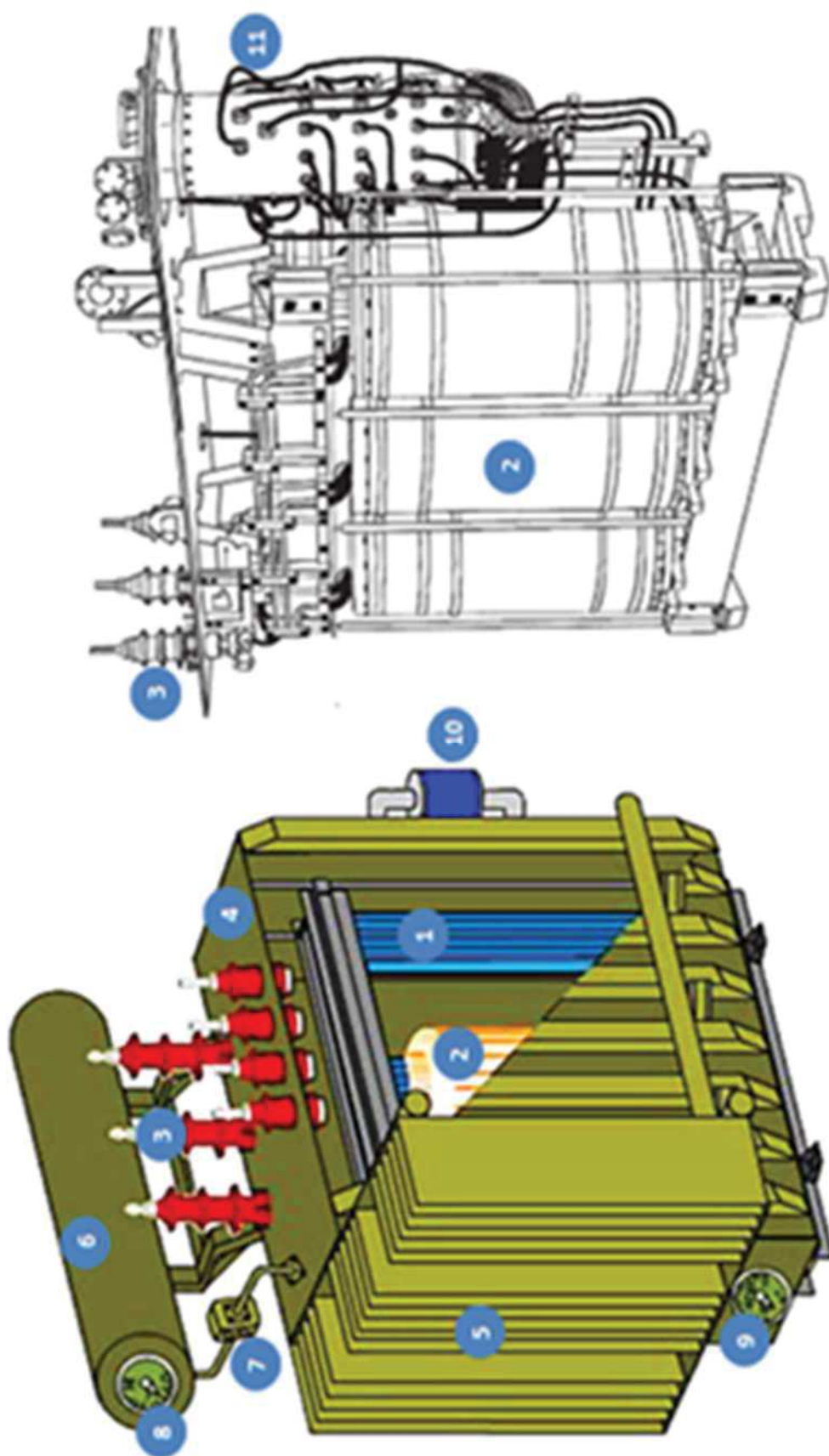


Figura 1. Estructura General Transformador Aceite

E. MEDIDAS DE SEGURIDAD

PELIGRO DE TENSION:

No manipular nunca las partes activas del transformador hasta que el circuito de tensión esté desconectado y se haya asegurado la puesta a tierra en sus dos extremos.

El acceso al cubículo en el que se encuentra el transformador de aceite de 45 kV no requiere dejar fuera de servicio el equipo, pero sí será necesario hacerlo en caso de que se realicen trabajos en las proximidades de las partes activas del mismo.

F. DESARROLLO

Se relacionan a continuación las operaciones de mantenimiento preventivo incluidas en la revisión de los transformadores de aceite de 45 kV:

1. Desconectar transformador	
2. Limpieza y control corrosión	
2.01	Verifique signos de corrosión y estado pintura
2.02	Limpieza
3. Estado estructural y aprietes	
3.01	Placa de características
3.02	Comprobación estado de los anclajes
3.03	Comprobar conexiones a tierra
3.04	Control estado estructural
4. Estado aceite	
4.01	Nivel de aceite
4.02	Fugas aceite
5. Ensayos de funcionamiento	
6. Puesta en marcha	

1. Desconectar transformador

Realizar la maniobra de desconexión del transformador según Instrucción Operativa IOP-35. “Trabajos con riesgo eléctrico en subestaciones y estaciones transformadoras”.

Tras la desconexión, haga lo siguiente:

1. Bloquee la extinción por agua nebulizada únicamente del transformador en el que se vaya a trabajar.
2. **Desconecte el equipo SERGI** en caso de que se disponga de él. Esta operación es **MUY IMPORTANTE**, ya que en caso de no hacerlo, una falsa señal durante las operaciones de mantenimiento podría provocar la actuación de este equipo provocando serios daños al transformador.

2. Limpieza y control corrosión

2.01

Verifique signos de corrosión y estado pintura

2.02

Limpieza

2.01

Verifique signos de corrosión y estado pintura

Verifique que no existen signos de corrosión o descargas parciales en ninguno de los elementos que componen el transformador, sus aisladores, o elementos auxiliares. En caso de encontrar algún signo de ese tipo, proceda a eliminarlo y preste especial atención al apartado de “Ensayo relé protección de cuba” para comprobar que estas anomalías no son causadas por medidas de aislamiento bajas.

Observe que la pintura se encuentre en buen estado en todo el exterior del transformador, el regulador de tomas automático (si dispone de él) y en el equipo SERGI (si dispone de él).

Realice la limpieza general de las superficies de los diferentes dispositivos mediante un paño suave y seco.

Preste especial atención a la limpieza del polvo y suciedad que se acumula en los siguientes elementos:

- Radiadores, especialmente en la zona de unión entre las aletas y los tubos colectores.
- Bornas y aisladores de AT y BT. Limpie con la ayuda de un plumero y un trapo las bornas y aisladores del transformador. Si existe excesivo polvo se debe efectuar una limpieza de las bornas con agua o amoníaco. Después de la limpieza, las partes de porcelana deben neutralizarse con agua que contenga bicarbonato de sodio en una proporción de 30 gramos por litro. Tras la limpieza, secar y eliminar restos de humedad que pueda provocar daños
- Pletinas de conexionado.
- Cables de potencia y sus aisladores.
- Parte superior del transformador.
- Caja conexiones auxiliares.

Realice la limpieza de los accesorios complementarios como la placa de características, transformadores de intensidad, silicagel, valvulería, rejillas de respiración y ventilación, soportes, guías, caja de conexiones para sonda de temperatura, relé de protección Buchholz, puestas a tierra, medidores de nivel de aceite y temperatura, etc.

En caso de disponer de ellos, realice la limpieza exterior del regulador automático de tomas y del cuadro de relés del equipo SERGI.

3. Estado estructural y aprietes	
3.01	Placa de características
3.02	Comprobación estado de los anclajes
3.03	Comprobar conexiones a tierra
3.04	Control estado estructural

3.01	Placa de características
-------------	---------------------------------

Compruebe la existencia o no de la placa de características en el transformador e indíquelo en el punto de medida habilitado al efecto: “¿TIENE PLACA DE CARACTERÍSTICAS?”.

Valores posibles: SI / NO

3.02	Comprobación estado de los anclajes
-------------	--

Compruebe el buen estado de los anclajes (topes) de las ruedas del transformador, indique el resultado de su comprobación en el punto de medida habilitado al efecto: “COMPROBAR ANCLAJE TRANSFORMADOR”.

Valores posibles: BIEN / MAL

3.03

Comprobar conexiones a tierra

Verifique el correcto estado de la puesta a tierra de los cuadros de control o regleteros. Debe comprobarse el apriete de estas conexiones y el correcto estado del conductor de cobre (Cu) en todo su recorrido. En caso de un mal estado, indique “SI” en el punto de medida habilitado al efecto “¿NECESARIO REPARAR CONDUCTOR COBRE?”.

Valores posibles: SI / NO

3.04

Control estado estructural

1. Compruebe el correcto estado estructural del transformador en todo su conjunto, revisando que los **radiadores, cuba y depósito de expansión** no disponen de deformaciones ni fugas de aceite. Prestar especial atención en las zonas más críticas, como son las costuras de soldadura, la base de la cuba y las juntas de unión entre los radiadores y la cuba.
2. Verifique, si dispone de ellas, que las **llaves de paso** (valvulería) entre los radiadores y la cuba funcionan correctamente. Proceda a cerrarlas y abrirlas con la ayuda de una llave de vaso o una llave inglesa **RECUERDE QUE DEBEN QUEDAR ABIERTAS.**

3. Verifique, si dispone de ella, que la **válvula de cierre del depósito de expansión** funcione correctamente. Proceda a abrirla y cerrarla. Esta válvula, como norma general, debe situarse entre el depósito de expansión y el relé Buchholz. **RECUERDE QUE DEBE QUEDAR ABIERTA**
4. Sustituya el **silicagel** y compruebe el nivel de aceite del depósito de silicagel, en caso necesario rellénelo con aceite dieléctrico.



Figura 2. Deposito aceite silicagel

5. Compruebe que los **transformadores de intensidad de las protecciones de cuba y neutro** se encuentran en correcto estado estructural. No deben presentar grietas ni quemaduras.

6. Compruebe el correcto **estado de las bornas y aisladores de AT y BT.**

- Verifique que no hay daños menores o fisuras.
- Observe que las bornas y aisladores no tengan fugas de aceite. En caso de fuga verifique el correcto apriete de la zona afectada. Pares de apriete máximo: 250 Nm AT y 100 Nm BT.
- Purga de los terminales (aisladores de AT y BT). Use un destornillador de cabeza plana para abrir la válvula de drenaje (figura 3) y un trapo seco y limpio para evitar ensuciar el aislador. Una vez se haya evacuado el aire y comience a salir aceite, vuelva a cerrar la válvula. Este procedimiento se debe realizar en todos los aisladores.



Figura 3. Purga terminales cerámicos AT / BT

En caso de haber encontrado daños, fisuras o fugas no solucionadas en los aisladores cerámicos, indique “MAL” en el punto de medida habilitado al efecto: “¿ESTADO AISLADORES CERAMICOS AT Y BT?”.

Valores posibles: BIEN / MAL

7. Verifique el correcto estado de los **terminales y aisladores de los cables**, no deben de presentar grietas, quemaduras o deformaciones. En caso de encontrarse en mal estado comuníquelo a su mando.

Compruebe el correcto apriete entre los terminales de los cables y el terminal de las bornas del transformador (figura 4).

VALORES CALCULADOS DE PAR DE APRIETE, CARGA DE ROTURA Y LÍMITE ELÁSTICO

	Clase de resistencia	M3	M4	M5	M6	M8
Par de Apriete Recomendado (Nm)	80	1,2	2,7	5,4	9,3	22
	70	0,9	2	4,1	7	17
Carga de Trabajo (KN)	80	2	3,4	5,5	7,8	14,3
	70	1,5	2,6	4,2	5,9	10,7
Carga de Rotura (KN)	80	4	7	11,3	16,1	29,2
	70	3,5	6,1	9,9	14	25,8
Limite Elástico (KN)	80	3	5,3	8,5	12	21,9
	70	2,2	3,9	6,4	9	16,4

	Clase de resistencia	M10	M12	M14	M16	M20
Par de Apriete Recomendado (Nm)	80	44	76	121	187	364
	70	33	57	91	140	273
Carga de Trabajo (KN)	80	22,6	32,8	44,8	61,2	95,5
	70	17	24,7	33,7	46,9	71,7
Carga de Rotura (KN)	80	46,6	67,4	92	125,6	196
	70	40,6	59	80,5	109,9	171,5
Limite Elástico (KN)	80	34,8	50,5	69	94,2	147
	70	26,1	37,9	51,8	70,6	110,4

Figura 4. Aprietes terminales cables-transformador

8. Verifique el correcto estado de la **válvula de sobrepresión**. En caso de disponer de ella, la válvula de sobrepresión está situada en la parte superior de la cuba, tal y como se muestra en la (figura 5).

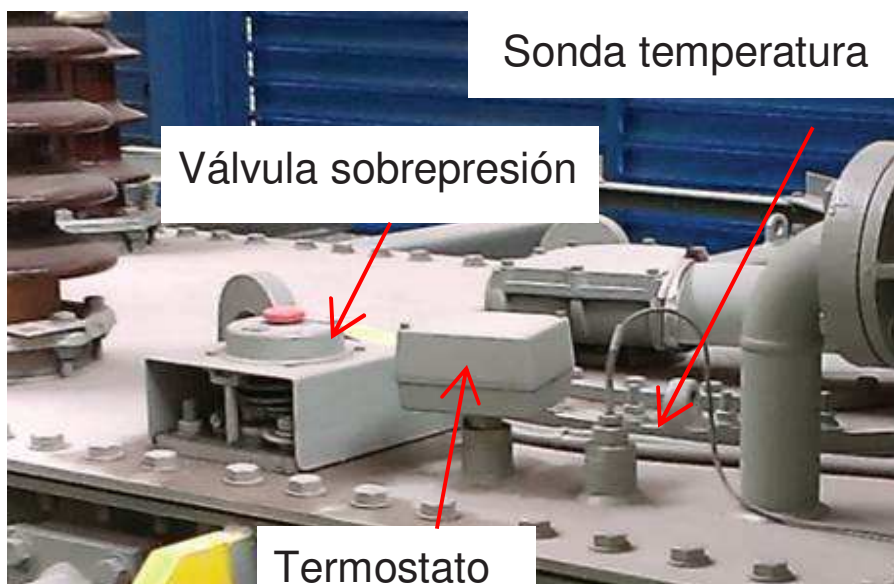


Figura 5. Válvula Sobrepresión, Sonda Temperatura y Termostato

9. Verifique el correcto estado del **termómetro**. Normalmente se encuentra a un nivel visualmente accesible, junto al silicagel y el recuperador del relé Buchholz (figura 6).



Figura 6. Termómetro

4. Estado Aceite

4.01 Nivel de aceite

4.02 Fugas aceite

4.01 Nivel de aceite

Verifique el nivel de aceite a través del nivel magnético de aceite instalado en el depósito de expansión (figura 7).



Figura 7. Nivel magnético de aceite

Indique el resultado de su observación en el punto de medida habilitado al efecto: “¿NIVEL DE ACEITE?”.

Valores posibles: NORMAL / ALTO / BAJO

4.02

Fugas aceite

Verifique si existen puntos con fugas de aceite. En aquellos puntos en los que encuentren fugas y dispongan de tornillería verifique su correcto apriete.

Indique la zona con fugas, o en caso de no haber indique “NO”, en el punto de medida habilitado al efecto: “INDICAR ZONA FUGA ACEITE”.

Valores posibles: NO / DEPOSITO DE EXPANSIÓN / BORNAS AT / BORNAS BT/ VÁLVULA LLENADO O VACIADO / LLAVES DE PASO / OTROS

5. Ensayos de funcionamiento

Previamente a realizar estos ensayos, es necesario revisar la documentación particular de cada instalación, alarmas y ajustes implementados.

En esta revisión solo se ensayarán las señales propias del transformador.

DISPARO/ALARMA RELE BUCHHOLZ

Verifique las señales de alarma y disparo del relé de protección Buchholz encargado de detectar variaciones bruscas del volumen de gases de aceite. Este equipo se encuentra instalado en el conducto de conexión entre el depósito de expansión y la cuba (figura 8).

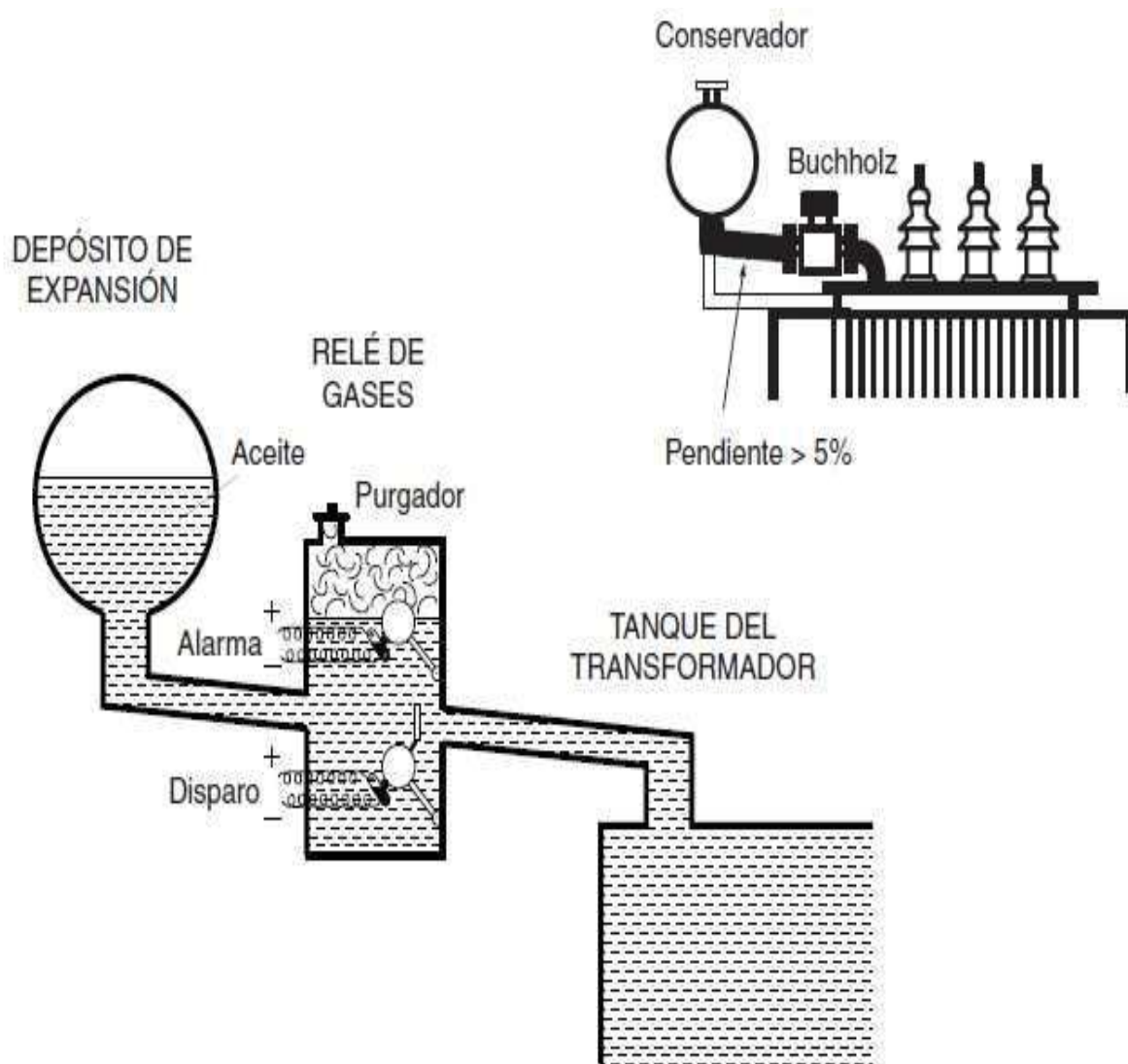


Figura 8. Situación relé Buchholz

Los ensayos se realizarán en el equipo recuperador y tomador de muestras del relé, que se encuentra situado en un punto accesible y a la altura de una persona.

El recuperador consta de los siguientes elementos (figura 9):

- (1) y (2) grifos de conexión con el relé Buchholz para la toma del gas.
- (3) grifo de purga del gas desde el dispositivo.
- (4) grifo de descarga aceite desde el dispositivo.
- (5) válvula de introducción del gas para el ensayo neumático de los circuitos del relé (sólo alarma relé Buchholz).
- (6) o (7) grifos laterales para descargar el aceite del relé. Puede colocarse este grifo indiferentemente en el lado izquierdo o derecho del cuerpo.

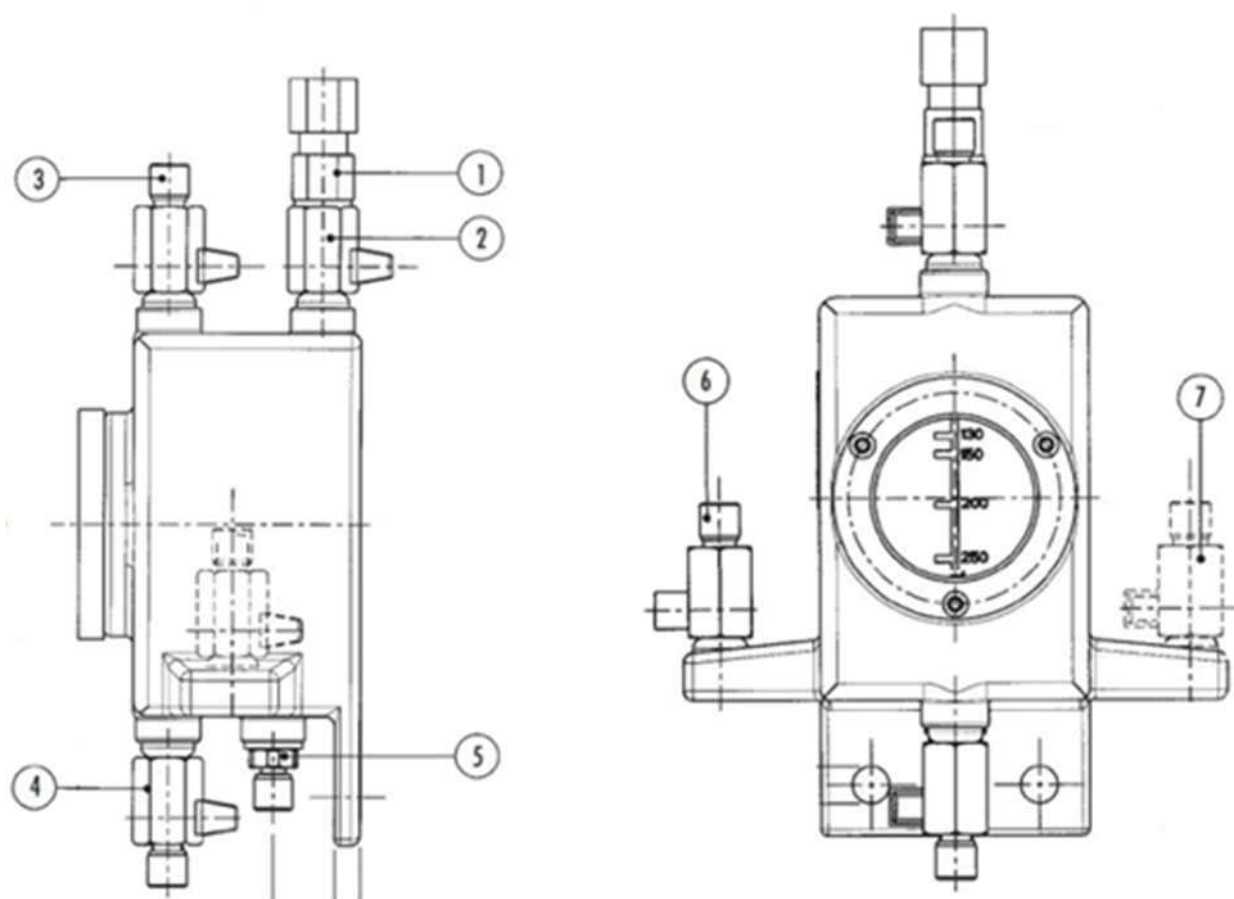


Figura 9. Recuperador / Tomador muestras relé Buchholz

Durante su funcionamiento el conjunto recuperador - relé Buchholz (figura 10) debe estar configurado de la siguiente forma:

- El recuperador debe estar lleno de aceite y conectado con el dispositivo de toma de gas por las tuberías (10) y (11).
- Tener **abiertos** los grifos (8), (2) y (9).
- Tener **cerrados** los grifos (3), (4), (6) y (7). Los grifos 6 y 7 son opcionales y no siempre se encuentran instalados.

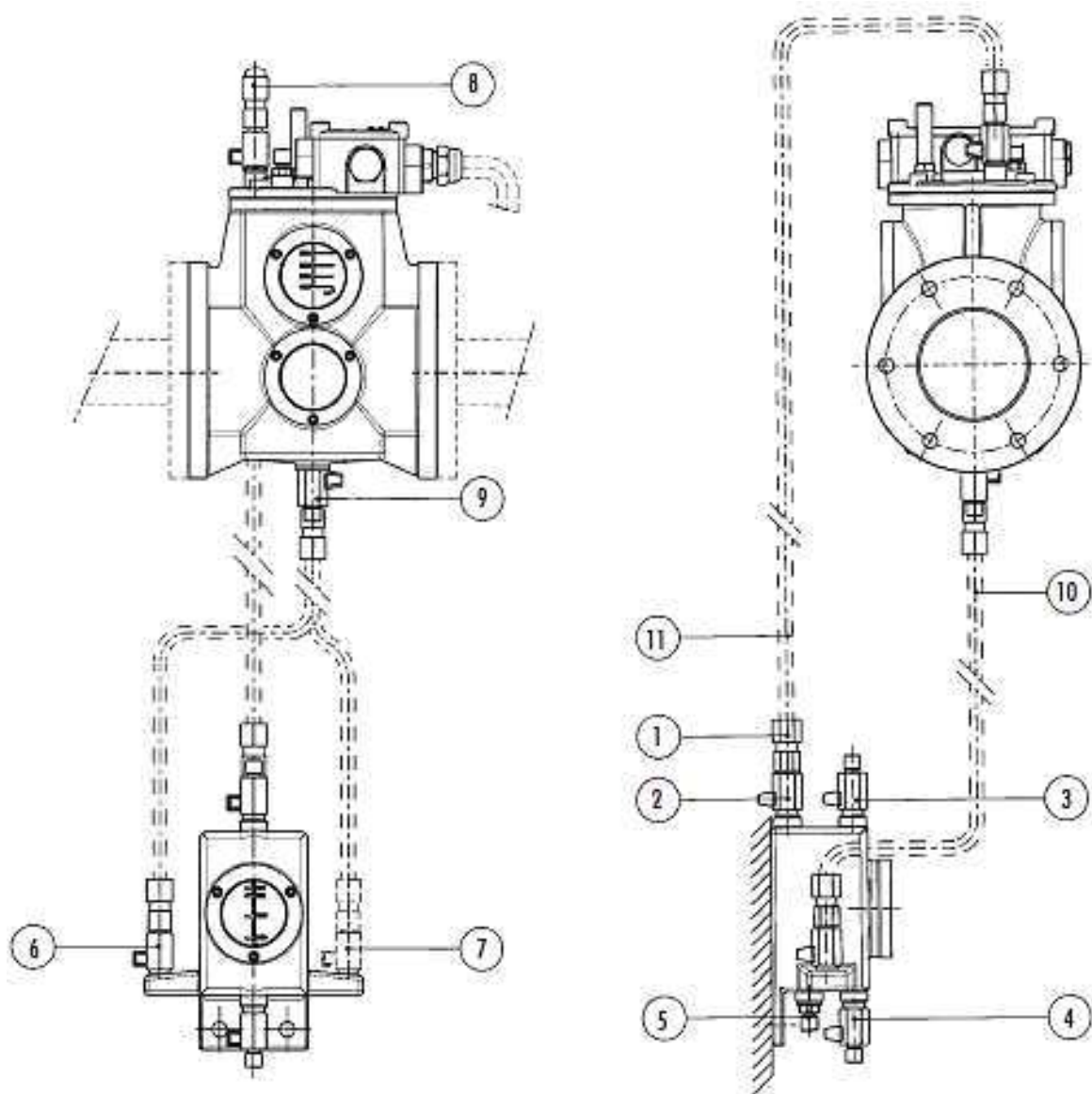


Figura 10. Esquema relé Buchholz y recuperador

Para comprobar el funcionamiento de los circuitos de alarma y disparo del relé Buchholz actúe de la siguiente forma:

CASO 1: SE DISPONE DE VALVULA DE AISLAMIENTO ENTRE EL DEPOSITO DE EXPANSIÓN Y EL RELE BUCHHOLZ

1. Cerrar la válvula situada entre el depósito de expansión y el relé Buchholz.
2. Cerrar el grifo (2).
3. Descargar todo el aceite que hay en el dispositivo, abriendo los grifos (3) y (4).

Al bajar los flotadores, con el consiguiente cierre de contactos, deben generarse las señales de **alarma y disparo** correspondientes.

CASO 2: NO SE DISPONE DE VALVULA DE AISLAMIENTO ENTRE EL DEPOSITO DE EXPANSIÓN Y EL RELE BUCHHOLZ

1. Cerrar el grifo (2)
2. Descargar todo el aceite que hay en el dispositivo, abriendo los grifos (3) y (4)
3. Aplicar una bomba de aire a la válvula (5), cerrando los grifos (3) y (4) y bombear rápidamente abriendo al mismo tiempo el grifo (2). De esta forma, el aire será empujado a través de la tubería (11) y la parte de arriba del relé se llenará, haciendo bajar los flotadores con el consiguiente cierre de los contactos y alarma. **No será posible provocar disparo.**

Indique el resultado de las pruebas efectuadas en el punto de medida habilitado al efecto: “¿FUNCIONAMIENTO RELÉ BUCHHOLZ?”.

Valores posibles: BIEN / MAL

COMPRUEBE QUE TODAS LAS LLAVES DE PASO DEL RELÉ BUCHHOZ QUEDAN CORRECTAMENTE POSICIONADAS PARA SU FUNCIONAMIENTO TRAS LOS ENSAYOS.

- Grifos (8), (2) y (9), ABIERTOS.
- grifos (3), (4), (6) y (7), CERRADOS.
- Válvula situada entre el depósito de expansión y el relé Buchholz, ABIERTA.

DISPARO/ALARMA TEMPERATURA

El termómetro (figura 11) consta de: aguja nivel alarma (1), aguja nivel disparo (2), aguja temperatura del aceite del trafo (3) y regulador (4).



Figura 11. Termómetro

Para simular las señales de alarma y disparo por temperatura, modifique los valores establecidos con ayuda del regulador, hasta llevarlos por debajo de la temperatura a la que se encuentre en ese momento el transformador.

Girando el regulador se mueve la aguja de disparo. Para mover la aguja de alarma es necesario pulsar y girar.

TRAS EL ENSAYO COMPRUEBE QUE TODAS LAS AGUJAS QUEDAN CORRECTAMENTE POSICINADAS PARA SU NORMAL FUNCIONAMIENTO.

DISPARO/ALARMA PROTECCIÓN DE CUBA

(si procede)

Verificar las señales de alarma y/o disparo por protección de cuba. Para ello será necesario:

1. Verificar los ajustes de alarma y disparo definidos para esta protección en el equipo a mantener.
2. Conforme a estos valores, inyectar intensidad en el toroidal destinado a tal efecto, con el equipo RAPTOR o la maleta de inyectar corriente hasta simular la alarma y/o el disparo.



Figura 12. Toroidal protección de cuba

DISPARO/ALARMA PROTECCIÓN DE NEUTRO

(si procede)

Verificar las señales de alarma y/o disparo por protección de cuba. Para ello será necesario:

1. Verificar los ajustes de alarma y disparo definidos para esta protección en el equipo a mantener.
2. Inyectar intensidad, en el toroidal destinado a tal efecto, con el equipo RAPTOR o la maleta de inyectar corriente hasta simular la alarma y/o el disparo.



Figura 13. Toroidal protección de neutro

DISPARO/ALARMA NIVEL DE ACEITE

(si procede)

Verificar las señales de alarma y/o disparo por máximo/mínimo nivel de aceite. En este caso, y solo si es posible, se realizarán las pruebas en el nivel magnético de aceite situado en el depósito de expansión.



Figura 14. Nivel magnético aceite

En caso de que no sea posible deberán puentearse en la caja de control, las bornas destinadas a tal efecto.

SOBREPRESIÓN O MÁXIMA PRESIÓN DE ACEITE

(si procede):

Verificar las señales de alarma y/o disparo por sobrepresión de aceite. Para ello será necesario puentear en la caja de control las bornas destinadas a tal efecto.

DISPARO/ALARMA POR TERMOSTATO

(si procede)

Verificar las señales de alarma y/o disparo por termostato. Para ello será necesario puentear en la caja de control las bornas destinadas a tal efecto.

En el caso de que se detecte alguna anomalía en la ejecución de estos ensayos de funcionamiento, informar al mando para que se tomen las medidas correctoras oportunas.

6. Puesta en marcha

Antes de la puesta en marcha:

1. Realice una **inspección** rápida, prestando especial atención a herramientas y/o materiales que pudieran haber sido dejados alrededor del transformador durante su revisión, especialmente en su parte superior (próximo a las zonas en tensión).

Compruebe que todas las rejillas de ventilación están libres de obstáculos

2. **DESBLOQUEO DE LA EXTINCIÓN.** Verifique que la llave por extinción de agua nebulizada queda en posición de abierta.
3. **CONECTAR EQUIPO SERGI** (si procede).

Poner en servicio el transformador. **Según IOP-35 "SEGURIDAD EN TRABAJOS EN SUBESTACIONES Y ESTACIONES TRANSFORMADORAS".**

G. MAPA TPL

OPERACION		PUNTO DE MEDIDA	VALORES PUNTO DE MEDIDA	OPERACIÓN A DETONAR
1. DESCONECTAR TRANSFORMADOR				
2. LIMPIEZA Y CONTROL CORROSIÓN				
	CORROSIÓN Y ESTADO PINTURA			
	LIMPIEZA			
3. ESTADO ESTRUCTURAL Y APRIETES				
	PLACAS DE CARACTERISTICAS	¿TIENE PLACA CARACTERISTICAS?	SI / NO	REPONER PLACA CARACTERÍSTICAS
	TOPES (ANCLAJES RUEDAS)	ESTADO ANCLAJE TRAFO	BIEN / MAL	REPARAR ANCLAJES
	CONDUCTOR COBRE P.T.	¿NECESARIO REPARAR CONDUCTOR COBRE?	SI / NO	REPARAR CONDUCTOR COBRE PT
	CONTROL ESTADO ESTRUCTURAL	¿ESTADO AISLADORES CERAMICOS AT Y BT?	BIEN / MAL	SUSTITUIR AISLADORES
4. ESTADO ACEITE				
	NIVEL DE ACEITE CUBA	¿NIVEL DE ACEITE?	NORMAL / ALTO / BAJO	REPONGA O VACIE ACEITE
	FUGAS DE ACEITE	INDICAR ZONA FUGA ACEITE	NO / POSIBLES UBICACIONES	REPARAR FUGA ACEITE
5. ENSAYOS FUNCIONAMIENTO				
	PROBAR ALARMAS Y/O DISPAROS	¿FUNCIONAMIENTO RELÉ BUCHHOLZ?	BIEN / MAL	REVISAR RELÉ BUCHHOLZ
6. PUESTA EN MARCHA				