

MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA MT/MT

Pto. Ing. Ruben Marón
Ing. Marcelo Mula
Ing. Juan Pertusso

Este trabajo describe el desarrollo e implantación del nuevo sistema de gestión del mantenimiento de los más de 400 transformadores de potencia MT/MT instalados en la red de distribución de UTE. El sistema está enmarcado en un contexto más amplio que incluye la gestión del mantenimiento de todos los equipos instalados y está siendo desarrollado por personal de UTE.

En el trabajo se presenta la metodología utilizada para la elaboración del sistema que incluye: análisis del modo de falla y sus efectos (AMFE), redacción de los instructivos de trabajo de tareas resultantes, desarrollo de herramientas informáticas, pruebas piloto, capacitación del personal, implantación y seguimiento.

En particular, en el trabajo se presentan las tareas quinquenales de mantenimiento de un transformador, consistentes en una inspección general, la medida de una serie de parámetros y pruebas de las protecciones propias del equipo. A los efectos de facilitar la tarea se desarrolló un software (RIO II) para ser ejecutado en Pocket PC y nuevas funcionalidades del sistema informático existente compatibles con dicho software.

1. ANTECEDENTES

1.1. Proyecto de Mejora de la Gestión del Mantenimiento en UTE-Distribución

Objetivo

El proyecto se inició en el año 2004 a partir de la directiva del Área Distribución (DIS) de mejorar la eficiencia con la cual se realiza actualmente el mantenimiento de las instalaciones, para un mejor aprovechamiento de los recursos, de cara a las exigencias regulatorias y presupuestales y siempre en el marco de un desarrollo sustentable.

Esta iniciativa surge en el contexto de cumplir con las actuales obligaciones a las que se enfrenta la empresa, entre las que se destacan: abastecer la demanda, alcanzar la Calidad de Servicio requerida por la regulación, lograr seguridad de las instalaciones respecto a terceros y al personal propio, y mantener una economía integral empresarial. Esto implica que los costos de explotación se deben alinear con las posibilidades presupuestales, las inversiones deben ser las estrictamente necesarias y a los activos hay que extenderle su vida útil más allá de la prevista en la remuneración del Regulador.

A partir de esto se definen los objetivos generales del proyecto. Por un lado el control de la funcionalidad de las instalaciones buscando bajar las tasas de fallas y por otro alargar la vida útil de las instalaciones buscando la eficiencia económica

Estrategia de mantenimiento

La estrategia abordada por UTE-DIS se basa en un cambio en las actividades tradicionales de mantenimiento que tenían un importante componente de mantenimiento correctivo, hacia una política basada en acciones de mantenimiento preventivo.

El proceso de documentación iniciado ha de servir como base hacia una futura certificación ISO 9001. Toda la documentación que se genere será integrada al Sistema de Calidad, por lo cual deberá ser coherente con la documentación de los procesos en vía de certificación.

Metodología de Trabajo

Se optó utilizar un modelo participativo de trabajo, conformando grupos con especialistas técnicos y operativos para cada tipo de instalación. Se utiliza el Modelo de Mejora Continua, la Metodología de Documentación ISO y los lineamientos de Mantenimiento RCM.

La metodología utilizada involucra las siguientes etapas:

- Analizar el modo de falla de los equipos y de las instalaciones en su conjunto, estableciendo las acciones de control para su gestión.

- Recopilar el mejor conocimiento del personal de DIS, para volcarlos a instructivos que permitan realizar de forma más eficiente las tareas de mantenimiento resultantes.
- Normalizar tareas y procedimientos, asignando los recursos necesarios y adecuados.
- Establecer un plan de mantenimiento que permita alcanzar los objetivos de calidad en forma eficiente.
- Ejecutar el plan de mantenimiento conforme a las metas que se establezcan cumpliendo el presupuesto asignado.
- Registrar, analizar y gestionar el proceso de mantenimiento mediante un sistema de apoyo informático corporativo.

Situación origen

Del diagnóstico inicial efectuado para ver la realidad de partida, se desprenden los siguientes puntos a destacar:

- Falta de mecanismos de evaluación y medición del estado de las instalaciones.
- Baja asignación presupuestal, basada en históricos y no en una planificación real.
- Diversidad de métodos y criterios de mantenimiento en las diferentes unidades de la empresa (falta de estandarización en cuanto a que tareas se hacen, como hacerlas y con que frecuencia).
- Uso no homogéneo de recursos.
- Falta de unificar las mejores prácticas.
- Falta de vínculos de los registros de fallas con los objetos de mantenimiento.
- Inexistencia de sistemas informáticos de gestión de trabajos que permitan registrar el plan a ejecutar, controlar el avance en la ejecución, el control de los recursos, sus costos, etc.

Activos a Gestionar:

La red de Distribución está compuesta básicamente por líneas aéreas y cables subterráneos de Media Tensión (niveles de tensión de 60 kV, 30 kV, 24 kV, 15 kV y 6 kV) y Baja Tensión (niveles de tensión 0.4 kV y 0.23 kV).

A su vez desde esta red se alimentan los centros de transformación (Estaciones MT/MT y Subestaciones MT/BT) donde se transforma la energía entre los distintos niveles de tensión hasta llegar a la adecuada para cada cliente.

Extensión de la red

Líneas aéreas Media tensión	
6 a 24 kV	41.350 km
30 y 60 kV	4.000 km
Total	45.350 km

Centros de transformación y Puestos de Conexión	
Estaciones MT/MT	319
Subestaciones MT/BT	40.723
Total	41.042

1.2. Mantenimiento de Transformadores MT/MT

El parque total de transformadores MT/MT en las diferentes unidades de la empresa es el indicado en el siguiente cuadro:

Transformadores MT/MT	
Norte	86
Este	62
Oeste	70
Centro	100
Montevideo	159
Total	477

La gestión de estos activos a nivel de todo el país está distribuida entre 5 regionales que tienen cierta independencia en cuanto a los recursos materiales y humanos. Esta independencia implica un diferente punto de partida para cada una de ellas, así como que las prácticas y criterios aplicados difieran.

Los objetivos que se buscan entonces están alineados con el Proyecto de Mantenimiento y se pueden resumir en los siguientes:

- Definir acciones de mantenimiento a realizar a partir de un análisis técnico del equipamiento existente en su contexto operacional
- Contar con documentación técnica que describa detalladamente las tareas a realizar.
- Incorporar tecnologías que permitan mejorar el registro de las actuaciones y soporte informático
- Desarrollar rutinas que sean de aplicación de todo el ámbito geográfico de DIS

2. DESARROLLO

La metodología empleada para la implantación de la revisión quinquenal de transformadores MT/MT incluye las siguientes etapas:

- Análisis del Modo de Falla y sus Efectos (en adelante AMFE)
- Redacción de los instructivos de trabajo de tareas resultantes
- Desarrollo de herramientas informáticas
- Capacitación del personal
- Implantación y seguimiento.

El desarrollo de la metodología empleada, incluyendo el estudio del modo de falla de los equipos insumió un total de 2300 horas de trabajo, sin incluir el tiempo dedicado a la formación del personal.

2.1. Análisis del Modo de Falla y sus Efectos (AMFE)

Es un procedimiento usado para analizar las fallas posibles de un equipo y que efecto tienen sobre las funciones que éste debe cumplir. Esta técnica permite mejorar la confiabilidad del ítem indicando las tareas para eliminar o atenuar el efecto de cada falla.

Básicamente consiste en plantear una serie de preguntas sobre un equipo crítico (en este caso transformadores de potencia MT/MT), las cuales se muestran a continuación junto a un ejemplo para una función del transformador:

- ¿Cuales son las funciones en su contexto operacional actual?
 - Función:
 - Transformar energía de un circuito primario a uno secundario en condiciones nominales
- ¿De que forma falla al cumplir esta función?
 - Modo de falla:
 - No transforma energía
 - No transforma energía en condiciones nominales
- ¿Cual es la causa de cada falla funcional?
 - Falla "No transformar energía":
 - Cortocircuito interno
 - Conmutador abierto
 - Existencia de elementos extraños o animales
- ¿Que sucede cuando ocurre cada falla?
 - Efecto "Cortocircuito interno":
 - Pérdida de aislamiento
 - Efectos electrodinámicos
 - Aumento de temperatura

- ¿Que debe ser hecho para prevenir dicha falla?
 - Modo de Control "Cortocircuito interno":
 - Cromatografía del aceite (en forma anual o según ensayos anteriores)
 - Control de gases de Relé Buchholz (al detectar la falla)

En los anexos se incluye el desarrollo completo del AMFE para una función del transformador MT/MT.

Las tareas a desarrollar sobre el transformador serán entonces las que salen de los diferentes modos de control del AMFE y para su definición, periodicidad y responsables se deberá tener en cuenta:

- Para la definición de la tarea es importante registrar si surge en base a la experiencia de los especialistas intervinientes, de informes existentes de eventos ocurridos, de información del fabricante respecto a posibles fallas o de otros motivos.
- Para la periodicidad hay que tener en cuenta el período de evolución de la falla y las consecuencias para la red si esta se manifiesta. En general es determinada en base a la experiencia y puede ser ajustada en función del contexto operacional de cada equipo.
- En el estudio realizado se determina el responsable de cada una de las tareas a realizar, y podrá ser personal de mantenimiento o de operación

Finalmente del AMFE se obtiene un listado de las tareas a realizar, su periodicidad y responsable. Agrupando estas tareas por responsable y por periodicidad se obtienen las órdenes de trabajo definidas para cada acción de mantenimiento sobre el equipo.

Para el caso particular de los transformadores de potencia MT/MT, surgen de este estudio las siguientes acciones de mantenimiento:

- Revisión con frecuencia quinquenal
- Ensayos sobre el aceite dieléctrico con frecuencia anual
- Inspección con frecuencia trimestral
- Inspección con frecuencia anual
- Control previo a la puesta en servicio inicial
- Control previo a la puesta en servicio al modificar la regulación del conmutador

2.2. Instructivos de trabajo y documentos relacionados

Una vez obtenida las tareas a realizar sobre el transformador, es necesario escribir un documento que contenga las instrucciones detalladas para efectuarlas, con el fin de asegurar correctamente su realización y que denominamos instructivo de trabajo.

Este es un medio inminentemente práctico para indicar “cómo” realizar una determinada tarea de mantenimiento que se encuentra dentro de las actividades del proceso.

La confección de los instructivos de trabajo por medio del personal adecuado permite:

- Revisar y discutir las prácticas de mantenimiento usadas en las diferentes unidades de la empresa
- Incorporar requisitos de seguridad, materiales, herramientas, etc.
- Normalizar las mejores prácticas
- Incorporar el cuidado del medio ambiente
- Incluir órdenes de servicio vigentes
- Organizar la información técnica de cada equipo

El tema de la seguridad en su conjunto fue implementado a través de fichas preventivas de seguridad. Cada una de estas fichas abarca un tema en particular (por ejemplo trabajos en estaciones, ensayos, trabajos en altura, etc.). Para la realización de una tarea se elige el conjunto de fichas que aplican a la misma. Si correspondieran requisitos de seguridad particulares para determinado instructivo de trabajo, se incluyen en el mismo.

Por ejemplo para el calentamiento de aceite para la prueba de un termómetro en un transformador en una estación de transformación aplican las fichas preventivas pruebas y ensayos, trabajos con sustancias químicas, trabajos en instalaciones señalizadas, trabajos en subestaciones o estaciones. A su vez el instructivo de trabajo incorpora los requisitos particulares: elementos de protección personal y características del recipiente para calentamiento.

El esquema de un instructivo de trabajo, con la información del contenido de cada punto es:

0. Trámite y revisiones: incluye participantes en la confección del documento y revisiones realizadas
1. Objetivo y ámbito de aplicación
2. Documentos de referencia: son los documentos necesarios o recomendados para la comprensión del instructivo
3. Definiciones y abreviaturas
4. Requisitos de seguridad: sólo los particulares de las tareas involucradas
5. Equipos, herramientas e instrumentos
6. Materiales
7. Desarrollo de las tareas: explicación detallada de la forma de realizarlas
8. Registros: responsable, ubicación y período de archivo
9. Involucrados: son las unidades que tienen que conocer el instructivo
10. Anexos: material adicional para la comprensión o realización de la tarea.

El listado de los instructivos de trabajo que aplica a la revisión de los transformadores MT/MT es el siguiente:

1. Inspección general
2. Inspección de conexiones
3. Detección de cloro en aceite dieléctrico con kit
4. Extracción de muestra de aceite
5. Medida de rigidez dieléctrica del aceite
6. Medida de resistencia de aislamiento e índice de polarización
7. Medida de relación de transformación e índice de conexión
8. Medida de resistencia de bobinados
9. Prueba de imagen térmica y termómetro
10. Prueba de ventilación forzada
11. Prueba de nivel de aceite
12. Prueba de relé Buchholz

Para cada uno de los instrumentos utilizados en los instructivos de trabajo se confecciona una ficha técnica que tiene instrucciones sobre su funcionamiento y sus características.

Una vez confeccionados los instructivos de trabajo se agrupan en un plan de calidad que funciona como un resumen de las tareas a realizar, a la vez que fija su orden de realización, sus responsables, la documentación de cada punto, las características a controlar en cada tarea, valores de referencia y acciones ante desvíos.

En los anexos se incluye un extracto del Plan de Calidad de revisión de transformadores MT/MT.

A efectos de incorporar cambios que puedan surgir de pruebas prácticas, se realizaron pruebas piloto en diferentes unidades de la empresa. Estas consisten en la realización de la revisión de un equipo en la red aplicando los instructivos de trabajo y el plan de calidad desarrollados. El proceso incluye la capacitación previa de la brigada, un seguimiento durante el desarrollo de la prueba y una evaluación final junto con el personal interviniente.

2.3. Desarrollo de herramientas informáticas

Las herramientas informáticas a utilizar fueron desarrolladas por personal propio en base al sistema informático actual de mantenimiento (en adelante ITM) y a un sistema de captura de datos mediante Pocket PC.



El proceso de las acciones de revisión de transformadores es el siguiente:

1. Partiendo de la periodicidad establecida en cada caso, a los efectos de la programación, se genera en el ITM la tarea 15 días antes de la fecha prevista de realización.
2. Se agrupan todas las tareas pendientes asociadas al transformador en un único orden de trabajo, se asigna el personal y la fecha definitiva del trabajo
3. Se exporta la orden de trabajo a la colectora de datos.
4. Se realiza la revisión del transformador, levantando la información en sitio en la colectora de datos, indicando los valores medidos y los trabajos realizados. A su vez la colectora de datos permite generar nuevas tareas y cerrar las que se encuentren pendientes, con un informe técnico en cada caso.
5. Se devuelve la información generada desde la colectora al ITM
6. Se realiza el cierre del orden de trabajo en el ITM

La utilización de la colectora de datos permite bajar los tiempos de registro, mejorando mucho su confiabilidad al eliminar el llenado de planillas y su posterior pasaje informático.

2.4. Capacitación

La capacitación estuvo dirigida a los siguientes puntos básicos: seguridad del personal, instructivos de trabajos, manejo de instrumentos y de herramientas informáticas. En función de ellos se implementaron 3 cursos diferentes: fichas preventivas de seguridad, instructivos de trabajo con 2 módulos (general y medidas) y manejo de herramientas informáticas.



El alcance de los cursos fue a todo el personal para las fichas preventivas y módulo general de los instructivos de trabajo (del orden de 90 personas), y a los jefes de trabajo para el módulo de medidas y herramientas informáticas (del orden de 40 personas). Se dictaron 19 cursos, con un total de 472 horas de curso.

Estas actividades se dictaron en uno de los centros de formación de UTE, siendo los instructores parte del grupo de trabajo que desarrolló los instructivos y procedimientos. Los cursos, en todos los casos cuentan con parte teórica, prácticas en taller y una evaluación final para la aprobación del curso.

Respecto a la respuesta de los participantes, la concurrencia, motivación, disposición y por ende los niveles de aprobación, en general han sido muy buenos. Surgieron muchas consultas referentes al funcionamiento y diseño de los transformadores que iban más allá de los contenidos de los instructivos de trabajo y objetivos del curso. El hecho de tener funcionarios de distintas unidades en un mismo curso, tanto de instructores como de participantes, generó un intercambio de experiencias que enriquecieron y aportaron mucho al curso.

2.5. Implantación y seguimiento

Una vez capacitado el personal involucrado, se procedió a la implantación de las nuevas tareas de revisión de transformadores, mediante la realización de la primera tarea de revisión de transformador en cada unidad de mantenimiento. Esta implantación se realizó a fines del año 2007 en tres de los sectores involucrados y en el primer semestre del año 2008 en los otros dos.

Desde su implantación se han realizado más de 30 revisiones de transformadores, las que han permitido detectar los siguientes problemas:

- Termómetro o imagen térmica con mal funcionamiento o mal conectados
- Nivel de aceite con mal funcionamiento
- Conexiones no adecuadas entre los elementos de protección y las alarmas o interruptores
- Mal funcionamiento del conmutador



3. CONCLUSIONES

Dentro del Proyecto de Mejora de la Gestión del Mantenimiento, la revisión de transformadores MT/MT es la primera etapa que se implanta relacionada con tareas en las Estaciones de Transformación.

Completada entonces la implantación de estas tareas en las diferentes unidades de mantenimiento del país, es posible sacar las siguientes conclusiones:

- La metodología de trabajo empleada implica una fuerte participación del personal que realiza las tareas en las etapas de estudios técnicos y desarrollo de procedimientos, lo que significa una facilidad a la hora de implantar por el conocimiento previo que tienen del trabajo y su desarrollo.
- Todas las tareas incluidas en la revisión obedecen a un análisis técnico del equipo, lo que permite concentrarse exclusivamente en tareas que respondan a un modo de falla y descartar otras que se venían realizando por costumbre.
- Si bien en mayor o menor medida se venían realizando tareas de mantenimiento sobre estos equipos, nunca se había llegado al detalle y sistematización actual de actividades. Esto ha permitido detectar defectos ocultos, evitando una parada no programada o directamente la falla del equipo.
- Estos transformadores tienen una vida útil esperada de 25 años y que puede extenderse a 40 o hasta 50 años de servicio. El sistema informático desarrollado mantiene información del estado del transformador durante su vida, ayudando a detectar los primeros síntomas de un defecto interno o simplemente aportando datos históricos que permitan tomar mejores decisiones sobre una eventual retirada de servicio.
- La revisión planteada permite estandarizar los procedimientos de trabajo en las diferentes unidades de mantenimiento, situación fundamental para una empresa con personal distribuido en todo el país.

- El uso de un sistema informático corporativo permite realizar consultas y actualizaciones desde cualquier PC conectada a la red de UTE, mientras se cuenten con los permisos adecuados.
- Las tareas definidas permiten dar un paso más en el sentido de consolidar un proceso de mejora continua en el mantenimiento de la red de Distribución.
- La captura de datos en el lugar del trabajo con colectoras de datos portátiles, permite bajar tiempos, evitar errores de transcripción y acercar el uso de herramientas informáticas que muchas veces son un incentivo más para las tareas a realizar.

4. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

AUTORES

Pto Ing. Ruben Marón, rmaron@ute.com.uy Subgerencia Mantenimiento Montevideo, UTE. Tel: 155 int 3230, dir. Rivadavia 1503; CP 11800, Montevideo, Uruguay. Estudió en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República, obteniendo su título de Perito en Ingeniería Mecánica en Setiembre de 1980. En UTE se ha desempeñado en diferentes puestos relacionados con el mantenimiento de las redes de distribución y ha participado en comisiones y grupos de trabajo para desarrollos relacionados con su ámbito de acción. Actualmente se desempeña como Jefe de Estaciones para el área de Montevideo y tiene a su cargo el grupo de trabajo que desarrolla las rutinas de mantenimiento para el equipamiento de estaciones de distribución.

Ing. Marcelo Mula, mmula@ute.com.uy, Subgerencia Normalización, UTE. Tel: 155 int 1534 ó 1584, dir: Paraguay 2431, Of 529; CP: 11800, Montevideo, Uruguay. Estudió en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República, obteniendo su título de Ingeniero Industrial Mecánico en Febrero de 1999. Obtuvo el diploma de Posgrado en Administración en la Facultad de Ciencias Económicas y de Administración de Empresas de la UDELAR en Junio de 2002. Trabajó en la Subgerencia de Operación de Redes en UTE y desde 1999 se desempeña como Especialista en Proyectos Eléctricos en la Gerencia de Proyectos y Normalización de División Redes, Distribución, UTE.

Ing. Juan Pertusso, jpertusso@ute.com.uy, Subgerencia Normalización, UTE. Tel: 155 int 1534 ó 1584, dir: Paraguay 2431, Of 529; CP: 11800, Montevideo, Uruguay. Estudió en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República, obteniendo su título de Ingeniero Industrial Mecánico en Marzo de 1995. Obtuvo el diploma de Posgrado en Administración en la Facultad de Ciencias Económicas y de Administración de Empresas de la UDELAR en Junio de 1999. Trabajó en Ancap en el departamento de Mantenimiento, en las centrales de generación a vapor Central Batlle y a gas Central Térmica de Respaldo de UTE y actualmente se desempeña en Normalización en el área de transformadores en la Gerencia de Proyectos y Normalización de División Redes, Distribución, UTE. La experiencia incluye más de 3.000 transformadores inspeccionados en todas las fábricas de la región.

5. ANEXOS

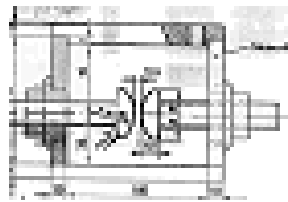
5.1. AMFE parcial de un transformador MT/MT

AMFE (Análisis del Modo de Fallas y sus Efectos)										
N°	FUNCIÓN	N°	MODO DE FALLA	N°	CAUSAS (Posibles motivos)	N°	EFEECTO (Que ocurre)	N°	MODO DE CONTROL (Tarea propuesta)	PERIODICIDAD
4	Aislar bobinados respecto de tierra y entre fases	5	No aísla bobinados respecto de tierra y entre fases	12	Aceite en mal estado	15	Disminución de rigidez dieléctrica del aceite	11	Realizar el ensayo de rigidez dieléctrica del aceite	Anual
						16	Aumento del contenido de agua en el aceite	12	Realizar el ensayo de contenido de agua en el aceite	Anual
								16	Verificar estado del silicagel	Trimestral
								17	Verificar estado de la válvula de sobrepresión (membrana)	Trimestral
								18	Verificar existencia elementos de cierre en tanque de expansión	Trimestral
						13	Materiales aislantes del transformador en mal estado	20	Descargas parciales	2
				19	Llenado del transformador con aceite haciendo previo vacío					Al detectar la falla
				25	Realizar el purgado de aisladores					5 años o falla
				26	Aisladores con polución, metalizados o rotos			34	Inspección visual cuba, aisladores, radiadores y conexiones	Mensual
				14	Movimientos indebidos de la parte activa	39	Disminución de resistencia de aislación	23	Medida de resistencia de aislación	5 años
								27	Medida del índice de polarización	5 años
								21	Destrucción o disminución de aislaciones	20
				22	Desajustes elementos fijación de parte activa	20	Precaución en el transporte y control del registrador de impacto	Al transportar		
				39	Disminución de resistencia de aislación	23	Medida de la resistencia de aislación (Mohm)	5 años		

5.2. Extracto del instructivo de trabajo medida de rigidez dieléctrica.

Desarrollo de tareas.

1. La muestra de aceite se extrae de acuerdo al instructivo correspondiente al equipo en cuestión (transformadores, reconectores, etc).
2. Se verifica que los electrodos son los indicados en la siguiente figura y que la separación es de 2.5 mm, mediante la galga del instrumento destinado para este fin.



3. Se limpia el recipiente y electrodos con aceite de la muestra, depositando el aceite sucio en el recipiente adecuado.
4. Se coloca el aceite de la muestra en el recipiente del espinterómetro, hasta los niveles indicados. En caso de no tener niveles colocar aceite hasta superar 10 mm la altura de los electrodos.
5. Se registra la temperatura del aceite de la muestra. La diferencia entre la temperatura del aceite de la muestra y la temperatura ambiente no debe ser mayor a 5°C.
6. Se coloca el recipiente en el espinterómetro.
7. Se baja la tapa y se enciende el espinterómetro.
8. En caso de espinterómetro con funcionamiento automático, se realiza el procedimiento de acuerdo al espinterómetro según las fichas técnicas del equipo, seleccionando la norma IEC 60156.
9. En caso de espinterómetro con funcionamiento manual, se realiza el siguiente procedimiento:
 - a. Se selecciona una tasa de crecimiento de la tensión de 2 kV/s
 - b. Se deja descansar la muestra 5 minutos
 - c. Se realizan 6 disparos, con un tiempo de descanso de 2 minutos entre uno y otro
 - d. Se realiza el promedio aritmético de las 6 muestras, el cual es el valor de la medida de rigidez dieléctrica
10. Se descarta el aceite de la muestra en un recipiente adecuado
11. Se enjuaga el recipiente con aceite dieléctrico limpio

5.3. Plan de Calidad parcial de la revisión de un transformador MT/MT

OBJETIVO- Revisión de transformadores de potencia MT/MT desenergizados, en o próximos a entrar en servicio.

ALCANCE- Es de aplicación a todas las unidades, grupos de trabajo y funcionarios responsables del mantenimiento, montaje y recepción de transformadores de potencia en estaciones en todo el ámbito geográfico de DIS.

Flujograma	Descripción de la tarea	Responsable	Documentación	Instrumentos	Características a Controlar	Valores de Referencia	Registros	Acciones ante desvíos
	Planificación	Jefe de Turno o Jefe Mant. estaciones	Programación anual (cronograma)	No aplica	Cumplimiento del Cronograma	Plazos y cantidad de transformadores	ITM	Asignar mayores recursos o modificar el cronograma
	Preparación de las tareas	Jefe de trabajos	Cronograma semanal o quincenal FP- Ficha Preventiva	No aplica	Entorno operacional y tareas a cumplir	Plazos y cantidad de transformadores	No aplica	Conseguir mayores recursos
	Señalización, delimitación y aseguramiento de la zona de trabajo	Jefe de trabajos	NS1D IT-DIS-MO-MT00	Detector de tensión	Cumplimiento de la NS1D e IT-DIS-MO-MT00	Correcto / incorrecto	No aplica	Corregir
	Inspección del trafo desenergizado	Jefe de trabajos	IT-DIS-AO-PM27	No corresponde	Pérdidas de aceite	SI / NO	ITM	Según nivel de aceite, magnitud y ubicación de la pérdida Reparar
					Estado del silica gel	Mant. Humedad > 90%	ITM	Cambio de silica gel
						Obras. Humedad > 20%		
					Estado de aisladores	Categoría Crítico	ITM	Cambio urgente
						Categoría Principal		Control periódico
					Categoría Secundario	Sin acciones		
					Estado de la pintura	Correcto / Incorrecto	Reparar o cambiar según la magnitud	
Canales y radiadores de ventilación	Libres / obstruidos	Desobstruir						
Barras de refuerzo	SI / NO	Colocar barras						
Toberas	Abiertas / cerradas	Abrir y trabar						
Funcionamiento termostato	SI / NO	Reparar o cambiar						