

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



PROYECTO FIN DE CARRERA
INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL

MANTENIMIENTO DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

Autor: David Martín Coello

Tutora: Maria Consuelo Gómez Pulido

Septiembre 2015

El esfuerzo del desarrollo de este proyecto está dedicado a mi familia, por su apoyo incondicional en todo momento, sin ellos nada tendría razón de ser, especialmente a Irene por ser mi vida y a mi padre, sin ti nada es lo mismo.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. OBJETIVO	4
3. CAPITULO 1 : DEFINICION DE MANTENIMIENTO Y TIPOS	6
1.1Mantenimiento Predictivo	7
1.2Mantenimiento Preventivo.....	8
1.3 Manteamiento Correctivo.....	8
4. CAPITULO 2: CENTROS DE TRANSFORMACION.....	9
2.1 Tipos de Centros existentes.....	10
2.2 Elementos instalados.....	12
5. CAPITULO 3: MARCO LEGAL DE APLICACIÓN.....	13
3.1 Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión.....	13
3.2 Reglamento de Líneas de Alta Tensión.....	22
3.3 Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.....	22
3.4 Inspecciones por Organismo de Control Autorizado.....	22
6. CAPITULO 4: DESARROLLO DE TRABAJOS DE MANTENIMIENTO.....	24
4.1Equipos mínimos necesarios.....	24
4.2Aparamenta a revisar	25
4.2.1 Pararrayos o autoválvulas.....	26
4.2.2 Seccionadores.....	26
4.2.3 Interruptores.....	27
4.2.4 Elementos de protección.....	29
4.2.4.1 Fusibles.....	29
4.2.4.2 Relés de protección.....	30
4.2.5 Transformadores de medida.....	30
4.2.6 Transformador de potencia.....	32
4.2.7 Interruptor general de baja tensión.....	36
4.2.8 Redes de puesta a tierra.....	37
7. CAPITULO 5: EJEMPLO PRÁCTICO.....	40
8. CAPITULO 6: PREVENCION DE RIESGOS LABORALES.....	55
6.1 R.D. 614 Riesgo Eléctrico.....	57
6.2 R.D. 2177/2004 Trabajos en altura.....	63
9. CAPITULO 7: CONCLUSIONES.....	64
10. BIBLIOGRAFIA.....	65
ANEXO I Modelo de contrato de mantenimiento.....	66
ANEXO II. Imágenes termográficas.....	75

1. INTRODUCCIÓN:

Durante décadas, el ámbito de trabajo de mantenimiento ha sido tratado como un lastre económico en los procesos productivos e infravalorado por su carácter pasivo, siendo tratado más como un coste que como un valor añadido de la empresa y teniéndolo presente casi exclusivamente en situaciones críticas y en respuestas correctivas ante incidencias. Cada vez más, la filosofía preventiva se está implantando en el tejido industrial, siendo contempladas partidas económicas que a medio plazo, ofrecerán rentabilidad a las empresas.

Resulta difícil el considerar la realización de las tareas cotidianas sin suministro eléctrico, y a menudo, no somos conscientes de que para encender una luminaria en nuestra vivienda o ver la televisión, existe una infraestructura relativamente compleja que requiere de una inversión económica, así como técnica y humana para que podamos hacerlo.

En este proyecto se pretende desarrollar por un lado la importancia del mantenimiento de las instalaciones eléctricas de alta tensión así como su correcta ejecución tanto en materia técnica, de legislación, como en materia de prevención de riesgos laborales. Dado que es un campo muy amplio y con el fin de no extendernos, se va a focalizar en las instalaciones eléctricas de 3ª categoría, es decir en centros de transformación ya que en numerosas instalaciones es el gran desconocido al no estar integrado en los edificios o bien encontrarse en sótanos o azoteas por lo que habitualmente no se realiza su mantenimiento o se desconoce la legislación adecuada, por lo que trataré sobre todo de darle un enfoque práctico, viendo cada equipo instalado y las posibles pruebas que se le han de realizar para cumplir con la normativa actual.

2. OBJETIVO:

El presente proyecto tiene como finalidad el definir el desarrollo de los trabajos de mantenimiento en los centros de transformación tanto desde el punto de vista técnico, legal, de prevención de riesgos laborales, como de ahorro de costes en los procesos productivos. Para ello se va a dividir en siete capítulos. Inicialmente se desarrollará la definición del mantenimiento con la descripción de sus distintos tipos.

Posteriormente nos introduciremos en la definición y clasificación de los centros de transformación para poder conocer el tipo de instalaciones de las que trata el proyecto.

En el capítulo tres desarrollaremos la legislación vigente que aplica en el correcto estado y conservación de las instalaciones, y que será la que marcará el buen hacer del mantenimiento de los centros de transformación.

En el capítulo cuatro, describiremos los equipos instalados y las pruebas y ensayos que han de soportar para garantizar su fiabilidad.

En el capítulo cinco se describirá un caso práctico realizado en una instalación real con las muestras obtenidas y resultados concluyentes.

El capítulo seis estará dedicado a la Prevención de Riesgos Laborales, y los requerimientos en dicha materia para poder ejecutar los trabajos descritos de forma adecuada y segura.

En el capítulo siete ofreceré las conclusiones obtenidas y las necesidades para garantizar el correcto estado de las instalaciones objeto del proyecto.

Finalmente se dispondrá de cuanta bibliografía y documentación se ha tenido en cuenta para el correcto desarrollo de los capítulos anteriores y los anexos correspondientes a un modelo de contrato de mantenimiento, un informe termográfico realizado, y los plannings de mantenimiento incluidos en los contratos.

CAPITULO 1: DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO Y TIPOS:

En este capítulo trataré de describir el Mantenimiento y los pasos a seguir para su correcta ejecución, para ello partiré de su definición:

Según la norma UNE EN 13306, “El mantenimiento es la combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y gerenciales durante el ciclo de vida de un ítem, con el fin mantenerlo, o restaurarlo, a un estado en el cual pueda desempeñar la función requerida.”

Para completar la definición, definiremos ítem, también según la norma anterior:

“Ítem: cualquier parte, componente, dispositivo, subsistema, unidad funcional, equipo o sistema que se puede tomar de forma individual.”

En este proyecto, al estar enfocado a las instalaciones de tercera categoría, podríamos definir el mantenimiento como todas acciones necesarias en cada elemento que conforma el centro de transformación, para asegurar la continuidad de suministro eléctrico en el usuario final y garantizar así la alimentación eléctrica de sus equipos.

En el Mantenimiento, se han de implicar todas las partes de la organización ya que afecta a todas ellas.

Para realizar correctamente el mantenimiento de este tipo de instalaciones, se considera indispensable realizar tres fases o pasos, que serían la fase documental inicial, la fase técnica o de campo y la fase administrativa.

En la fase Documental, partiremos de la recopilación de la documentación existente ya que es necesario conocer el ítem o equipo en cuestión, desde su compra e instalación, hasta el fin de su vida útil. La fase documental, a priori poco funcional, nos dará información y apoyo posteriormente. Para ello es recomendable disponer de:

- Proyecto de instalación en el que se incluye la memoria técnica y los planos y esquemas necesarios para conocer la disposición de los equipos, ubicación de los elementos en tensión, trazado de líneas y circuitos, afectación a usuarios, etc.
- Manuales de todo equipo o elemento susceptible de ser mantenido, para garantizar que su funcionamiento se corresponda con los parámetros definidos y ensayados en fábrica. Para ello, los fabricantes facilitan manuales y protocolos de ensayo y suelen recoger un apartado con contactos de Servicios de Asistencias Técnicas (SAT).
- Gamas o planes de mantenimiento, que a menudo los facilita el fabricante y en la mayoría de las ocasiones ha de definirse combinando la legislación.
- Permisos, ordenes de trabajo o en definitiva la conformidad del usuario final para que realizar los trabajos en su instalación.
- Libro de mantenimiento, que como veremos en capítulos posteriores, aparte de ser obligatorio, nos dará información histórica de las actuaciones realizadas en la instalación.
- Acta de Puesta en Servicio expedida por la Dirección General de Industria.

Una vez recopilada la documentación anterior, y ya con el conocimiento de la instalación objeto del mantenimiento, podríamos proceder a la Fase Técnica, la que supondría la ejecución de la batería de comprobaciones y ensayos en cada elemento o ítem que desarrollaré en capítulos posteriores.

Y para concluir con los trabajos de mantenimiento, y no por ello menos importante, habrá que documentar las incidencias, resultados, y propuestas correctoras en la Fase Administrativa.

El reporte de esta información deberá ser archivado y custodiado para presentación ante posibles Auditorías Internas o Externas, Aseguradoras e incluso la Dirección General de Industria.

TIPOS DE MANTENIMIENTO:

Una vez definido el Mantenimiento, y en base a su filosofía y necesidades existen tres tipos de mantenimientos:

1.1 Mantenimiento predictivo:

Como su propio nombre indica, se trata de conocer y deducir con antelación lo que va a suceder. Este tipo de mantenimiento, se realiza principalmente en equipos de gran valor o importancia estratégica, adelantándonos a posibles incidencias que serían fatales.

Determinados estudios han avalado la posibilidad de adelantarnos a la consecución de una avería con meses de anterioridad por lo que facilita la reparación o en su defecto facilita la gestión de plazos para su repuesto. Evitando, no cabe duda, los daños sobrevenidos por una avería repentina, ya que determina el tiempo que puede usarse un equipo sin que sea susceptible de sufrirla, permitiendo un margen de maniobra.

Una de las herramientas más importantes en este tipo de mantenimiento y para este tipo de instalaciones, es la termografía infrarroja, que consiste en analizar el estado de los equipos y prever la aparición de averías mediante el calor emitido (Efecto Joule). Es un medio no invasivo que no afecta a la continuidad del suministro eléctrico y de hecho se realiza preferiblemente cuando la instalación está a plena carga. Se realiza en todo tipo de instalaciones eléctricas y es de gran utilidad para comprobar puntos sensibles como son las conexiones de los distintos elementos.

En el anexo I se pueden ver imágenes tomadas.

Así mismo, otra gran herramienta del mantenimiento predictivo, es el análisis del fluido dieléctrico de los transformadores, aunque este se suele realizar principalmente en los de gran potencia y en tensiones superiores a los 20 kV. En este tipo de análisis se extrae una muestra para analizar en laboratorio homologado, y dependiendo de la batería de ensayos se determinan una serie de parámetros, que serán de gran utilidad para adelantarnos a averías internas en el transformador.

También existen equipos portátiles, sobre todo de análisis de rigidez dieléctrica del aceite que nos dan en campo los valores de aislamiento y que serán de gran utilidad para determinar el estado de los transformadores.

Otra herramienta seria el análisis por ultrasonidos, que detecta posibles descargas parciales y arcos eléctricos no perceptibles por el oído humano.

1.2Mantenimiento preventivo:

Según la Norma UNE-EN-13306, mantenimiento preventivo es el que se realiza a intervalos predeterminados o de acuerdo con criterios establecidos, y que está destinado a reducir la probabilidad de fallo o la degradación del funcionamiento de un elemento.

El mantenimiento preventivo se realiza pues, para conservar las instalaciones y equipos y garantizar su correcto funcionamiento.

Este tipo de mantenimiento va determinado por las recomendaciones de los fabricantes, descritas en sus manuales y catálogos, y por la legislación vigente, por lo que los periodos de tiempo destinados al efecto vienen ya predeterminados.

Para ejecutar un correcto mantenimiento preventivo, se desarrollan una serie de gamas o planes de trabajo con el fin de comprobar los distintos parámetros de los equipos, evaluando posibles desviaciones y corrigiéndolas.

Un adecuado mantenimiento preventivo, no evitará nunca al cien por cien, que ocurran averías ya que se trata de chequeos temporales, pero si conseguirá reducirlas considerablemente.

1.3Mantenimiento correctivo:

Son los trabajos de restablecimiento de la instalación a su funcionamiento normal, por avería.

CAPITULO 2: CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

El sistema eléctrico español, se divide en Generación, Transporte y Distribución. Dependiendo de la finalidad y su nivel de tensión, las instalaciones se engloban en uno u otro.

La Distribución se realiza normalmente en la denominada Media Tensión, que es un nivel “definido” por las Compañías Eléctricas para acotar los distintos tramos, ya que según el Reglamento de instalaciones eléctricas de Alta Tensión, a partir de 1.000V sería Alta tensión.

La infraestructura necesaria para la Distribución estaría formada por:

- Líneas eléctricas tanto aéreas como subterráneas cuya función es conectar instalaciones entre sí, ya sean desde la subestación al centro de transformación, entre centros, etc.
- Los Centros de Distribución: definidos como el conjunto de elementos y equipos instalados en locales adaptados que transforman la media tensión en baja tensión para alimentar las redes de consumo, suministran energía y la miden y donde se permite realizar maniobras en las redes de media tensión. Según su función se pueden a su vez, clasificar en:
 - o Centros de medida: aquellos cuya principal función es suministrar y medir la energía de los usuarios que la compran a niveles de media tensión para su uso particular.
 - o Centros sobre poste: iguales que los centros de transformación que veremos a continuación pero instalados como su nombre indica sobre postes.
 - o Centros de seccionamiento: Aquellos que su función es la de poder realizar maniobras en la red, pero que no tienen ningún consumo de energía. En todos los centros de distribución se pueden realizar maniobras pero existe consumo.
 - o Centros de transformación: su función principal es transformar la media tensión en baja tensión.

Como definición de Centro de Transformación por tanto podríamos concluir que es un tipo de Centro de Distribución cuya función es la de transformar los niveles de media tensión a baja tensión.

Por lo que podríamos definir también que un centro de transformación recibe tensión a unos valores de 15-24 KV y los modifica a 420V o 230V dependiendo si es trifásico o monofásico.

Como veremos posteriormente, el elemento principal es el Transformador.

2.1 Tipos de centro de transformación:

En función de sus características constructivas, emplazamientos, propietario, etc., los centros de transformación se dividen en distintos tipos.

Por ubicación o emplazamiento:

Pueden ser de interior, aquellos que están instalados en el interior de edificios y que disponen de una sala o espacio acondicionado al efecto:

De exterior, que están instalados fuera y se dividen a su vez en:

Centros de transformación de intemperie:

Son aquellos que están ubicados en el exterior. Pueden ser aéreos (transformadores instalados en una cuna o herraje en un apoyo) o bajo poste, instalados en el suelo junto al apoyo. Su acceso se realiza trepando a través de la celosía del apoyo donde están instalados los elementos de maniobra. El apoyo o poste puede ser de hormigón o metálico.

Este tipo de centros son de poca potencia 25-160 kVA en los aéreos y 250kVA en bajo poste se instala principalmente en zonas rurales o zonas alejadas de las redes.

Sus elementos principales son las autoválvulas, el seccionador con protección por fusibles, el transformador y la protección de baja tensión.

Centros de transformación de superficie:

Son aquellos que estando ubicados en el exterior su acceso es a nivel de calle, pueden disponer de un local independiente o integrado en un edificio. Admiten todas las potencias.

Centros de transformación subterráneos:

Este tipo de centros están bajo superficie, por razones estéticas se instalan bajo el nivel del suelo quedando visibles el acceso y las rejillas de ventilación. Admiten todas las potencias y pueden ser prefabricados o de obra civil. Su acceso se realiza por trampillas y la ventaja que tienen es que el impacto visual es mínimo si bien no se puede instalar en todos los lugares debido a la posibilidad de inundaciones.

Por disposición Constructiva:

Según el tipo de construcción en la que se encuentren alojados el transformador y los elementos de maniobra se clasifican en:

Centro de Transformación convencional o de obra civil:

Este tipo de centros son recintos construidos según un proyecto de obra civil, pueden ser de superficie, subterráneos o incluso semienterrados.

Pueden contener cualquier tipo de celdas y cualquier tipo de potencias siempre que este diseñado al efecto.

Centro de Transformación Prefabricado:

Actualmente son los más utilizados por la falta de locales o espacios bien habilitados para albergar centros de transformación.

Su ventaja principal es que la construcción, montaje y ensamblaje se realiza en fábrica, siendo en obra necesario conectar las puestas a tierra y la acometida de alimentación, lo que reduce considerablemente los tiempos de puesta en servicio.

Así mismo, son más compactos por lo que se necesita menos espacio, más seguros y facilitan el mantenimiento.

Pueden instalarse en superficie o subterráneo y se compone de celdas blindadas. Admite todas las potencias.

Centro de Transformación Compacto:

Es un centro de estructura monobloque, diseñado para ser instalado en superficie o semienterrado. Al igual que el centro prefabricado, el montaje se realiza en fábrica salvo las conexiones indicadas. Todos los elementos energizados están contenidos en un mismo compartimento con aislamiento de hexafluoruro de azufre por lo que disminuye su tamaño.

Por tipo de Celdas:

De celdas Abiertas:

También llamado Convencional ya que históricamente está asociado a los vistos anteriormente de obra civil, sobre todo los llamados “Palomar”.

Este tipo de centros son los más elementales. Los habitáculos donde está instalada la aparamenta está realizada con mampostería y sus elementos están al aire. Normalmente existen unas barras en la parte superior que se conectan a los seccionadores e interruptores que están anclados a la pared. Se están sustituyendo por otros más reducidos vistos anteriormente ya que ocupan mucho espacio y son de difícil mantenimiento por la altura de sus techos. No ofrecen mucha seguridad al estar todos los elementos al aire y sin aislar, por lo que en general y sobre todo en caso de arco eléctrico hay mayor posibilidad de contacto directo.

De celdas con envolvente metálica:

En este tipo de centros, los elementos de maniobra están dentro de cabinas metálicas que en caso de avería o explosión protegen contra el arco eléctrico y contra contactos directos. Al estar las partes energizadas aisladas, suele ser más compacto y seguro.

Con celdas blindadas en Hexafluoruro de Azufre (SF_6):

Son los centros más usados actualmente, gracias al aislamiento en este gas se consigue que los elementos de maniobra necesiten menor espacio, siendo además mucho más seguras, fiables y cómodas a la hora de realizar el mantenimiento. Su vida útil es superior a otro tipo de aparatación.

Según su propiedad:

Propiedad de la Compañía Eléctrica:

Las Compañías Eléctricas, para ofrecer el suministro de energía eléctrica a los usuarios, han de disponer de gran cantidad de centros de transformación ya que generalmente los clientes demandan alimentación en baja tensión, sobre todo los pequeños consumidores y a nivel doméstico. Sus centros han de cumplir con el RCE pero a su vez tienen normativas propias denominadas Normas Particulares. El mantenimiento de estas instalaciones normalmente lo realiza la propia Compañía o subcontratas autorizadas.

Propiedad del Abonado:

Este centro es propiedad del consumidor de energía eléctrica cuya demanda de potencia excede la capacidad de suministro en baja tensión de la Compañía Eléctrica.

2.2 Elementos instalados:

Normalmente siempre vamos a acceder a centros de transformación de Abonado.

La descripción detallada de la aparatación la veremos en el capítulo 4. Un esquema típico podría ser el siguiente.

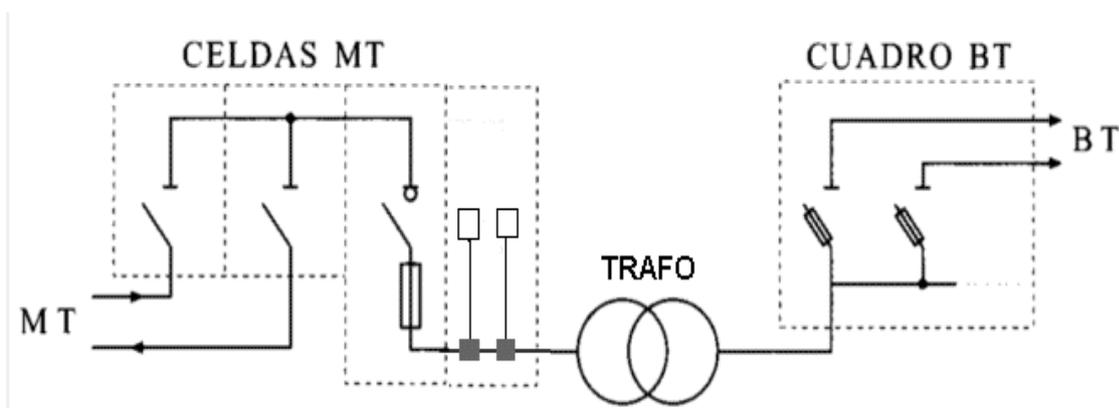


Figura 1. Esquema típico de un centro de transformación

CAPITULO 3: MARCO LEGAL DE APLICACIÓN

Toda instalación debe cumplir preceptivamente con distintas legislaciones con la finalidad de preservar y garantizar las condiciones mínimas de seguridad y funcionamiento.

En las instalaciones eléctricas de alta tensión y en nuestro caso los centros de transformación, la normativa aplicable sería la siguiente:

Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.

Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

Estos tres Reales Decretos son los pilares normativos que nos guiarán y asegurarán el correcto mantenimiento de los centros de transformación.

Así mismo, existen Normas Particulares de las Compañías Eléctricas que regirán en su instalación y diseño pero no en su conservación por lo que se deben tener en cuenta en su montaje pero no son objeto del mantenimiento.

Por otro lado, es necesario verificar los requerimientos de las distintas Comunidades Autónomas ya que difieren entre ellas.

En nuestro caso, seguiremos las prescripciones dictadas por la Dirección General de Industria Energía y Minas de la Comunidad de Madrid. (DGIEM) que será la encargada de dirimir cuantas discrepancias técnicas puedan surgir en la interpretación de la reglamentación. Esto hecho es de especial mención puesto que los Reglamentos actuales están sujetos a la interpretación del técnico competente, ya que no son explícitos completamente por lo que en determinadas Instrucciones se puede tener diferencia de criterios que serán dirimidos en última instancia por la Dirección De Industria correspondiente.

3.1 Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión [1].

Este reglamento lo recoge como hemos indicado anteriormente el R.D 337/2104, y su nombre completo sería *Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión*.

Debemos indicar que este reglamento sustituye al Real Decreto 3275/1982, del 12 de noviembre con sus Instrucciones Técnicas Complementarias ICT-RAT 01 a 20 ya que se ha quedado obsoleto.

En este apartado vamos a describir las afecciones del Reglamento al mantenimiento de los centros de transformación sin excedernos en su contenido según sus Disposiciones Generales y las ICTs correspondientes.

Las Disposiciones Generales constan de trece artículos repartidos en un capítulo. En ellos se indica que los centros de transformación se engloban en la clasificación de Instalaciones de Tercera Categoría cuya tensión nominal es superior a 1kV e inferior a 30kV, y que este reglamento será de aplicación a dichas instalaciones de nueva construcción, a sus modificaciones y a sus ampliaciones.

El reglamento se compone de las siguientes Instrucciones Técnicas Complementarias:

ITC-RAT 01 Terminología:

Esta instrucción define noventa y siete términos considerados los más utilizados dentro del Reglamento, no vamos a verlos uno a uno, si bien gran número de ellos están definidos en el capítulo cuatro.

ICT-RAT 02 Normas y Especificaciones Técnicas de Obligado Cumplimiento:

Esta instrucción referencia las normas y especificaciones técnicas declaradas de obligado cumplimiento, todas ellas normas UNE separándolas en:

Generales

Aisladores y Pasatapas

Aparamenta

Seccionadores

Interruptores, contactores e interruptores automáticos

Aparamenta bajo envolvente metálica o aislante

Transformadores de potencia

Centros de transformación prefabricados

Transformadores de medida y protección

Pararrayos

Fusibles de alta tensión.

Cables y accesorios de conexión de celdas

ITC- RAT 03 Declaración de Conformidad para los equipos y aparatos para instalaciones de alta tensión:

Esta instrucción está indicada para los fabricantes de productos destinados a la alta tensión, en ella se especifican los criterios y modelos de declaraciones así como los ensayos necesarios para su homologación.

ITC-RAT 04 Tensiones nominales:

En esta instrucción se definen las tensiones nominales de las instalaciones así como su clasificación como hemos visto anteriormente.

En la tabla se puede ver las tensiones definidas así como las más comunes en los centros de transformación.

TENSION NOMINAL DE LA RED U_n (kV)	TENSIÓN MÁS ELEVADA DE LA RED U_s (kV)	TENSION MAS ELEVADA DEL MATERIAL U_m (kV)
6	3,6	3,6
6	7,2	7,2
10	12	12
15	17,5	17,5
20	24	24
25	30	36
30	36	36
45	52	52
66	72,5	72,5
110	123	123
132	145	145
220	245	245
400	420	420

Tabla nº1. Tensiones Nominales Normalizadas

ITC- RAT 05 Circuitos Eléctricos:

Esta instrucción describe las consideraciones sobre los circuitos eléctricos de baja tensión considerados como de alta, la separación de circuitos, los conductores eléctricos, sus conexiones y canalizaciones. Así como las intensidades admisibles en los conductores desnudos empleados.

ITC-RAT 06 Aparatos de Maniobra:

Esta instrucción afecta directamente al mantenimiento de los centros de transformación. En ella se describen los elementos de maniobra y la adecuación de los mismos.

A la hora de realizar los trabajos de mantenimiento se ha de verificar que los interruptores, tanto manuales como automáticos, y los seccionadores incluyendo los de puesta a tierra cumplan con esta instrucción.

Estos aparatos deberán indicar claramente su posición de apertura o cierre, ser de las características adecuadas a su función y lo más destacado y que no siempre se cumple es el enclavamiento efectivo entre estos aparatos y el seccionador de puesta a tierra.

ITC-RAT 07 Transformadores y Autotransformadores de Potencia:

El transformador es el equipo clave de los centros de transformación, por ello dispone de una instrucción en la que se describe sus grupos de conexión, sus niveles de pérdida de potencia y potencia acústica, su regulación y su cableado auxiliar. Estas características las da el fabricante, por lo que a nivel de mantenimiento el defecto más recurrente que nos encontramos en los transformadores es el del anclaje inadecuado que evite su movimiento por esfuerzos electrodinámicos.

ICT-RAT 08 Transformadores de medida y protección:

Esta instrucción define las características de estos equipos así como su correcta instalación.

Los transformadores de medida están alojados en las celdas de medida que a su vez está precintada, por lo que el mantenimiento de dichos equipos no es normalmente posible.

En los transformadores de protección se cumplirá con esta instrucción en el montaje.

ICT-RAT 09 Protecciones:

En esta instrucción se definen y especifica contra lo que debe estar protegidas y mediante qué elementos las instalaciones de alta tensión y son:

Protección contra sobreintensidades generadas por corrientes de cortocircuito y las de sobrecarga.

Protección contra sobretensiones, tanto de origen interno como atmosférico, siendo los más comunes los pararrayos.

Los centros de transformación no conectados a líneas de aéreas no precisan de pararrayos.

Protección contra sobrecalentamiento.

Los generadores, transformadores y autotransformadores deben disponer de los elementos de protección adecuados. En el caso de los transformadores lo veremos en el capítulo cuatro.

ITC-RAT 10 Cuadros y pupitres de control:

Esta instrucción indica la señalización, conexionado, componentes y bornes de los cuadros y pupitres de control utilizados así como su montaje.

En centros de transformación los cuadros de esta finalidad suelen ser para tele gestión y los cuadros de medida.

ICT-RAT 11 Instalación de acumuladores:

En esta instrucción se describe la elección de las baterías de acumulación, las protecciones que deberán llevar, los equipos y el montaje de los mismos.

Estas baterías se emplean como alimentación a distintos cuadros de señalización y protección. La instrucción define claramente las características mínimas de los equipos a instalar en los centros de transformación.

ITC RAT 12 Aislamiento:

En esta instrucción se definen los niveles de aislamiento de los equipos empleados.

En los centros de transformación los aparatos instalados se engloban en el denominado grupo A, con tensión más elevada del material menor o igual a 36 kV.

Se indican la normativa sobre los ensayos a realizar así como las distancias mínimas de aislamiento en aire fase a tierra y entre fases.

ITC RAT 13 Instalaciones de puesta a tierra:

La instalación de puesta a tierra es quizá una de las instrucciones más importantes dentro del mantenimiento ya que es la que más no conformidades presenta a la hora de las inspecciones.

En esta instrucción se dictan las prescripciones generales de seguridad para evitar daños personales.

Se definen los criterios de diseño así como los elementos necesarios para su correcta instalación. Las características de los conductores y electrodos y terreno que desarrollaremos en el capítulo cuatro.

Los elementos a conectar a las redes de puesta a tierra y dispone de un apartado exclusivo para los centros de transformación; en él se determinan las características y necesidades de aislamiento.

Cabe destacar el apartado ocho en el que se destaca la necesidad de la vigilancia de las medidas de puesta a tierra. El reglamento de instalaciones eléctricas de alta tensión indica que se realizará al menos una vez cada tres años.

ITC RAT 14 Instalaciones eléctricas de interior.

Esta instrucción define las características de los locales y edificios, sus características de paso y acceso. Las incompatibilidades con otras conducciones de servicios, bien sean de agua, gas o alcantarillado.

Se describen las condiciones particulares para los centros de transformación, la ventilación de las instalaciones, las canalizaciones y pasos de conductores etc.

En esta instrucción vamos a desarrollar los requerimientos necesarios para el correcto mantenimiento de los locales de los centros de transformación ya que son probablemente los defectos más detectados:

Falta de señalización: las instalaciones tendrán que estar correctamente identificadas y señalizadas por riesgo eléctrico, así como debidamente indicadas sus instrucciones para evitar errores de interpretación y maniobras incorrectas.

Los locales dispondrán de Cartel de Primeros Auxilios, Secuencia de Maniobra y Cinco Reglas de Oro y de Esquema Unifilar.

Ventilación: la ventilación forzada deberá con disponer de parada automática en caso de incendio.

Sistema contraincendios: la instalación deberá disponer de protección contra incendios mediante sistemas de extinción bien móviles con un extintor de eficacia mínima 89B o bien fijos si los dieléctricos de los transformadores tienen un punto de fusión inferior a 300°C en transformadores mayores de 1000kVA o mas de 4000kVA en conjunto. Así mismo si el volumen de aceite en cada equipo es superior a 600 litros o mayor de 2400 litros en el conjunto de los transformadores.

Además deberán disponer de un dispositivo de recogida de líquido dieléctrico en fosos colectores si el volumen de dieléctrico es superior a 50 litros. Este foso dispondrá de un cortafuegos, siendo lo más utilizados los guijarros.

Alumbrado de emergencia: deberá disponerse de los medios propios de alumbrado especial según el REBT si las instalaciones disponen de personal permanente para su servicio de maniobra.

Elementos y dispositivos de maniobra: la instalación dispondrá en perfecto estado de aquellos elementos y dispositivos necesarios para la seguridad del operador.

Los requeridos son la pértiga detectora de presencia de tensión, la pértiga de maniobra, los guantes dieléctricos de clase adecuada y la banqueta aislante. En el caso necesario deberá disponer de la pértiga de maniobra.

Pasillos de servicio: las dimensiones de los pasillos de servicio y zonas de protección están definidas en esta instrucción. Se han dado casos de que por falta de espacio no se han cumplido durante el montaje, con el consiguiente incumplimiento posterior.

La documentación solicitada en esta instrucción la describiremos en el apartado del Organismo de Control.

ITC RAT 15 Instalaciones eléctricas de exterior.

Esta instrucción al igual que la MIE RAT 14, define las características de las instalaciones, en este caso las de exterior tratando los mismos aspectos.

ITC RAT 16 Conjuntos prefabricados de aparamenta bajo envolvente metálica hasta 52 kV.

Esta instrucción define y describe los conjuntos de aparamenta bajo envolvente metálica tanto de interior como de exterior, indicando como deben ser construidos y sus condiciones de instalación y servicio.

ITC RAT 17 Conjuntos prefabricados de aparamenta bajo envolvente aislante hasta 52 kV.

Al igual que la instrucción anterior, define y describe los conjuntos de aparataje, en este caso bajo envolvente aislada.

ITC RAT 18 Aparataje bajo envolvente metálica con aislamiento gaseoso de tensión asignada igual o superior a 72,5 kV.

Esta instrucción al igual que las dos anteriores define y describe las condiciones de construcción e instalación de este tipo de aparataje.

ITC RAT 19 Instalaciones privadas para conectar a redes de distribución y transporte de energía eléctrica.

Esta instrucción define las características técnicas, emplazamientos y requisitos para poder conectarse a la red de distribución.

ITC RAT 20 Anteproyectos y proyectos:

Esta instrucción define la finalidad y redacción de los proyectos y anteproyectos.

Es de vital importancia que el proyecto se corresponda con lo instalado, de tal modo que no haya desviaciones y lugar a error durante la explotación.

El proyecto constará de:

- Memoria que incluirá todas las explicaciones necesarias para describir la obra y los cálculos justificativos.
- Pliegos de Condiciones Técnicas que definirán los materiales, equipos y montaje de los mismos.
- Planos de situación, esquema unifilar y cualquier plano que facilite la interpretación de la instalación.

Las ampliaciones y modificaciones han de estar soportadas por un proyecto salvo las que sean por equipos de similares características y aquellas que no signifiquen una modificación sustancial de la instalación.

Como hemos mencionado, se definen los Proyectos Tipo de las Compañías Eléctricas, dotándoles de validez legislativa siempre y cuando además de lo indicado anteriormente, incluya un estudio de seguridad y salud.

ITC RAT 21. Instaladores y empresas instaladoras para instalaciones de alta tensión:

Esta instrucción es de las más importantes en materia documental y de autorización para poder realizar los trabajos de mantenimiento e instalación en alta tensión.

Se diferencia entre instalador y empresa instaladora aunque el instalador deberá realizar su actividad dentro de una empresa por lo que ambos están relacionados.

Los requisitos para el instalador serían disponer de titulación universitaria cuyas atribuciones correspondan con el reglamento, o bien disponer de una formación profesional o certificado de profesionalidad o tener reconocida una competencia profesional por experiencia. Estas titulaciones serían validas tanto para la categoría T1 que es la clasificación para tensiones nominales hasta 30kV o la AT2 que sería sin límite de tensión.

Las empresas han de cumplir una serie de requisitos legales y documentales si bien es indispensable destacar las obligaciones de estas empresas, recogidas en esta instrucción:

Utilizar equipos y materiales para desarrollar su trabajo conformes a la legislación aplicable.

Comprobar que cada instalación ejecutada supera las pruebas exigidas.

Realizar los trabajos de mantenimiento y revisión en forma y plazo.

Emitir los certificados de instalación o mantenimiento.

Notificar a la Administración Publica, los incumplimientos de materiales o instalaciones y en caso de grave riesgo lo harán en el plazo de 24 horas.

Asistir al Organismo de Control cuando este lo requiera.

Mantener un registro al día de las instalaciones y guardar a disposición de la Administración Publica, copia de los contratos durante cinco años.

Informar a la Administración Pública sobre los accidentes ocurridos en las instalaciones a su cargo.

En el anexo dos de esta instrucción se indican los conocimientos mínimos necesarios para los instaladores, tanto en conocimientos teóricos como prácticos.

ITC-RAT 22

Esta instrucción nos describe la documentación necesaria para la su montaje y autorización de puesta en servicio tanto para las instalaciones que sean propiedad de Entidades de Producción, Transporte y Distribución de Energía como las que no.

Para legalizar la instalación se deberá facilitar la documentación solicitada en esta instrucción. En el ámbito de este proyecto destacar que la propiedad deberá suscribir un contrato de mantenimiento en el que la misma se haga responsable de mantenerla en el debido estado de conservación y funcionamiento.

Se da la posibilidad de acreditar los medios necesarios para realizar el mantenimiento por la propiedad y eximiría de este contrato.El documento que certifica que la instalación está registrada y que cumple con los reglamentos es el Acta de Puesta en Servicio expedida por la

Dirección General de Industria y que debe ser conservada por el titular hasta la baja de la instalación.

ITC 23. Verificaciones e Inspecciones.

Esta instrucción la vamos a ver detenidamente en el apartado de Inspecciones por parte de Organismos de Control.

3.2 Reglamento de Línea de Alta Tensión [2]:

Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.

En centros de transformación este reglamento afecta relativamente poco a este proyecto, ya que las líneas existentes en los centros serían las de acometida que normalmente son propiedad de las Compañías Eléctricas o de interconexión entre distintos centros de abonado que si serian objeto del mismo.

Los conductores de unión entre las cabinas y los transformadores no son objeto de inspección.

3.3 Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión[3]:

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

Los circuitos existentes de baja tensión para alumbrado, fuerza, control, deben cumplir con este reglamento.

Lo más destacado es en la protección de baja tensión que ha de ser de corte omnipolar y protegida contra cortocircuitos.

3.4 Inspección por Organismo de Control Autorizado:

Los Organismos de Control Autorizado son los agentes que llevarán a cabo la verificación e inspección de las instalaciones. Este tipo de controles serán realizados al menos cada tres años, y una vez previa a la puesta en servicio.

La instrucción ITC RAT 23 es la encargada de definir su correcto desarrollo.

Al tratarse de mantenimiento vamos a describir las inspecciones periódicas trianuales en las que se exigen en los centros de transformación:

Correcto estado de las redes de puesta a tierra o si no se cumpliera, medida de paso y contacto. (Cumplimiento de ICT RAT-13)

Verificación de distancias mínimas de aislamiento entre aire y partes en tensión y entre ellas y tierra (cumplimiento de ICT RAT 12)

Verificación visual y ensayos funcionales del equipo eléctrico.

Pruebas funcionales de los relés de protección y enclavamientos montados.

Comprobación de existencia de esquema unifilar y manuales con instrucciones de operación y mantenimiento.

A parte de cumplir con las correspondientes instrucciones.

El resultado de la inspección podrá ser Favorable, Condicionado o Negativo (Desfavorable).

El Favorable se expide en caso de que no se detecte la existencia de ningún defecto muy grave o grave. En caso de defecto leve se notificará al titular.

El Condicionado se expedirá cuando exista al menos un defecto grave o defecto leve procedente de otra inspección anterior y no se haya corregido. En este caso se dará un plazo de seis meses para sus correcciones. Si transcurrido dicho plazo no se hubiera realizado el Organismo de Control deberá remitir el certificado con la calificación negativa a la Administración.

El Negativo o Desfavorable se expide cuando se observa al menos un defecto muy grave que será remitido inmediatamente a la Administración.

La clasificación de los defectos son los siguientes:

Defecto muy grave:

Aquel que la razón o experiencia determina que constituye un riesgo grave e inminente para la seguridad de las personas o los bienes.

Defecto grave:

El que no supone un riesgo grave o inminente para la seguridad de las personas o de los bienes, pero puede serlo al originarse un fallo en la instalación. Se incluye el defecto que pueda reducir de forma sustancial la capacidad de utilización de la instalación eléctrica.

Defecto leve:

Todo aquel que no supone peligro para las personas o los bienes, no perturba el funcionamiento de la instalación y en el que la desviación no tiene valor significativo para el uso efectivo o el funcionamiento de la instalación.

Los Organismo de Control, disponen de listas de chequeo comprobadas y validadas por la correspondiente Administración para poder realizar sus inspecciones.

A nivel documental exigen la presentación de Acta de Puesta en Servicio, el Contrato de Mantenimiento en vigor y el Libro de Mantenimiento.

CAPITULO 4. DESARROLLO DE LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO

Los trabajos de mantenimiento se realizarán en horario pactado previamente con la suficiente amplitud para poder trabajar sin prisa ni presión. Esto que parece lógico, no lo es tanto cuando se trata de cortes de energía.

La duración de los trabajos de mantenimiento en un centro de transformación de un solo transformador ronda las cinco horas, siendo necesaria la presencia de al menos dos trabajadores.

Para una correcta ejecución se deberá disponer de los equipos y materiales necesarios.

4.1 Equipos mínimos necesarios.

Según el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión para los centros de transformación serían necesarios aquellos correspondientes a la categoría T1 y son los siguientes:

Telurómetro. Es el equipo con el que medir la resistencia de las puestas a tierra de la instalación.

Medidor de aislamiento de, al menos 10kV, siendo recomendable según mi experiencia disponer de otro de 5kV. Este equipo también llamado Megohmetro nos dará los valores de aislamiento de los conductores y equipos aislados.

Multímetro o tenaza (pinza amperimétrica) para tensión alterna y continua de hasta 500V, intensidad alterna y continua de hasta 20A y con capacidad de medición de resistencia. Con ella mediremos Intensidad, Tensión, Resistencia y Continuidad.

Miliohmímetro con fuente de intensidad de continua de 50 A. Con este equipo podremos medir la resistencia de contactos de los elementos de maniobra.

Medidor de tensiones de paso y contacto con fuente de intensidad de 5 A.

Cámara termográfica.

Equipo de verificación de la continuidad de conductores.

En materia de Prevención de Riesgos Laborales se debe disponer de pértigas de puesta a tierra y en cortocircuito, y pértiga detectora de presencia de tensión al nivel de tensión correspondiente.

No obstante y aunque para tensiones inferiores a 30 kV no es exigible, se considera adecuado disponer de los equipos complementarios para la categoría A2, ya que con ellos se pueden realizar ensayos más exhaustivos en interruptores automáticos y transformadores, dichos equipos serían los siguientes:

Sistema de medida de la corriente de excitación y pérdidas de vacío del transformador de potencia. (En centros de transformación no se realiza para abaratar costes si bien en caso de que el transformador muestre comportamientos anómalos se realiza).

Equipo medidor de relación de transformación y desfase (en centros de transformación no se realiza para abaratar costes si bien en caso de que el transformador muestre comportamientos anómalos se realiza).

Medidor de rigidez dieléctrica de aislantes líquidos, también conocido como “chispometro”.

Medidor de tiempos de cierre y apertura de interruptores automáticos. Este tipo de equipos nos da también valores de consumo de las bobinas de disparo de los interruptores, y el sincronismo de los polos. Es una prueba que no se suele realizar en centros de transformación para abaratar costes, salvo que los interruptores muestren comportamientos anómalos.

Los equipos de protección y medios de protección individual están descritos en el capítulo seis. No se especifica cuáles ya que han de ser todos aquellos que se consideren necesarios para realizar las maniobras y pruebas con total seguridad.

Todos los equipos mencionados anteriormente deberán estar calibrados por laboratorio homologado y su correcto funcionamiento deberá ser verificado.

4.2 Aparatura a revisar.

En este apartado describiremos la aparatura a revisar durante los trabajos de mantenimiento. No siempre un centro de transformación consta de todos los elementos o bien se pueden realizar todas las pruebas, bien por existencia de tensión, precintado de celdas de medida, etc.

4.2.1 Autoválvulas.

Las autoválvulas, también conocidas como pararrayos son limitadores de tensión que protegen al transformador ante descargas atmosféricas o por caídas de líneas de tensión superior. Siempre se instalan en centros de transformación de intemperie o en aquellos alimentados por una línea aérea de alta tensión.

Pueden ser cerámicos o poliméricos en función de la envolvente que tengan. Dicha envolvente protege unas resistencias no lineales (válvulas) con explosores metálicos aislados entre si y sellados herméticamente. Se conectan a la línea a través de un desconectador de la conexión a tierra para no dejar fuera de servicio la línea.

Mantenimiento de Autovalvulas:

Se comprobará su conexión a la red de tierra y la medida de esta. Al ser un equipo sellado no se pueden realizar más pruebas.

4.2.2 Seccionadores:

Son elementos de maniobra utilizados para aislar o establecer continuidad en una parte determinada de un circuito eléctrico.

Es capaz de abrir o cerrar un circuito con tensión pero no con carga, es decir si la intensidad existente es despreciable. En caso de apertura o cierre con carga, se producirá un arco eléctrico con el consiguiente riesgo para el operador y la instalación.

Las características técnicas de un seccionador son:

Intensidad nominal:

Es la corriente que puede circular por el seccionador de forma permanente en funcionamiento normal.

Tensión de aislamiento:

La tensión máxima que puede soportar un seccionador en régimen permanente.

Se clasifican según su actuación como:

Unipolares: actúan en una única fase del circuito. Suelen emplearse en líneas aéreas.

Tripolares: actúan al mismo tiempo en las tres fases del circuito.

Según su apertura:

Cuchillas basculantes: el desplazamiento de las cuchillas se realiza hacia la base de fijación.

Cuchillas deslizantes: el desplazamiento de las cuchillas se realiza en un plano paralelo al de la base de fijación, se emplea en instalaciones de dimensiones reducidas.

Seccionador de puesta tierra: estos seccionadores, como su nombre indica son los encargados de conectar a tierra el elemento de maniobra al que está asociado. Es obligatorio que exista enclavamiento entre el seccionador de puesta a tierra y el elemento principal asociado de tal modo que nunca pueda conectarse a tierra con la instalación en tensión.

Mantenimiento de los seccionadores:

El mantenimiento de los seccionadores es limitado ya que suelen ser el elemento frontera entre la línea en tensión y la instalación en descargo. En el caso de las celdas aisladas en hexafluoruro de azufre, es prácticamente imposible, siendo posible en aquellos que se encuentran al aire; para ello, en caso de poder realizarse el mantenimiento de forma segura, se comprobará que los contactos ajustan correctamente, que la transmisión del mando se realizar correctamente y en todo caso se lubricará y engrasarán los elementos móviles para garantizar su funcionamiento. Por otro lado, se comprobará que el enclavamiento entre el seccionador principal y el de puesta a tierra es correcto.

Una de las averías más comunes en los seccionadores son el mal reglaje de los elementos de transmisión y el desgaste de los contactos por los pequeños arcos que se generan durante las aperturas y cierres.

4.2.3 Interruptores:

Son elementos de maniobra utilizados para aislar o establecer continuidad en una parte determinada de un circuito eléctrico, caracterizados por la capacidad de apertura y cierre con intensidad de carga y/o de cortocircuito.

Según el medio de extinción del arco que se produce durante las maniobras se clasifican en:

- Aire: el arco se extingue por la desionización natural por la acción enfriadora. Es un sistema obsoleto.
Pueden ser de laminado de arco o autoneumáticos. Los de laminado de arco son aquellos en los que la extinción del arco se produce gracias a su laminación en el espacio comprendido entre dos placas de material aislante. Aunque ya no se instalan se utilizaban para pequeñas potencias.
Los Autoneumáticos utilizan un soplado de aire a presión para la extinción del arco. El aire se comprime en las cámaras del interruptor.

- Aceite: de Gran volumen de aceite (GVA) que se utiliza en instalaciones de gran potencia o de Pequeño volumen de aceite (PVA) que se utiliza en centros de transformación si bien por su tamaño y mantenimiento se ha dejado de instalar sustituyéndolos por los de Hexafluoruro de Azufre, aún existen gran cantidad de ellos. El aceite se descompone durante el arco por las altas temperaturas y los gases producidos lo extinguen por presión y circulación.

- Hexafluoruro de azufre (SF₆): tiene mejores propiedades de rigidez dieléctrica que el aceite y se recompone después del arco. Ocupando menor volumen.
- Vacío: la intensidad se corta cuando pasa por cero por primera vez.

Según el tipo de mando que los haga maniobrar:

- Resorte o muelles
- Neumático o de aire comprimido
- Hidráulico
-

Sus características principales son:

CARACTERISTICAS PRINCIPALES DEL INTERRUPTOR

- Tensión nominal de servicio (kV)
- Tensión de impulso tipo rayo (kV)
- Tensión de maniobra (kV)
- Intensidad nominal de servicio
- Poder de corte (kA)
- Duración nominal del cortocircuito (s)
- Poder de cierre (kA)
- Tipo de extinción
- Tipo de mando
- Presión y masa del gas (bar y kg)
- Ciclo de maniobras: O – 0,3s – CO – 1m – CO
- Clase de temperatura
- Numero de maniobras e intensidades extinguidas para sustitución de elementos

Mantenimiento de los interruptores:

Dependiendo del tipo de interruptor se podrán ejecutar distintas labores de mantenimiento.

En los de corte al aire es fundamental que los mandos de maniobra y las transmisiones estén bien alineadas y lubricadas para que ejerzan la fuerza suficiente en la maniobra.

En los de aceite se verificará el estado y nivel de aceite dentro de las cámaras.

En los de hexafluoruro de azufre se comprobará el nivel de gas de las cámaras.

En todos ellos se comprobará su correcta actuación.

Se puede realizar medida de resistencia de contactos, esto es medir el valor de la resistencia de las piezas de unión para evitar que se produzcan puntos calientes con el ohmímetro.

4.2.4 Elementos de protección:

Como hemos visto en el Reglamento de Alta tensión los centros de transformación deberán disponer de los elementos necesarios para la protección contra sobreintensidades, sobretensiones y sobrecalentamientos.

Contra sobreintensidades serán empleados los fusibles y los relés de protección que describiremos a continuación.

Contra sobretensiones serán las autovalvulas en el caso de que nuestro centro de transformación sea de intemperie con conexión por línea aérea. Las hemos descrito anteriormente al ser una protección fija cuyo mantenimiento se basa en la medida de las tierras y en su estado visual.

Contra sobrecalentamientos el transformador dispone de sus protecciones térmicas propias como veremos en el apartado correspondiente.

En caso de existir cualquier otra protección, debe ser revisada y comprobada independientemente de que no sea necesaria ya que existe la máxima de que elemento instalado, debe estar en perfecto estado de funcionamiento y en caso de que no sea necesario ha de eliminarse si no funciona.

4.2.4.1 Fusibles

Los fusibles son elementos de protección contra cortocircuitos. Su diseño consiste en un hilo conductor de una determinada sección que soportará el paso de la intensidad para la que está diseñado, en caso de que la intensidad supere ese valor, por efecto de la temperatura se fundirá interrumpiendo el paso de la corriente y abriendo el circuito.

Los más habituales son los de expulsión que se emplean en líneas y transformadores aéreos. Al fundir basculan y se abren como si fueran un seccionador. Tienen la ventaja de que se pueden abrir y cerrar con tensión.

También son muy comunes los fusibles con agente extintor, su interior este relleno de arena de cuarzo que se encarga de ser el agente extintor del arco eléctrico producido durante la fusión. Está constituido por un hilo de plata de gran conductividad arrollado sobre una base de material cerámico y en cuyos extremos figuran unos contactos de cobre para la conexión eléctrica a los casquillos del fusible. En uno de los extremos se encuentra un muelle tensado al que va unido un hilo de elevada resistencia alojado en el interior de la cerámica mediante

un elemento de soldadura. Al producirse la fusión de la plata se deshace la soldadura, se libera el muelle, y asoma el percutor, que además de señalar la fusión del fusible actuará sobre el interruptor para abrir el circuito. Están alojados en el interior de las cabinas.

Normalmente el calibre de los fusibles está comprendido entre 1,6 y 2,5 veces la intensidad nominal primaria del transformador a proteger, para evitar fusiones por sobreintensidad producida en la puesta en servicio del transformador.

Mantenimiento de los fusibles.

Los fusibles deben ser revisados durante las operaciones de mantenimiento y comprobar los siguientes parámetros:

Estado de conservación.

Intensidad nominal adecuada.

Montaje con el percutor en el lado correcto.

Medida de resistencia, en caso de no darnos continuidad, deberemos sustituir el fusible ya que esta fundido, lo realizaremos con el multímetro.

4.2.4.2 Relés de Protección.

Para proteger las instalaciones por sobre intensidad tanto en fases como en neutro se utilizan los relés de protección.

Este tipo de relés pueden ser directos o indirectos.

Los directos son aquellos que están montados en cada una de las fases del interruptor. Cada vez se utilizan menos ya que son más sensibles y menos fiables, pudiendo actuar en caso de maniobras en la red sin llegar a ser defecto de intensidad.

Los indirectos son aquellos relés electrónicos que alimentados a través de los transformadores de protección y según la programación de regulación que se les configure, son capaces de enviar una señal de disparo a la bobina del interruptor de protección correspondiente.

Permiten una mejor calibración y sensibilidad, además de poder controlarse a distancia.

4.2.5 Transformadores de medida y protección.

Los transformadores de medida y protección son aparatos destinados a convertir los valores de tensión e intensidad que circula en el lado primario de la instalación a valores seguros y admisibles por los instrumentos de medida, bien sean amperímetros, voltímetros o contadores de energía.

Se dividen en dos tipos dependiendo de su función:

De intensidad:

Transforman la intensidad que circula por la instalación. Se han de conectar en SERIE con el circuito principal y el devanado secundario no debe quedarse en circuito abierto ya que se dañaría el equipo.

El arrollamiento secundario está bobinado sobre su propio núcleo y los arrollamientos primarios permiten conseguir varias intensidades nominales variando su conexión.

Los parámetros principales que definen un transformador de medida de intensidad son los siguientes:

- Tensión nominal
- tensiones de ensayo
- frecuencia nominal
- Tipo de aislamiento (Interior/exterior)
- Intensidad nominal primario / secundario.
- Intensidad límite térmica: valor eficaz de la corriente primaria que soporta el transformador.
- Intensidad límite dinámica: cresta de la primera semionda que puede soportar el transformador (2,5 veces I_{cc})
- Intensidad térmica permanente o de calentamiento (120 % I_n)
- Error de intensidad de fase / compuesto
- Clase de precisión
- Carga de precisión; valor en VA de carga conectada en el secundario con la que se garantiza la clase de precisión.

Cuando su finalidad es alimentar un contador de energía para facturación por parte de la Compañía Distribuidora, las especificaciones de los parámetros vienen dictadas por dichas Compañías, y deben estar verificados y certificados por Laboratorio Metrológico Homologado. En el anexo I se pueden ver certificados.

De tensión:

Transforman la tensión nominal de la instalación. Se han de conectar en PARALELO con el circuito principal. Por el arrollamiento primario apenas circula intensidad y los arrollamientos secundarios están bobinados sobre el mismo núcleo. El arrollamiento primario se puede conectar Fase-Tierra o Fase-Fase.

Los parámetros principales que definen un transformador de medida de tensión son los siguientes:

- Tensión nominal primario
- Tensión nominal secundario
- Factor de tensión o de sobretensión
- Tensiones de ensayo
- Forma de conexión (fase-fase o fase-tierra)
- Frecuencia nominal
- Tipo de aislamiento (Interior/exterior)
- Error de tensión (o error de relación) / Error de fase
- Potencia de secundario
- Clase de precisión

Al igual que con los transformadores de medida de intensidad, cuando su finalidad es alimentar un contador de energía para facturación por parte de la Compañía Distribuidora, las especificaciones de los parámetros vienen dictadas por dichas Compañías, y deben estar verificados y certificados por Laboratorio Metrológico Homologado. En el anexo I se pueden ver certificados.

El mantenimiento en este tipo de transformadores es muy limitado ya que en centros de transformación se instalan en el interior de la denominada Celda de Medida, debido a que su función es dotar de señal a los contadores de energía para facturación, y dichas celdas se encuentran precintadas por la Compañía Eléctrica, su acceso tiene que ser notificado y su manipulación tiene que ser verificada para evitar fraudes.

4.2.6 Transformadores de potencia.

Se trata del elemento principal del centro de transformación.

Es una maquina eléctrica diseñada para modificar la tensión de entrada con respecto a su tensión de salida.

Características constructivas y elementos:

Devanados: arrollamientos de los transformadores.

Cuba: la carcasa metálica que protege y contiene los devanados.

Bornas: elementos de conexión de los conductores tanto en alta como en baja tensión.

Características técnicas:

Las características técnicas que definen al transformador son los siguientes y vienen indicadas la Placa de Características que deberá estar en lugar visible y accesible:

Potencia nominal (kVA):

Es la potencia aparente máxima que puede conectarse en el secundario de baja tensión, o lo que es lo mismo, la potencia aparente máxima que se puede demandar de la máquina. Se mide en Kilovoltiamperios.

Los transformadores suelen estar diseñados para aguantar un 20% de sobrecarga respecto a su potencia nominal, si bien las sobrecargas tendrán efectos negativos en su vida útil.

Las potencias normalizadas más comunes en los centros de transformación son:

25-50-100-160-250-400-630-800-1000-1250-1600 kVA.

Tensión Primaria (kV):

Es la tensión de funcionamiento en el lado de alta del transformador en condiciones normales de funcionamiento. Se mide en kilovoltios. Viene definida por la tensión de suministro de la Compañía Eléctrica, siendo los valores más comunes 15-20 kV.

Intensidades Primarias (A):

Son los valores de intensidad medida en Amperios (A) que circularan en el devanado primario o de Alta Tensión cuando el transformador trabaje a potencia nominal.

La fórmula que define la intensidad nominal primaria es:

$$I(A) = S(kVA) / \sqrt{3} \times V(kV)$$

Tensión Secundaria (V)

Es el valor de tensión en Baja Tensión, medido en bornas del transformador. Suele ser superior a los valores normalizados de funcionamiento para prevenir caídas de tensión en las cargas finales.

Intensidad Secundaria (A)

Es la intensidad máxima que se alcanza cuando el transformador trabaja a su potencia nominal.

Estos valores determinarán por un lado los equipos de medida necesarios para la medida en Baja Tensión y por otro el dimensionamiento de las protecciones de Baja Tensión.

Tensión de cortocircuito

Es el valor de la tensión que se debe aplicar en bornas del primario del transformador para, estando cerrado en cortocircuito las bornas del secundario, alcanzar en dicho secundario su intensidad nominal.

Este valor se da en % respecto a la tensión nominal primaria y ofrece el valor de la impedancia equivalente de los devanados del transformador.

Este valor es muy importante a la hora de acoplar en paralelo transformadores, ya que debe ser la misma para evitar recirculación de intensidades entre ellos y que la potencia total conectada no se repartiera por igual entre los transformadores.

Regulación de Tensión:

Dependiendo de las cargas conectadas en el lado secundario del transformador, las tensiones obtenidas fluctúan, por lo que el aumento o disminución de dichas cargas pueden provocar variaciones anómalas en el valor de la tensión. Para ello, los transformadores están contruidos con tomas intermedias para facilitar su regulación.

Esta regulación se realiza en el bobinado de alta tensión por ser menor la sección del hilo de las espiras y por permitir mejor el ajuste en intensidades menores.

La placa de características muestra el esquema de los devanados, su posición y sus tensiones.

Tipo de refrigeración:

Nos indica la refrigeración del transformador.

Natural o forzada, si no hay equipos asociados sería ventilación natural y sería por convección, en caso de la forzada se instalan ventiladores.

Pueden ser de tipo seco o en baño de líquido dieléctrico, principalmente aceite si bien se usa también silicona.

Transformador de ACEITE:

Este tipo de transformadores tiene su circuito magnético y los bobinados sumergidos en un líquido aislante, normalmente aceite mineral, que cumple las misiones de aislamiento entre las partes en tensión y refrigeración.

Existen tres tipos de transformadores de aceite, aquellos que poseen depósito de expansión, los de llenado integral y los que el nivel de aceite se encuentra en la cuba.

Los que poseen el nivel de aceite en la cuba tienen una cámara de aire para la expansión del aceite debido a los cambios de temperatura. El nivel de aceite y su estado se comprueba a través de un visor. Tienen una válvula de seguridad para evitar sobrepresiones debido a la formación de gases.

Los que poseen depósito de expansión, tienen una pequeña cuba en la superficie donde se ve el nivel de aceite.

Los de llenado integral, están completamente llenos del dieléctrico por lo que no tienen nivel. Así mismo están presurizados para no permitir la entrada de aire y eliminar la posible oxidación. Las posibles variaciones del volumen de aceite son absorbidas por la cuba, permitiendo deformaciones no permanentes por el efecto de la temperatura. Para proteger este

tipo de transformadores se instalan termostatos que envían la orden de apertura al interruptor de protección en caso de alcanzar altas temperaturas para evitar defectos internos y los llamados bloques de protección que son dispositivos que protegen al transformador de altas temperaturas, sobrepresiones y disminuciones del nivel. Igualmente manda la orden de apertura al interruptor de protección según los umbrales regulados.

Transformador SECO:

En estos transformadores, los bobinados están encapsulados en resina. Están diseñados para instalaciones de interior aunque se pueden instalar en el exterior si se protegen con una envolvente.

Los principales defectos que se pueden dar en un transformador son:

SOBRECARGA

CORTOCIRCUITO

DEFECTO A TIERRA

SOBREFLUJO

El mantenimiento de un transformador de aceite consiste en:

Limpieza de todos sus elementos, cuba, porcelanas, radiadores...

Observación de pérdidas de fluido a través de las juntas, bornas, válvulas, etc.

Reapriete de los elementos.

Medida de aislamiento entre sus arrollamientos.

Comprobación de anclaje y conexión a la red de tierra de herrajes de los raíles.

Pruebas de actuación de sus protecciones propias instaladas.

Toma de muestra y análisis de rigidez dieléctrica del fluido dieléctrico.

Verificación del estado de la pintura.

El mantenimiento de un transformador de tipo seco o encapsulado requiere de lo anterior con la salvedad de que, al carecer de fluido dieléctrico, no habrá posibles pérdidas y no será necesario el análisis.

Habrà que prestar especial atención a su protección térmica ya que este tipo de transformadores alcanzan mayores temperaturas.

Hay que verificar que la placa de características es legible.

Que la regulación es correcta.

Pruebas a realizar en los transformadores:

ENSAYO DE AISLAMIENTO:

Para verificar que no se produzcan averías por falta de aislamiento, se realizan los siguientes ensayos o medidas de comprobación, se utilizará un medidor de aislamiento:

Aislamiento entre el devanado de alta y el de baja tensión:

Se aplica una tensión continua de 5000-10000V entre la borna de alta y la de baja tensión durante un minuto tal como se muestra la figura.

Aislamiento entre el devanado de alta tensión y la cuba o también denominado entre Alta tensión y Tierra:

Se aplica una tensión continua de 5000-10000V entre la borna de alta tensión y la cuba o la conexión de tierra durante un minuto tal como se muestra en la figura.

Aislamiento entre el devanado de baja tensión y la cuba también denominado entre Baja y Tierra

Se aplica una tensión continua de 500-1000 V entre la borna de baja tensión y la cuba o la conexión de tierra durante un minuto.

Ensayo de continuidad

Ensayo de medida de resistencias

Ensayo de relación de transformación

4.2.7 Interruptor general de baja tensión.

Según el REBT de 2002, se deberá disponer de un interruptor de corte omnipolar y protección contra cortocircuitos. Este elemento es el punto frontera entre la instalación de alta y baja tensión a efectos de las Inspección Reglamentarias por Organismo de Control por lo que será objeto de inspección tanto en la de alta tensión como la de baja.

Todos los circuitos de baja tensión existentes en el centro de transformación (ya sea alumbrado, fuerza auxiliar, elementos de control...) han de estar conectados aguas abajo de esta protección de tal modo que no queden alimentados directamente del transformador sin protección alguna ya que podría causar un accidente por contacto eléctrico si el operador cree que ha dejado la instalación fuera de servicio.

Se presentan varias disposiciones ya que se puede instalar un seccionador combinado con fusibles o directamente un interruptor automático.

Las características que se han de contemplar es la intensidad nominal del transformador en su lado de baja tensión y su poder de corte, que nos lo dará también la potencia de cortocircuito del transformador.

Un defecto muy común es la no instalación de elemento de corte omnipolar, conectando directamente los conductores a una base de fusibles.

4.2.8 Redes de Puesta a Tierra.

Los centros de transformación constan de dos redes de puesta a tierra que serán las encargadas de velar por la seguridad de las personas y equipos en caso de defecto a tierra.

Las redes de puesta a tierra deben tener un punto de medida accesible y seccionable, llamado “puente de prueba” o “caja seccionadora”, las medidas se realizan con dicho puente abierto y cerrado para obtener los valores tanto de las picas como de todo el circuito.

Las partes que comprenden un sistema de puesta a tierra son los siguientes:

- Conductores de unión:

Los conductores de unión han de ser de sección adecuada a la intensidad que en un momento dado pueda recorrerlos, para evitar calentamientos inadmisibles e incluso la fusión del conductor. El tendido o hincado ha de hacerse con conductor desnudo y debe estar visible en la medida de lo posible para poder comprobar visualmente su estado. No se permite interrumpir el circuito mediante elementos automáticos y su continuidad solo puede ser interrumpida en los puentes de prueba para su medida.

- Electrodo: los electrodos son elementos metálicos conductores que se introducen en el suelo para unir la red de tierra con el terreno. Los electrodos pueden ser picas, placas o pletinas, siendo las más utilizadas las picas y las placas de cobre, hierro o acero galvanizado.

- Terreno: dependiendo del tipo de suelo donde este la instalación, habrá mayor o menor resistividad, siendo los más desfavorables los suelos rocosos y compactos. La humedad y la temperatura del suelo afectan a la resistividad siendo conveniente una alta humedad y una alta temperatura.

Una vez descrito los componentes de las redes de tierra, debemos distinguir claramente entre las dos redes de puesta a tierra que existen por diseño en un centro de transformación y son:

RED DE PROTECCION:

También llamada comúnmente red de tierra de herrajes o de masas. Su misión es proteger a las personas ante contactos indirectos. Es la encargada de dotar a la instalación de una red equipotencial.

Todos los elementos susceptibles de entrar en tensión deben estar conectados a esta red de tierra como pueden ser las envolventes metálicas de las cabinas, los transformadores, rejillas de ventilación, mandos, palancas...

La conexión se realiza mediante conductor de cobre o aluminio desnudo de sección no inferior 35mm² en caso del cobre.

El valor máximo admisible según la DGIEM es de 20 ohmios sin necesidad de realizar la prueba de paso y contacto, si bien está supeditado a los valores obtenidos por la medición del paso y contacto.

La medida de paso y contacto no es obligatoria en centros de transformación si bien la vamos a describir ya que en caso de obtener valores altos de resistencia es obligatorio confirmar la seguridad de la instalación mediante este método:

RED DE TIERRA DE SERVICIO:

La configuración normal de un centro de transformación es con el transformador conectado rígidamente a tierra. Esta red dará protección a los equipos instalados aguas abajo del transformador mediante su conexión del neutro a esta red.

El valor resultante será válido dependiendo de la protección instalada en baja tensión, si bien los valores admisibles los darán también sobre todo los equipos electrónicos instalados ya que muchos de ellos requieren unos valores máximos de puesta a tierra para protegerse por lo que se considera óptimo un valor inferior a 5 ohmios.

MEDICION DE LAS TOMAS DE TIERRA:

La medición de los valores de resistencia de las redes de puesta a tierra ha de realizarse al menos una vez al año según el REBT 2002 y siempre en los momentos más desfavorables, es decir, cuando el terreno esté más seco o poco húmedo.

El método más utilizado es el de “Caída de Tensión”, para ello se utiliza un termómetro cuyo fundamento físico es el puente de Wheastone. La resistencia variable del puente de Wheastone se encuentra en el interior del equipo de medida siendo las otras tres resistencia que forman el circuito los contactos de la toma de tierra a medir, la pica auxiliar de tensión y la pica auxiliar de intensidad.

El método a seguir es el siguiente:

1. Desconectamos el circuito de la red de tierra que queremos medir.
2. Conectamos a la toma de tierra la borna del equipo que nos indicará la resistencia del terreno.
3. A una distancia de entre 20 y 50 metros hincamos la pica auxiliar de intensidad.
4. una distancia de entre 20 y 50 metros hincamos la pica auxiliar de tensión, en dirección opuesta a la pica de intensidad o formando un triángulo con ella.

Una vez equilibrado el puente internamente aparece el valor de resistencia de puesta a tierra.

MANTENIMIENTO DE LAS REDES DE PUESTA A TIERRA:

El mantenimiento de las redes de puesta a tierra aun obteniendo valores óptimos de servicio es de vital importancia tanto para la seguridad de las personas como de los equipos receptores por lo que hay que conservar el contacto de los electrodos con el terreno y vigilar la resistividad del mismo.

Para ello se debe regar periódicamente los electrodos, verificar que las arquetas están limpias y que los elementos de unión están en correcto estado. En caso de que regando no fuera suficiente para mantener baja la resistividad, deberíamos disminuirla artificialmente, mediante el tratamiento con sales higroscópicas, o geles.

El tratamiento con sales consiste en realizar una excavación poco profunda alrededor del electrodo y enterrar sal. Una vez regada se disociará e infiltrará en el terreno, captando la humedad y proporcionándosela al electrodo.

El tratamiento con geles es igual que el de con sales, pero al tratarse de material viscoso se deshará más lentamente, obteniendo una duración mayor del tratamiento.

CAPITULO 5. CASO PRACTICO REAL

En este capítulo vamos a describir un caso práctico realizado en una instalación perteneciente a una Fábrica de Galvanizados.

Previamente a los trabajos se ha realizado la Coordinación de Actividades Empresariales consistente en una reunión entre la Empresa Mantenedora y la Propietaria de la Instalación para intercambiar información en materia de Prevención de Riesgos.

La Empresa Propietaria solicita la siguiente documentación que ya hemos visto anteriormente:

- Cualificación de los trabajadores.
- Apto médico.
- Documento de entrega de Equipos de Protección Individual y la Caducidad de los mismos.
- Evaluación de Riesgos del Puesto de Trabajo.
- Justificante de estar al Corriente de Pagos con la Seguridad Social.
- TCs

Así mismo entrega información de los riesgos de su instalación, vías de evacuación, planos y accesos de la planta y del Centro de Transformación y esquemas eléctricos.

Una vez intercambiada la documentación se elige una fecha fuera del horario normal de trabajo, es decir, en festivo para no interrumpir la producción de la Fábrica.

La instalación consiste en:

Centro de transformación de exterior prefabricado.

Dos transformadores de 1000 kVA de baño de aceite con protección térmica.

Celda de protección general interruptor seccionador aislado en hexafluoruro de azufre con relé indirecto de protección.

Dos celdas de protección de transformador interruptor seccionador aislado en hexafluoruro de azufre con protección por fusibles-

Celda de medida precintada por la Compañía Eléctrica

Puentes de conexión hasta las bornas de alta tensión de los transformadores.

Dos interruptores generales de baja tensión de protección del lado secundario del transformador de 4x 1.600A.

Local:

Se revisa la existencia de Libro de Instrucciones de Control y Mantenimiento y se rellena para dejar constancia de los trabajos realizados.

Se realiza limpieza del local y se comprueba que no existan elementos ajenos a la instalación.

Se revisa que exista esquema unifilar en la instalación y a su vez que este se corresponda con los elementos instalados.

Se comprueba que el alumbrado ordinario es suficiente para el local.

Se comprueba que el alumbrado de emergencia tenga la duración indicada de 1 hora y proporcione los luxes indicados.

Se comprueba la existencia de carteles de señalización:

- Primeros Auxilios
- Cinco Reglas de Oro
- Instrucciones de Servicio (también llamado Secuencia de Maniobra)

Se comprueba la existencia de guantes dieléctricos, su caducidad y su estado de conservación.

Se revisa la existencia del extintor y su estado.

Se comprueba la existencia y el estado de la pértiga detectora de presencia de tensión.

Se comprueba la existencia y el estado de la banqueta aislante.

Se comprueba el estado de paredes y techos por si existieran signos de humedad.

Resultado:

Correcto.

Interruptor General:

Interruptor Automático de las siguientes características:

Intensidad Nominal: 400A

Tensión de Servicio: 24 KV.

Mando Manual



Imagen 1. Interruptor general

Se realizan las siguientes comprobaciones:

Comprobaciones Mecánicas:

Estado Mecanismos:	Correctos.
Estado Limpieza:	Efectuada.
Enclavamiento:	Existe y la secuencia es correcta.
Funcionamiento:	Correcto.
Amortiguación:	Correcta.
Estado de Muelles:	Correcto y engrasados.
Nº de Maniobras :	74.
Dispositivos de Señalización:	Correctos.

Comprobaciones Físicas de las Cámaras:

Contactos:	Correctos.
Bielas acondicionamiento:	Correctos.
Fugas:	No existen.
Cabezales:	Correctos.

Comprobaciones Eléctricas:

Pruebas de Funcionamiento:	Se realizan durante las pruebas de relé.
Bobina:	Estado correcto. Bobina de cierre de 220V AC.

Estado General:

Pintura:	Correcta	Estructura:	Correcta
Anclajes:	Correcto	Atmósfera:	Correcta
Calefactores:	No existen	Prot. Personales:	Correctas.
Puesta a tierra:	Correcta		

Resultado: Estado Correcto. Sin defectos.

Protección del Transformador nº1:

Interruptor de las siguientes características:

Intensidad nominal: 400A.

Tensión de Servicio: 24 kV.

Tensión de Ensayo: 125/50 kV.

Intensidad de Cortocircuito: 16 kA.



Imagen 2. Interruptor proteccion T1

Comprobaciones Mecánicas:

Estado de Mecanismos:	Correctos.
Abrazaderas de Seguridad:	Correctas.
Transmisiones:	Correctas.
Ajustes:	Correctos.
Señalizaciones:	Señalizaciones.

Comprobaciones Eléctricas:

Estado de los contactos:	Correctos.
Estado de las cuchillas:	Correcto-
Presión de SF6:	Correcto-
Penetración y alineación:	Correcta.
Contactos auxiliares:	Correcto.

Comprobación Conexiones Terminales:

Estado:	Correcto.
Limpieza:	Efectuada.
Tipo:	Enchufables.
Signos de fogueo:	No existen.

Estado General:

Pintura: Correcta Bastidor: Correcta
Anclajes: Correcto Atmósfera: Correcta
Calefactores: No existen Prot. Personales: Correctas.
Puesta a tierra: Correcta

Resultado: Estado Correcto. Sin defectos.

Fusibles transformador n°1:

Fusibles de las siguientes características:

Intensidad nominal: 63A.

Tensión de Servicio: 10/24 kV.

Comprobaciones Mecánicas:

Estado de Mordazas: Correctos.

Montaje: Correcto.

Percutor: Correcto. 80 N.

Calibre: Correcto para la intensidad a proteger, 38,5 A.

Continuidad/fusión: Correcta. No existen fusibles fundidos.

Resultado: Estado Correcto. Sin defectos.

Protección del Transformador n°2:

Interruptor de las siguientes características:

Intensidad nominal: 400A.

Tensión de Servicio: 24 kV.

Tensión de Ensayo: 125/50 kV.

Intensidad de Cortocircuito: 16 kA.



Imagen 3. Interruptor proteccion T2

Comprobaciones Mecánicas:

Estado de Mecanismos: Correctos.
Abrazaderas de Seguridad: Correctas.
Transmisiones: Correctas.
Ajustes: Correctos.
Señalizaciones: Señalizaciones.

Comprobaciones Eléctricas:

Estado de los contactos: Correctos.
Estado de las cuchillas: Correcto.
Presión de SF6: Correcto.
Penetración y alineación: Correcta.
Contactos auxiliares: Correcto.

Comprobación Conexiones Terminales:

Estado: Correcto.
Limpieza: Efectuada.
Tipo: Enchufables.
Signos de fogueo: No existen.

Estado General:

Pintura: Correcta Bastidor: Correcta
Anclajes: Correcto Atmósfera: Correcta
Calefactores: No existen Prot. Personales: Correctas.
Puesta a tierra: Correcta

Resultado: Estado Correcto. Sin defectos.

Fusibles transformador n°2:

Fusibles de las siguientes características:

Intensidad nominal: 63A.

Tensión de Servicio: 10/24 kV.

Comprobaciones Mecánicas:

Estado de Mordazas: Correctos.

Montaje: Correcto.

Percutor: Correcto. 80 N.

Calibre: Correcto para la intensidad a proteger, 38,5 A.

Continuidad/fusión: Correcta. No existen fusibles fundidos.

Resultado: Estado Correcto. Sin defectos.

Transformador n°1:

Tipo: 1000/24/20-15 B2. Interior.

Potencia: 1.000 kVA

Año: 2006

Conexión: Dyn11

Tensión de CC a 75°: 5,87%

Refrigeración: Natural. ONAN Aceite.

Extracción de Muestras: NO. Llenado Integral.

Peso total: 2.455 kg.

Peso Aceite: 565 kg.

Peso Desencubado: 1.440 kg.

Relación de transformación: 5 posibles regulaciones. 17-16,5-16-15,5-15 (kV)- 420V

Posición Regulador: 2-16.500V

Intensidad de primario: 38,49 A

Intensidad de secundario: 1.375 A

Medida de Aislamiento: Correcta.



Imagen 4. Transformador n°1

AT-BT (5kV) : 13,1 GΩ
AT-T (5kV) : 13,75 GΩ
BT-T (500V) : 4,60 GΩ

Protecciones:

Termómetro: Estado actual 35°. Alarma a 75° Disparo a 90°. Actuación Correcta.
Puesta a tierra de cuba: correcta.
Puesta a tierra de neutro: correcta.
Sobreintensidad: En primario Fusibles. En secundario Interruptor automático. Correcto.

Componentes Auxiliares:

Bornas: Estado Correcto. Sin rotura y sin signos de fogeo. Se reaprietan.
Fugas: No existen.
Pintura: Correcta.
Anclajes: Incorrecto. Sin conexión a la red de tierra de herrajes.
Movilidad a taller. Correcta.
Limpieza Efectuada.
Foso de drenaje: Correcto con lecho cortafuegos.
Radiadores: Correctos. Sin fuga.
Válvula de vaciado tipo Rosca. Correcta.

Resultado: Estado Incorrecto. Carente de Anclaje Adecuado.

Transformador nº2:

Tipo: 1000/24/20-15 B2. Interior.
Potencia: 1.000 kVA
Año: 2006
Conexión: Dyn11



Imagen 5. Transformador nº2

Tensión de CC a 75°: 5,87%

Refrigeración: Natural. ONAN Aceite.

Extracción de Muestras: NO. Llenado Integral.

Peso total: 2.455 kg.

Peso Aceite: 565 kg.

Peso Desencubado: 1.440 kg.

Relación de transformación: 5 posibles regulaciones. 17-16,5-16-15,5-15 (kV)- 420V

Posición Regulador: 2-16.500V

Intensidad de primario: 38,49 A

Intensidad de secundario: 1.375 A

Medida de Aislamiento: Correcta.

AT-BT (5kV) : 17,96 GΩ

AT-T (5kV) : 13,98 GΩ

BT-T (500V) : 6,03 GΩ

Protecciones:

Termómetro: Estado actual 38°. Alarma a 75° Disparo a 90°. Actuación Correcta.

Puesta a tierra de cuba: correcta.

Puesta a tierra de neutro: correcta.

Sobreintensidad: En primario Fusibles. En secundario Interruptor automático. Correcto.

Componentes Auxiliares:

Bornas: Estado Correcto. Sin rotura y sin signos de fogueo. Se reaprietan.

Fugas: No existen.

Pintura: Correcta.

Anclajes: Incorrecto. Sin conexión a la red de tierra de herrajes.

Movilidad a taller. Correcta.

Limpieza Efectuada.

Foso de drenaje: Correcto con lecho cortafuegos.

Radiadores: Correctos. Sin fuga.

Válvula de vaciado tipo Rosca. Correcta.

Resultado: Estado Incorrecto. Carente de Anclaje Adecuado.

Relé de protección General.

Tipo: 50-51 F-N

Estado: Correcto.

Conexiones: Correcto.

Ajustes y reglajes: Correcto.

Transmisión de disparo: Correcto.

Disparo Interruptor: Correcto.

Señalización: Correcta.

Regulación Protección Fases:



Imagen 6. Relé de Protección

Fases. 92 A (120% Intensidad Nominal de los Transformadores)

Retardo: Curva Extremadamente inversa. En los anexos se encuentran los tipos de curva.

Instantáneo: 920 A – 0,1 s.

Actuación:

FASE R : 148,7 A – 10, 8 s

FASE S : 150,5 A - 9,69 s

FASE T : 148,5 A – 10,7 s

Arranque del relé en 100 A.

Regulación Protección Homopolar:

Fases. 15,4 A (20% Intensidad Nominal de los Transformadores)

Retardo: Curva normal inversa. En los anexos se encuentran los tipos de curva.

Instantáneo: 5 veces x15,4 A =77 A – 0,1 s.

Actuación:

HOMOPOLAR FASE R : 28 A – 2,32 s

HOMOPOLAR FASE S : 24 A - 2,9 s

HOMOPOLAR FASE T : 28 A – 2,42 s

Arranque del relé en 16,5A.

Resultado: Estado y Actuaciones Correctas.**Interruptor de Protección de Baja Tensión n°1:**

Intensidad Nominal: 1.600A

Tensión Nominal: 750V

Poder de Corte: 45kA

Poder de Cierre: 45kA

Comprobaciones Eléctricas:

Circuitos Eléctricos: Correcto.

Imagen 7. Interruptor general BT n°1

Contactos Principales. Correcto.

Contactos Seccionables: Correcto.

Camaras de extincion: Correctas sin signos de fogueo.

Comprobaciones Mecánicas:

Enclavamientos: carece.

Limpieza: Efectuada.

Funcionamiento: Correcto.

Ajustes y engrase: Efectuados. Correcto.

Señalización: Correcta.

Regulación y Protecciones:

Relé de regulacion: Correcto.

Calibre: 1.600A

Regulacion:

Termica: 1x1.600A

Magnética: 5x1600A

Întensidad a Proteger: 1375A

Selectividad: Correcta.

Resultado: Estado y Actuaciones Correctas.

Interruptor de Protección de Baja Tensión n°2:

Intensidad Nominal: 1.600A

Tensión Nominal: 750V

Poder de Corte: 45kA

Poder de Cierre: 45kA



Comprobaciones Eléctricas:

Circuitos Eléctricos: Correcto.

Contactos Principales. Correcto.

Contactos Seccionables: Correcto.

Camaras de extincion: Correctas sin signos de fogueo.

Imagen 8. Interruptor general BT n°2

Comprobaciones Mecánicas:

Enclavamientos: carece.

Limpieza: Efectuada.

Funcionamiento: Correcto.

Ajustes y engrase: Efectuados. Correcto.

Señalización: Correcta.

Regulación y Protecciones:

Relé de regulacion: Correcto.

Calibre: 1.600A

Regulacion:

Termica: 1x1.600A

Magnética: 5x1600A

Íntensidad a Proteger: 1375A

Selectividad: Correcta.

Resultado: Estado y Actuaciones Correctas.

Conductores de conexión a Transformador nº1:

Tipo de Conductor: Aluminio

Aislamiento: RH2 12/20 kV

Sección: 50 mm²

Longitud: 10m

Estado: Correcto.

Conexiones: Correctas.

Puesta a tierra: Correcta.

Sujeciones: Correctas.



Imagen 9. Conductores transformador nº1

Tipo de botellas Terminales:

Retractable de interior.

Identificación Correcta.

Estado Correcto.

Medidas de aislamiento a 5.000V

Fase R- Tierra: $>20.000\Omega$ Tiempo: 60 s.

Fase S- Tierra: $>20.000\Omega$ Tiempo: 60 s.

Fase T- Tierra: $>20.000\Omega$ Tiempo: 60 s.

Resultado: Estado y Medidas Correctas.

Conductores de conexión a Transformador nº1:

Tipo de Conductor: Aluminio

Aislamiento: RH2 12/20 kV

Sección: 50 mm²

Longitud: 10m

Estado: Correcto.

Conexiones: Correctas.

Puesta a tierra: Correcta.

Sujeciones: Correctas.



Imagen 10. Conductores transformador nº1

Tipo de botellas Terminales:

Tipo de botellas Terminales:

Retractable de interior.

Identificación Correcta.

Estado Correcto.

Medidas de aislamiento a 5.000V

Fase R- Tierra: >20.000Ω Tiempo: 60 s.

Fase S- Tierra: >20.000Ω Tiempo: 60 s.

Fase T- Tierra: >20.000Ω Tiempo: 60 s.

Resultado: Estado y Medidas Correctas.

Sistemas de puesta a tierra:

Sección de conductor Tierra de Servicio: 50 mm²

Sección de conductor Tierra de Protección: 50 mm²

Material : Cobre.

Estado de conexiones y grapas: Correcta.

Tipo de botellas Terminales:



Imagen 11. Redes de puesta a tierra

Arquetas: Correctas. Limpieza Efectuada.

Registros de medida: Correcto.

Tension de Paso: No realizada valor adecuado de resistencia.

Tension de Contacto: No realizada valor adecuado de resistencia.

Medidas:

Neutro Transformador n°1: 5,8 Ω

Neutro Transformador n°2: 9,5 Ω

Herrajes: 6,6 Ω

Resultado: Estado y Medidas Correctas.

Resultados Generales:

El centro no cumple con con las normativa vigente:

Es preciso que el transformador tenga un correcto anclaje al suelo, según MIE-RAT-07.4.
Defecto Leve.

CAPITULO 6: PREVENCION DE RIESGOS LABORALES

En este capítulo vamos a determinar los objetivos básicos en materia de Prevención de Riesgos Laborales (PRL) para realizar correctamente los trabajos de mantenimiento.

La normativa aplicable es la Ley de Prevención de Riesgos Laborales 54/2003 que modifica la Ley 31/1995.

Esta Ley dicta una serie de obligaciones y derechos tanto de los empresarios como de los trabajadores para evitar accidentes laborales.

La prevención de riesgos es un objetivo prioritario, teniendo presente la seguridad en todas y cada una de las actuaciones de mantenimiento, y más si cabe con los riesgos especiales que conllevan los centros de transformación como veremos, el Riesgo Eléctrico y los Trabajos en Altura.

El empresario debe integrar la actividad preventiva en la empresa y adoptar cuantas medidas se necesiten para proteger la salud y la seguridad de sus trabajadores.

Es indispensable hacer seguimientos periódicos del Sistema de Gestión de Prevención de Riesgos Laborales. Cada trabajador debe asumir la gestión que le corresponda.

La empresa deberá dotar de todos los medios necesarios al trabajador para minimizar los riesgos a los que está expuesto.

Dado que los trabajos de mantenimiento de centros de transformación no son instalaciones fijas para los trabajadores, por lo que no hay un centro fijo de trabajo, se deberá velar aún más si cabe por su seguridad.

Para ello se deberá informar a los trabajadores de los riesgos asociados a su puesto de trabajo, dándoles la formación necesaria para prevenirlo.

Dotarles de los equipos de protección individual específicos para el desarrollo de su labor que normalmente son los siguientes:

- Ropa de trabajo ignífuga.
- Casco con pantalla de protección inactiva
- Botas de seguridad aislantes.
- Guantes dieléctricos de clase adecuada al nivel de tensión.
-

Además se les dotará de equipos de protección colectiva como son las pértigas aislantes de maniobra, detectoras de tensión, banqueta aislante y equipos de puesta a tierra portátiles.

Es obligación del empresario y del trabajador velar por el perfecto estado de conservación de los equipos, debiendo ser revisados y/o sustituidos periódicamente previamente a su caducidad.

Los trabajadores deberán utilizarlos correctamente y mantenerlos para desarrollar su trabajo.

Así mismo los trabajadores deberán respetar las medidas de seguridad asociadas a su puesto de trabajo.

La organización de la prevención dispondrá de la siguiente estructura:

Servicio de Prevención Propio Mancomunado en las especialidades de Seguridad en el Trabajo, Higiene Industrial, Ergonomía y Psicología.

Servicio de Prevención ajeno en la especialidad de Medicina del Trabajo.

Concierto de apoyo en las especialidades de Seguridad en el Trabajo, Higiene Industrial, Ergonomía y Psicología con el servicio de Prevención Ajeno, para sus actividades puntuales.

Deben existir trabajadores designados en los trabajos que conlleven riesgo eléctrico o altura y que estarán en posesión de una formación mínima de 60 horas, lo que sería el denominado Nivel Básico y que serán denominados como Recurso Preventivo. Su función es la de vigilar que los trabajos se estén realizando de una forma segura.

El empresario debe velar por la salud de los trabajadores, es la denominada Vigilancia de la Salud, por lo que debe facilitar los medios adecuados para que el trabajador realice un examen médico y para poder realizar trabajos con riesgo debe existir un certificado de aptitud médica según los protocolos asociados a su puesto de trabajo con dictamen APTO.

Debe existir Coordinación de actividades empresariales (CAE) en el que se realizaran las acciones necesarias para garantizar la cooperación en la aplicación de la normativa de prevención de riesgos laborales cuando en un mismo centro de trabajo, desarrollen actividades dos o más empresas y cuando trabajadores/as de empresas contratistas o subcontratistas. En estas reuniones se intercambia información y documentación en materia de prevención de riesgos con el fin de evitar cualquier accidente.

Los trabajadores deberán tener formación en la aplicación de los primeros auxilios ya que en caso de accidente en este tipo de trabajos, las consecuencias pueden ser fatales.

Normalmente, la documentación que se intercambia en esta materia es la siguiente:

Información de Riesgos asociados al puesto de trabajo.

Información de Riesgos de la instalación.

Certificado de aptitud médica del trabajador.

Cualificación para los trabajos (esto lo veremos en el siguiente apartado)

Formación de los trabajadores y autorización para el manejo de maquinaria y equipos:

 Cursos de Riesgo Eléctrico

 Manejo de Plataformas Elevadoras Motopropulsadas (PEMP)

 Curso de Trabajos en Altura

Recibí de equipos de protección individual.

Toda ella debe estar en vigor, firmada por los trabajadores y por la empresa y a disposición de los Técnicos de Prevención de Riesgos.

6.1 Real Decreto 614/2001[4]

El Real Decreto 614/2001, regula las condiciones de trabajo en instalaciones eléctricas, los riesgos de accidente y la prevención de los mismos.

Este Real Decreto, así mismo, aplica a las instalaciones eléctricas de los lugares de trabajo y a las técnicas y procedimientos para trabajar en ellas o en su proximidad.

Dependiendo de los tipos de trabajo que se vayan a realizar, se clasifican en:

- Sin tensión (en frío).
- Con tensión (en caliente) en alta (> 1.000 V) o baja tensión (hasta 1.000 V).
- Maniobras, mediciones, ensayos y verificaciones.
- En proximidad de elementos en tensión de AT o BT.
- En locales con riesgos de incendio o explosión.

En el caso del mantenimiento de instalaciones de Tercera Categoría, y de cara este R.D, se considerarían Trabajos Sin tensión, Maniobras, Mediciones, Ensayos y Verificaciones y en casos puntuales, Trabajos en Proximidad.

Además, define las condiciones personales de capacitación y conocimientos que se tienen que cumplir para poder hacer estos trabajos, estableciendo a tal fin:

Trabajador Autorizado: Trabajador que ha sido autorizado por la empresa para realizar determinados trabajos con riesgo eléctrico, en base a su capacidad para hacerlos de forma correcta.

Trabajador Cualificado: Trabajador autorizado que posee conocimientos especializados en instalaciones eléctricas, debido a su formación acreditada, profesional o universitaria, o a su experiencia certificada de dos o más años.

Jefe de Trabajo: Trabajador designado por la empresa para asumir la responsabilidad efectiva de los trabajos.

Y determina los trabajos que puede realizar cada trabajador en función de la designación que se le haya dado según la tabla adjunta.

	TRABAJOS SIN TENSION	MANIOBRAS, MEDICIONES, ENSAYOS Y VERIFICACIONES	TRABAJOS EN TENSION	TRABAJOS EN PROXIMIDAD
Baja Tensión (Hasta 1.000V)	A	A	C A(reponer fusibles)	Preparación A
Alta Tensión (>1.000V)	C	C A (vigilado por C)	CAE (con vigilancia del Jefe de Trabajo) C (fusibles a distancia)	Preparación A Realización C (0 A vigilado por C)

Tabla 2. Habilitación de los trabajadores según los trabajos a realizar.

Siendo:

A: Autorizado.

C: Cualificado.

CAE: Cualificado y Autorizado Por Escrito. Habilitado para Trabajos en Tensión.

Para poder realizar todos los ensayos y medidas necesarios para un correcto mantenimiento de un centro de transformación, la instalación deberá estar sin tensión o en descargo (en frío). De este modo también se reduce el riesgo de sufrir daños personales y materiales.

Para ello deben adoptarse una serie de medidas indispensables que aseguren la correcta ejecución del descargo. Estas medidas constituyen cinco preceptos básicos y obligatorios que se deben cumplir en el orden indicado antes de comenzar cualquier trabajo sin tensión, son las denominadas **CINCO REGLAS DE ORO**.

En caso de no poder cumplir todas y cada una de las Cinco Reglas de Oro, se deberá considerar que la instalación está en tensión y habrá que tomar todas las medidas necesarias a tal efecto, pudiendo ejecutar los trabajos solo personal habilitado para Trabajos en Tensión en Alta Tensión.

No obstante, para realizar las Cinco Reglas de Oro, el personal deberá disponer y utilizar los Equipos de Protección Individual y Colectiva indicados en apartados anteriores.

Las maniobras y operaciones las harán trabajadores autorizados, en instalaciones de baja tensión y cualificados en el caso de alta tensión o autorizados supervisados.

Primera Regla de Oro. “Apertura con corte efectivo de todas las fuentes de Tensión”

Consiste en abrir un circuito eléctrico una distancia tal que se garantice el aislamiento eléctrico del mismo. Es preferible que el corte, además de ser efectivo sea visible, es decir, que se pueda comprobar a simple vista que se ha realizado.

No siempre es posible realizar el corte visible ya que en las cabinas aisladas en hexafluoruro de azufre no se ve la apertura de los elementos.

Hay que recordar que en baja tensión también existen fuentes de tensión como pueden ser Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI) o grupos electrógenos y que para dejar sin tensión el centro de transformación deberá realizarse a apertura del interruptor general de baja tensión. De hecho la secuencia correcta sería abrir el lado de baja tensión para deslastrar la instalación y posteriormente abrir en el lado de alta tensión.

A pesar de haber interrumpido el suministro o la alimentación eléctrica no se puede considerar aun la instalación sin tensión.

Segunda Regla de Oro. “Enclavamiento o bloqueo de los aparatos de maniobra”

Es necesario impedir que nada ni nadie manibre ningún elemento de la instalación que pueda poner en riesgo la seguridad de los trabajadores. Para ello hay que bloquear dichos elementos.

Podemos distinguir entre distintos tipos de enclavamiento en función de su origen, y cualquier método es correcto mientras aseguremos el cumplimiento de esta Regla de Oro.

Enclavamiento Eléctrico:

Consiste en la apertura y bloqueo de los circuitos eléctricos de alimentación de los mandos, sobre todo, de los interruptores automáticos o elementos telemandados. Se interrumpe la alimentación de las bobinas de maniobra de los interruptores, asegurándonos que no actúen en sobre los mismos.

Enclavamiento Mecánico:

Consiste en inmovilizar el mando del elemento de maniobra mediante el uso de cerraduras, pasadores, cadenas, candados, etc. La llave la guardará el responsable de la maniobra hasta su reposición, garantizando que nadie salvo él pueda maniobrar esa posición.

Enclavamiento o bloqueo físico:

Consiste en colocar una pantalla aislante entre los elementos que no están en tensión y los que sí lo puedan estar de tal modo que exista peligro de contacto accidental.

Es necesario señalar los elementos de maniobra mediante carteles, pegatinas, placas, etc. Que adviertan de la prohibición de manipular los equipos ya que en caso de no poder realizar un enclavamiento o bloqueo por las características de la instalación, es la protección mínima existente.

Tercera Regla de Oro. “Verificación de Ausencia de Tensión”

A pesar de haber cumplido con las dos reglas anteriores, seguimos manteniendo el criterio de que la instalación se encuentra en tensión ya que un fallo en los elementos de maniobra puede mantener la instalación en servicio y no ser conscientes de ello.

La tercera regla de oro consiste en comprobar que en cada una de las fases de la instalación eléctrica no exista tensión. Para ello se utilizan pértigas detectoras de presencia de tensión diseñadas para esta función. Antes de verificar que la instalación no tiene tensión comprobaremos el buen funcionamiento de la pértiga, luego comprobaremos fase a fase la ausencia de tensión y volveremos a asegurarnos que la pértiga funciona correctamente.

Cuarta Regla de Oro. “Puesta a tierra y en Cortocircuito”

Para evitar que en caso de realimentación no tengamos una zona de trabajo segura, se conecta a tierra y en cortocircuito tanto en lado de alta tensión como en el de baja tensión. Esto se puede realizar mediante los seccionadores de puesta a tierra o bien mediante equipos de tierras portátiles.

Quinta Regla de Oro. “ Señalización”

Para delimitar la zona de trabajo y evitar que nadie pueda por error acceder a la zona de trabajo si es ajeno al mismo o salirse de la misma en caso de estar autorizado, se señala y acota.

La señalización se puede realizar mediante cadenas, vallas, cintas o cualquier elemento valido para tal fin.

Cuando la zona de trabajo sin tensión es mucho mayor que la zona con tensión se acostumbra a señalar la zona en tensión para evitar equívocos, esto se suele realizar en grandes subestaciones.

Una vez ejecutadas las Cinco Reglas de Oro, se puede actuar de forma segura y sin tensión en el Centro de Transformación.

En trabajos en Proximidad de elementos en tensión, el trabajador permanecerá fuera de la zona de peligro y lo más alejado que el trabajo le permita. Además es obligatorio que:

Antes de iniciar el trabajo se determine su “viabilidad” (posibilidad de hacerlo sin riesgo bajo su responsabilidad), actuación que llevará a cabo un trabajador autorizado, si la instalación es de baja tensión, y un trabajador cualificado si es de alta tensión.

Delimitar las zonas de trabajo respecto a las zonas de peligro, guardando las distancias de seguridad necesarias según la tensión, de forma eficaz y con material adecuado, con el fin de que la zona de trabajo nunca pueda invadir la zona de peligro.

Informar a todos los trabajadores participantes sobre el lugar y situación de los puntos/elementos en tensión

Finalmente, a la hora de hacer el trabajo este lo realizarán trabajadores cualificados o bajo la vigilancia de uno de éstos, que controlará el cumplimiento de las medidas de seguridad, movimientos y desplazamientos de personas y medios/equipos en la zona de trabajo.

En baja tensión no será exigible la vigilancia.

Se muestra la figura con el esquema de distancias de Peligro y Proximidad y los valores asignados según R.D dependiendo de la Tensión de Servicio y de los riesgos asociados:

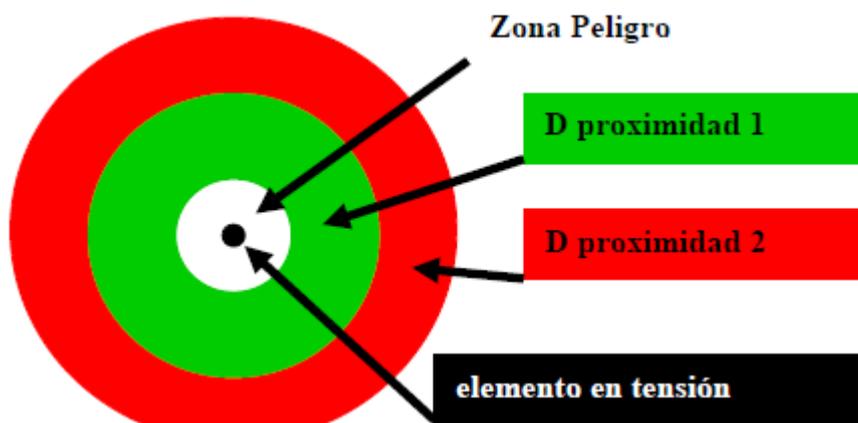


Figura 2. Distancias de Peligro

U_n	D_{PEL-1}	D_{PEL-2}	D_{PROX-1}	D_{PROX-2}
≤ 1	50	50	70	300
3	62	52	112	300
6	62	53	112	300
10	65	55	115	300
15	66	57	116	300
20	72	60	122	300
30	82	66	132	300
45	98	73	148	300
66	120	85	170	300
110	160	100	210	500
132	180	110	330	500
220	260	160	410	500
380	390	250	540	700

Tabla.2 Distancias de Peligro según Tension Nominal

U_n = Tensión nominal de la instalación (kV.).

D_{PEL-1} = Distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando exista riesgo de sobre tensión por rayo (cm).

D_{PEL-2} = Distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando no exista el riesgo de sobre tensión por rayo (cm).

D_{PROX-1} = Distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad cuando resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que esta no se sobrepasa durante la realización del mismo (cm).

D_{PROX-2} = Distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad cuando no resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que ésta no se sobrepasa durante la realización del mismo.

Siendo los valores de 15 y 20 kV los más usuales en los Centros de Transformación.

En caso de que la instalación eléctrica se encuentre en locales donde exista riesgo de incendio y/o explosión, está prohibido hacer cualquier tipo de trabajo en tensión. Si en el local hay riesgo de incendio el trabajo lo realizará un trabajador autorizado, pero si el riesgo es de explosión sólo podrán hacerlo trabajadores cualificados siguiendo un procedimiento de trabajo realizado al efecto.

6.2 R.D 2177/2004 Trabajos en Altura.[5]

Para evitar las caídas a distinto nivel el R.D 2177/2004 define los criterios básicos para trabajos en andamios, escaleras y mediante cuerdas.

Los trabajadores deberán disponer de la formación adecuada para poder realizar los trabajos de acceso y posicionamiento a los centros de transformación de intemperie.

Para poder realizar los trabajos de forma adecuada deberán contar con los equipos de protección individual adecuados, en nuestro caso sería el arnés anticaídas, el sistema de retención con doble gancho, y el sistema de posicionamiento.

Siempre que se realicen trabajos en altura se deberá llevar puesto el casco con el barbuquejo de sujeción.

Estos equipos deberán ser conservados en correcto estado y sustituidos en caso de deterioro o caducidad.

CAPITULO 7: CONCLUSIONES

Para llevar a cabo un correcto mantenimiento de centros de transformación hay que contar con varios factores.

Desde el punto de vista de la continuidad de suministro es necesario que se realice un exhaustivo mantenimiento para evitar averías que afectarían a la producción ya sea en fábricas, edificios de oficinas o incluso el propio suministro doméstico.

Es imprescindible que el propietario de la instalación facilite cuanta documentación tenga a la empresa mantenedora y colabore activamente en su conservación pues de nada sirve realizar una actuación puntual en una instalación si el propietario no pretende invertir en su mantenimiento, o no es partícipe del mismo porque además de no cumplir con la legislación vigente a tal efecto, acabará teniendo interrupción de su negocio.

Por otro lado, y por fortuna, el personal asignado a estos trabajos esta cada día más formado tanto a nivel técnico como en seguridad, recibiendo continuamente reciclajes para mantenerse altamente cualificado. La profesionalización de este sector es cada vez más alta y las empresas son conscientes del servicio que prestan.

La formación técnica es indispensable para poder acometer estos trabajos de la forma más rigurosa posible, y como hemos visto, la necesidad de inversión en equipos de medida y ensayos es económicamente elevada por lo que no todas las empresas pueden prestar un correcto servicio de mantenimiento, por lo que los costes suelen ser más elevados por la cualificación del personal y la amortización de equipos.

La corrección del trabajo realizado en el centro de transformación vendrá indicado por dos vías, la eliminación o minimización de averías en la instalación, es decir un correcto mantenimiento preventivo y por otro, la obtención del Certificado Favorable de la instalación cada tres años. La satisfacción del propietario del centro de transformación vendrá determinado por ambos factores.

El carácter de servicio tendrá que ser una premisa fundamental en este sector ya que en momentos de falta de suministro, por norma general, los usuarios presionan a los mantenedores para que se reponga lo antes posible, lo que nos hace hacer hincapié en la importancia, como hemos visto, de la prevención de riesgos, ya que este tipo de trabajos implica un riesgo añadido, el riesgo eléctrico.

Es de vital importancia seguir los procedimientos de trabajo así como las Cinco Reglas de Oro ya que en caso contrario, independientemente ya de la falta de suministro, se podrá sufrir daños personales en su mayoría irreparables. La confianza y el no realizar dichos

procedimientos por desgracia, se llevan la vida de varios trabajadores al cabo del año y desde luego ningún trabajo está pensado y destinado para ello.

Por experiencia, es indispensable coordinar un buen equipo de trabajo, bien formado y equipado y que sepa tratar con los propietarios y usuarios, siendo la empatía la principal característica si bien nunca faltando a la rigurosidad ya que los defectos detectados no han de esconderse.

La finalidad de toda empresa mantenedora, y de toda empresa, es la de obtener un beneficio industrial, que debe ser satisfecho por el fruto del trabajo bien realizado. Pero si un equipo instalado funciona bien, pese a su antigüedad, mientras cumpla las normas preceptivas puede seguir en servicio por lo que solo se puede aconsejar su mejora.

El asesoramiento técnico en este campo es total ya que normalmente no existe una persona por parte del propietario con amplios conocimientos dada la singularidad de la instalación por lo que normalmente se crea un vínculo de confianza que no debe ser alterado.

10. BIBLIOGRAFIA.

Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23. [1]

Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09. [2]

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. [3]

Real Decreto 614/2001, Riesgo Eléctrico [4]

Real Decreto 2177/2004 Trabajos en Altura [5]

ANEXOS

ANEXO II. Modelo de contrato de mantenimiento

Este modelo de contrato cumple con los requerimientos técnico legales para el mantenimiento de los centros de transformación.

CONTRATO DE MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN

En lugar, a xx de septiembre de 2.015

REUNIDOS

De una parte: **propietario de la instalación**, con domicilio social en ****dirección****, con **C.I.F. numero**, representado en este acto por **D/Dña. nombre y apellidos** con **D.N.I. nº número, en calidad de cargo** y en lo sucesivo denominado "**CLIENTE**".

Y de otra parte **la empresa mantenedora**, con domicilio social, representada en este acto por **D. /Dña. **nombre****, con **D.N.I.numero**, y en lo sucesivo denominado "**Mantenedor**".

Ambas partes reconociéndose la mutua capacidad legal para la firma del presente contrato, puestas previamente de acuerdo.

MANIFIESTAN

- I Que el Mantenedor tiene recogido en su objeto social el MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES y dispone de las correspondientes autorizaciones reglamentarias.
- II. Que en los edificios y/o recintos del CLIENTE existen las instalaciones que se recogen en el ANEXO I. Registradas por el Organismo Oficial correspondiente.
- III. Que el CLIENTE tiene la intención de contratar el mantenimiento y conservación de las instalaciones referidas en el ANEXO I con el CONTRATISTA en las condiciones y formas que se establecerán.

Y A TAL EFECTO, ESTABLECEN LOS SIGUIENTES ACUERDOS:

ARTICULO 1 - OBJETO DEL CONTRATO

Por el presente contrato, el Mantenedor se compromete a efectuar el MANTENIMIENTO en las instalaciones descritas en el ANEXO I, propiedad del CLIENTE y sitas en dirección

ARTICULO 2 - SERVICIOS A REALIZAR POR EL CONTRATISTA

- 2.1. El mantenedor asegurará el MANTENIMIENTO de las instalaciones descritas en el ANEXO I, mediante la intervención de técnicos y oficiales de mantenimiento de acuerdo con los programas de actuaciones que se detallan en el ANEXO II.
- 2.2. El CONTRATISTA, ejecutará los trabajos de mantenimiento de acuerdo con los criterios marcados por la reglamentación vigente relacionada con las instalaciones objeto del presente Contrato.
- 2.3. La organización del mantenimiento será efectuada por el Mantenedor, en función de las características de la instalación y de acuerdo con la reglamentación aludida en el apartado precedente.

La supervisión del mantenimiento será realizada por el Responsable Técnico de Mantenimiento o persona en quien delegue, que visitará las instalaciones tantas veces como lo considere necesario. Será el interlocutor válido del Mantenedor ante el CLIENTE, quién deberá remitir la información adecuada y el que recibirá las instrucciones oportunas y se reunirá con el CLIENTE, para analizar el cumplimiento de los servicios.

- 2.4. El mantenimiento de las instalaciones se realizará según las pautas indicados en ANEXO II.
- 2.5. El Mantenedor, tomará a su cargo los suministros siguientes:
 - Productos de limpieza de piezas y elementos de reparación.
 - Trapos para limpieza de piezas y equipos.
 - Ropa de trabajo para el personal del CONTRATISTA.
 - Herramienta para el mantenimiento de las instalaciones.
- 2.6. El Mantenedor atenderá cualquier trabajo que fuera necesario realizar en las instalaciones del CLIENTE, no incluido en las prestaciones que se indican en el ANEXO II.

Estos trabajos serán previamente autorizados por el CLIENTE y serán facturados por el CONTRATISTA conforme a los precios acordados oportunamente.

- 2.7. Para satisfacer los cometidos que le son confiados, el Mantenedor, se compromete a disponer de personal suficiente y especializado.

Será de exclusiva cuenta del Mantenedor el pago de su personal, del personal ajeno a que se recurra para reparaciones o verificaciones especiales, cuotas de la Seguridad Social, accidentes de trabajo, mutualismo laboral, etc. y demás obligaciones de acuerdo con la legislación laboral vigente.

ARTÍCULO 3 - SERVICIOS NO INCLUIDOS

- 3.1. El suministro de cualquier material no incluido en la enumeración del artículo 2.5.
- 3.2. Los trabajos que impliquen renovación, ampliación o mejora de las instalaciones existentes, que sólo se efectuarán mediante presupuesto previamente aceptado, según artículo 2.6.
- 3.3. El mantenimiento correctivo incluye la mano de obra del personal propio del Mantenedor, quedando excluidos los materiales, mano de obra de los servicios técnicos de los equipos instalados y las reparaciones en talleres especializados.
- 3.3. Los trabajos en instalaciones y/o equipos ajenos a los enumerados en ANEXO I.
- 3.4. Las gestiones ante Organismos Oficiales, sobre las instalaciones de este contrato, que sólo se realizarán mediante presupuestos previamente aceptados.

ARTÍCULO 4 - OBLIGACIONES DEL CLIENTE

- 4.1. Para poder realizar las operaciones de mantenimiento; el CLIENTE se obliga a facilitar al Mantenedor los libros de mantenimiento oficiales debidamente cumplimentados, y/o los planos y datos técnicos de que disponga, en relación con las instalaciones.
- 4.2. El CLIENTE designará una persona de su Organización, a través de la cual deberán canalizarse todas las relaciones con el mantenedor, en cuanto a la ejecución de los servicios contratados. Dicha designación se realizará por escrito, en el momento de la firma del contrato.
- 4.3. El CLIENTE proporcionará, al personal del mantenedor, libre acceso a todos los elementos de la instalación y locales técnicos.

- 4.5. Cualquier modificación que se produzca en las instalaciones objeto de este contrato, deberá ser puesta en conocimiento del mantenedor, con objeto de que sean aceptadas o haga las observaciones oportunas tanto en cuanto a prestaciones, precios u otras estipulaciones establecidas.

ARTÍCULO 5 - DURACIÓN DEL CONTRATO

- 5.1. La duración del presente contrato será de un año a partir de la fecha de la firma y se considerará tácitamente renovado por períodos de igual tiempo, si previamente a su vencimiento no ha sido resuelto por cualquiera de las partes con preaviso de treinta días por carta certificada con acuse de recibo.

ARTÍCULO 6 – PRECIOS

- 6.1. Los servicios especificados en el art. 2 serán remunerados de acuerdo a los siguientes precios:

- **Mantenimiento Preventivo**

Importe a facturar.....

- **Mantenimiento correctivo mediante atención de avisos:**

Hora normal o de desplazamiento:.....

Hora extra:.....

Hora nocturna o festiva:.....

Vehículo:.....

Horario normal entre las 8:00 y las 17:00 h de L a V.

Horario extraordinario entre las 17,00 y los 22,00 h

Horario nocturno entre las 22,00 y los 8,00 h

Los precios mencionados anteriormente no incluyen el IVA, tasas, tributos o impuestos que en su día los sustituyan o modifiquen u otros de nueva creación, que serán a cargo del CLIENTE.

ARTÍCULO 7 – FACTURACIÓN

- 7.1. La facturación de los importes indicados en el art.6, se efectuará después de cada actuación realizada.

- 7.2. El pago de la facturación se realizará mediante...

ARTÍCULO 8 - REVISIÓN DE PRECIOS

- 8.1. El precio estipulado en el art. 6 del presente contrato, es fijo y no podrá ser revisado durante el año de duración explícita del mismo.
- 8.2. Anualmente, con fecha uno de enero, el precio se actualizará, aplicando el Índice de Precios al Consumo (I.P.C.), acumulado que corresponda.

ARTICULO 9 - SEGUROS

- 9.1. El mantenedor informa al CLIENTE que tiene suscrito, por su cuenta, un seguro de responsabilidad civil frente a terceros, incluido el CLIENTE, que cubre los riesgos correspondientes a los trabajos de mantenimiento, reparaciones, montajes y modificaciones de las instalaciones e inmuebles o parte de aquellos ocupados o utilizados., para y por el desarrollo de sus actividades profesionales.

ARTÍCULO 10 - RESOLUCIÓN DEL CONTRATO

- 10.1. Si por causa que se pueda imputar al mantenedor se produjera la suspensión de las prestaciones fijadas en el art. 2 que implicasen un incumplimiento grave y reiterado del servicio, el CLIENTE le dirigirá notificación fehaciente para que tome las medidas oportunas para cumplir sus obligaciones y si pasados treinta días no surtiera efecto, quedará facultado para denunciar el contrato por culpa del mantenedor.
- 10.2. Si el CLIENTE no abona las cuotas de los servicios prestados por el mantenedor en el plazo establecido en el art. 7.2., éste le dirigirá notificación fehaciente para que cumpla con sus obligaciones dentro de un plazo de treinta días, si este requerimiento no surtiese efecto, el mantenedor podrá denunciar el contrato por culpa del CLIENTE.

ARTÍCULO 11 - ARBITRAJE

- 11.1. Ambas partes convienen que para todas las cuestiones contenciosas que pudieran surgir del presente contrato, se someten a los Juzgados y Tribunales de Madrid.

ARTICULO 12 - ANEXOS AL CONTRATO

Los anexos que se relacionan, son parte integrante del presente contrato:

- ANEXO I: Descripción de las instalaciones objeto del contrato.
- ANEXO II: Programa de operaciones a ejecutar y su periodicidad.

Y para que conste en prueba de conformidad, las partes firman el presente contrato por duplicado y a un solo efecto en Madrid, a xx de septiembre de 2.015.

EL CLIENTE

EL MANTENEDOR

A N E X O I del contrato**DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES OBJETO DEL CONTRATO**

Las instalaciones que a continuación se indican, se suponen en buen estado de funcionamiento y servicios, y son puestas a disposición del MANTENEDOR así como, los locales que las albergan para que éste pueda cumplir los compromisos del contrato.

Las instalaciones a mantener son las que se describen a continuación:

Centro de transformación compuesto por:

Celda de entrada.

Celda de protección general.

Celda de medida.

Transformador de 1000 kVA

A N E X O II**PROGRAMA DE OPERACIONES A EJECUTAR Y SU PERIODICIDAD****ARTICULO 1**

Este anexo resume todas las prestaciones objeto del contrato y debe ser considerado como una descripción no exhaustiva de todas las que están previstas por el Mantenedor.

ARTICULO 2

El CONTRATISTA efectuará en las instalaciones objeto de este contrato las siguientes prestaciones:

- Mantenimiento preventivo, según planning de operaciones adjunto.
- Mantenimiento correctivo, mediante atención de avisos 24 horas al día 365 días.

PLANNING DE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN CENTROS DE TRANSFORMACION

El mantenimiento preventivo de las instalaciones se realizará mediante una revisión programada de carácter anual en la que se incluye los siguientes trabajos:

A) INTERRUPTORES/RUPTORES

- Estado general (sujeción, oxidaciones, etc.) y accionamiento
- Indicación de posición y su correcta señalización
- Puestas a tierra de las partes metálicas
- Medidas de aislamiento
- Revisión, limpieza y lubricación de mecanismos y accionamientos

B) TRANSFORMADORES DE MEDIDA

TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

- Comprobar los niveles y fugas (caso de aceite), aislamientos, conexiones primarias y secundarias, relación de transformación y varios (anclajes, conexiones primarias y secundarias, puesta a tierra, etc.).

TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD

- Comprobar los niveles (caso de aceite), aislamientos, relaciones de transformación, y varios (anclajes, conexiones primarias y secundarias, puesta a tierra, etc.).

C) RELES DE PROTECCIÓN EN GENERAL

- Sobreintensidad directos y electromagnéticos

Inspección general, obtención de la curva intensidad-tiempo con ajuste (in situ) si fuera preciso. Coeficiente de retención. Valores de arranque y reposición. Pruebas funcionales y tiempos parciales de actuación.

- Sobreintensidad estáticos de inducción y térmicos

Inspección general, obtención de las curvas de funcionamiento. Actuación del elemento instantáneo y las unidades de señalización.

- Direccionales

Ver que su contacto cierra con la dirección preestablecida al valor adecuado y en el tiempo previsto.

- Diferenciales

Inspección general. Comprobación del correcto conexionado. Ajuste de su actuación para el tarado previsto con una correcta señalización y desconexión del disyuntor correspondiente. Determinación de la pendiente.

Porcentaje de frenado por armónico. Ensayo de unidades auxiliares.

- Control

Verificación de todos los dispositivos de maniobra, enclavamientos y señalización. Estado de componentes y conductores. Aislamiento de barras.

- Medida

Comprobación de amperímetros, voltímetros, frecuencímetros, vatímetros, contadores, etc.

D) TRANSFORMADORES DE POTENCIA

- Aislamientos

Comprobación de los mismos.

- Varios

Revisión de radiadores, respiradores, válvulas, relé buchholz, termómetro, conexionado, pintura, conexiones a tierra, regulador en carga, protecciones propias de cuba, neutro, indicador magnético de nivel, imagen térmica, válvula automática de sobrepresión, termostatos.

E) SECCIONADORES

- Inspección ocular del mismo, comprobando el estado de los anclajes, aisladores, bielas, contacto, accionamiento, conexiones, puestas a tierra, etc.
- Realizar varias maniobras locales y a distancia de cierre y apertura comprobando: accionamiento, simultaneidad, enclavamiento y señalizaciones.
- Estado de los contactos auxiliares.
- Lubricación de su accionamiento si fuera preciso.
- Revisión del mando motorizado.
- Intensidad nominal adecuada.

F) FUSIBLES

- Inspección ocular comprobando el estado de anclajes, aisladores, mordazas, conexiones, puesta a tierra, etc.

- Comprobación de que las características del cartucho son adecuadas al elemento que protegen.
- Comprobación de que la presión de mordazas es correcta.
- Verificación del estado general (fogueos, etc.)

G) EMBARRADOS

- Inspección de montaje, bornas y conexiones. Presencia de calentamientos.
- Limpieza.
- Resistencia del tramo cuando se precise. Comprobación de aislamientos.

H) CABLES DE POTENCIA

- Inspeccionar botellas terminales, conexiones y puestas a tierra.
- Comprobación de aislamientos mediante megohómetros y equipos de alta tensión en c.c. para probar su rigidez dieléctrica (cuando proceda).
- Identificación de características, tendido y conexionado según esquemas.

I) RED DE TIERRAS

- Comprobación de esquemas de implantación de la red de tierras, tendido de cables y situación de electrodos o arquetas.
- Inspección del estado de las arquetas, limpieza, apriete de conexiones, protección y estado de oxidación
- Verificación de secciones en diversos tramos, el tendido y paso.
- Medición de la resistencia a tierra de los diferentes elementos de la red.
- Comprobación de la continuidad de los circuitos.
- Medida de la resistividad del terreno, cuando se precise.

J) RECINTOS EXTERIORES O INTERIORES

- Estado general (paredes, humedades, etc.)
- Accesos al recinto adecuados
- Existencia de instalaciones y almacenamientos extraños
- Comprobar la existencia de alumbrado normal y de emergencia
- Comprobar la existencia de los elementos de seguridad y maniobra; especialmente:
 - banqueta
 - pértiga de comprobación/maniobra
 - guantes
- Comprobar la existencia de los elementos de señalización:
 - Rótulos de peligro de A.T. en puertas de entrada, en defensa de las celdas, transformadores, etc.
 - Rótulos de P.C.B. sobre transformadores cuando contengan piraleno.

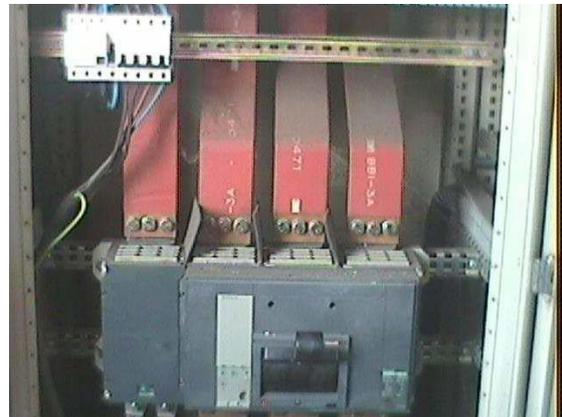
- Instrucciones de peligro
- Instrucciones de maniobra
- Esquema unifilar de la instalación
- Cartel 5 Reglas de Oro

- Comprobación de los sistemas de extinción de incendios

Al finalizar la revisión, se elaborará un informe técnico indicando los valores medios obtenidos, defectos encontrados, su importancia y forma de corregirlos, para que el centro de transformación cumpla las Normas Reglamentarias.

ANEXO II. Modelo de informe termográfico.

Se adjuntan termografías tomadas en elementos al aire.



Imágenes 12 y 13 Termograma e imagen real interruptor general de baja tensión



Imágenes 14 y 15 Termograma e imagen real borna interruptor.