

**MANUAL  
DE MANTENIMIENTO  
PARA LA  
SUBESTACION  
ELECTRICA**



## Contenido

|   |    |
|---|----|
| 1. Introducción   | 3  |
| 2. Definiciones.  | 3  |
| 3. Otras Actividades Que Hacen Parte Del Mantenimiento                  | 4  |
| 4. Equipos y Sistemas Objeto de Mantenimiento                           | 5  |
| 5. Procedimientos de Seguridad Generales Para Trabajos de Mantenimiento | 5  |
| 6. Reglas de Seguridad Para Ejecutar Trabajos Sin Tensión.              | 7  |
| 7. Elementos de Protección Personal A Utilizar                          | 9  |
| 8. Tipos de Posibles Fallas en Subestaciones Eléctricas                 | 9  |
| 9. Diagnóstico de la Subestación.                                       | 10 |
| 10. Procedimiento para realizar el mantenimiento                        | 10 |
| 11. Pruebas para mantenimiento  | 11 |
| 12. Notas   | 14 |



## MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA SUBESTACION

### 1 INTRODUCCIÓN

El presente Manual tiene como objetivo básico definir los procedimientos necesarios para el óptimo desarrollo del mantenimiento para la subestación eléctrica del CAC.

### 2 DEFINICIONES

#### a) Inspecciones

La inspección es la primera actividad del mantenimiento y establece someter a la subestación y al equipo en particular a una serie de observaciones detalladas y obtención de datos característicos a fin de tener una información del estado físico y operación de los mismos.

#### b) Revisión

Se refiere a un estado físico del equipo con la finalidad de detectar daños, anomalías y/o deficiencias.

#### c) Mantenimiento Preventivo

Mantenimiento programado que se efectúa a un bien, servicio o instalación con el propósito de reducir la probabilidad de fallo, mantener condiciones seguras y preestablecidas de operación, prolongar la vida útil y evitar accidentes.

El mantenimiento preventivo tiene la finalidad de evitar que el equipo falle durante el periodo de su vida útil: y la técnica de su aplicación se apoya en experiencias de operación que determinan que el equipo, después de pasar el periodo de puesta en servicio, reduzca sus posibilidades de falla.

#### d) Mantenimiento Predictivo

Son Pruebas que se realizan a los equipos con el propósito de conocer su estado actual y predecir posibles fallas que se podrían ocasionar. El resultado de este mantenimiento permite tomar acciones correctivas y/o preventivas para optimizar su funcionamiento.

El mantenimiento predictivo tiene la finalidad de anticiparse a que el equipo falle; la técnica de su aplicación se apoya en la experiencia adquirida con resultados estadísticos, que determinan que el equipo está más propenso a fallar cuando se encuentra en el periodo inicial de operación, a partir de su puesta en servicio y cuando se acerca al final de su vida útil.

#### e) Mantenimiento Rutinario

Son verificaciones periódicas que se realizan a los equipos con el propósito de comprobar su buen funcionamiento, conocer su estado actual y evidenciar fallas que se pudieran estar ocasionando. El resultado de este mantenimiento permite tomar acciones correctivas y/o preventivas para optimizar su funcionamiento.

El mantenimiento predictivo tiene la finalidad de evidenciar la falla progresiva de un equipo mediante verificaciones periódicas; la técnica de su aplicación se apoya en la trazabilidad de los resultados obtenidos, que determinan el deterioro progresivo de un equipo y a su vez, determina cuando un elemento es propenso a fallar.



## **f) Mantenimiento Correctivo**

Es la reparación que se realiza al bien, servicio o instalación una vez que se ha producido el fallo con el objetivo de restablecer el funcionamiento y eliminar la causa que ha producido la falla.

El mantenimiento correctivo tiene la finalidad de reemplazar los elementos o equipos averiados y que no pueden funcionar operativamente en la subestación, el reemplazo también se da cuando los equipos han cumplido las horas de trabajo para las que fueron fabricados.

## **g) Termografía**

Medición del calor emitido por los elementos de la instalación eléctrica. Estos resultados permiten detectar temperaturas de funcionamiento elevadas, conexiones sueltas o deterioradas, descompensación de fases (circuitos sobrecargados, desequilibrios de carga), mal aislamiento y/o interruptores defectuosos.

La inspección termo gráfica se debe realizar durante los periodos de máxima demanda del sistema, identificando las fallas presentadas y el grado de urgencia para su reparación

## **h) Zona de Aislamiento**

Suministrar una ambiente seguro que independice a las personas y los equipos de los peligros, ésta se produce cuando se cubre un elemento de una instalación eléctrica con un material que no es conductor de la electricidad.

## **i) Certificado de apoyo**

Documento adjunto al permiso de trabajo para autorizaciones de actividades críticas como son: ingreso en espacios confinados, trabajo en altura, trabajo en caliente, trabajo en circuitos (sistemas) eléctricos y trabajos especiales (excavación, izaje de cargas, montaje de equipos especiales).

## **j) Peligro**

Situación, fuente o acto que puede causar daño al (os) trabajador (es) o la(s) organización(es).

## **k) Permiso de trabajo**

Autorización por escrito que permite la realización de un trabajo, que incluye la ubicación y el tipo de actividad a realizar, el mismo certifica que los riesgos fueron evaluados por personal capacitado y se determinaron las medidas de control necesarias para la realización segura del trabajo.

## **l) Tarjeta de seguridad**

Aviso escrito y predeterminado que se utiliza para confirmar el aislamiento de una planta, equipo o sistema eléctrico.

## **m) Energización**

Suministrar tensión a un equipo o elemento eléctrico.

## **n) Distancias mínimas de seguridad**

Las distancias mínimas de seguridad para los trabajos en tensión a efectuar en la proximidad de las instalaciones no protegidas y sometidas tensión, son las medidas entre el punto más próximo en tensión y cualquier parte externa del trabajador, herramientas o elementos que pueda manipular en movimientos voluntarios o accidentales.



## **o) Trabajos en tensión**

Métodos de trabajo, en los cuales un operario entra en contacto con elementos energizados o entra en la zona de influencia directa del campo electromagnético que este produce, bien sea con una parte de su cuerpo o con herramientas, equipos o los dispositivos que manipula.

## **p) Puesta a tierra**

Grupo de elementos conductores equipotenciales, en contacto eléctrico con el suelo o una masa metálica de referencia común, que distribuye las corrientes eléctricas de falla en el suelo o en la masa. Comprende electrodos, conexiones y cables enterrados.

## **q) Elementos conductores**

Todos aquellos que son susceptibles de conducir corrientes eléctricas.

## **r) Bloqueo**

Instalar un candado sobre un dispositivo fijo asociado con el equipo o sistema, evitando una activación inadvertida del peligro o alteración de la posición.

## **3 OTRAS ACTIVIDADES QUE HACEN PARTE DEL MANTENIMIENTO**

- a) Tiempos y frecuencias recomendadas para el mantenimiento.
- b) Formato con experiencia y conocimientos técnicos del personal y los contratistas del mantenimiento.
- c) Cantidad de personal técnico y recursos para realizar el mantenimiento.
- d) Repuestos para el mantenimiento.
- e) Seguridad industrial en el mantenimiento.
- f) Programas de salud ocupacional en el mantenimiento.
- g) Manejo de la información (archivos físicos y magnéticos).
- h) Entrega de Informe final con recomendaciones de cada una de las actividades realizadas y de los hallazgos positivos y negativos encontrados.

## **4 EQUIPOS OBJETO DE MANTENIMIENTO**

- 1) Transformadores
- 2) Interruptores
- 3) Seccionadores
- 4) Pararrayos (Descargadores de sobretensión)
- 5) Transformadores de corriente
- 6) Transformadores de tensión
- 7) Fusibles
- 8) Sistemas de protecciones.
- 9) Sistemas de medición y control
- 10) Sistema de barras colectoras (buses)
- 11) Sistema de Instalaciones eléctricas e iluminación.
- 12) Sistema de Puesta a Tierra.
- 13) Sistema de Apantallamiento
- 14) Cables aislados de Potencia, de fuerza y control.
- 15) Cables desnudos.
- 16) Celdas de media tensión 13,2 kV.
- 17) Celdas de baja tensión.
- 18) Ductos porta cables.
- 19) Conectores y Terminales.



## 5 PROCEDIMIENTOS DE SEGURIDAD GENERALES PARA LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO.

Los siguientes son los procedimientos de seguridad generales que deben tenerse en cuenta durante el mantenimiento.

- Todo trabajo eléctrico deberá estar soportado por un permiso de trabajo que deberá ser solicitado al inicio y cerrado al finalizar las labores correspondientes.
- Todo trabajo eléctrico deberá ser bloqueado y tarjetado según un Instructivo Bloqueo y Tarjeteo.
- Todo trabajo en la subestación eléctrica sólo podrá ser realizada por personal calificado, autorizado y con experiencia en el área de subestaciones de baja tensión.
- Los trabajadores no podrán realizar trabajos eléctricos con ningún objeto metálico tal como joyas, pulseras, cadenas u otros elementos conductores.
- Utilizar los elementos de protección personal adecuados como son: Casco dieléctrico, guantes de protección de acuerdo al trabajo a realizar, botas dieléctricas, gafas de seguridad contra rayos ultravioleta, careta de protección facial, cinturón de seguridad, arnés, líneas de tierra, linterna, pinza voltiamperimétrica, tapones auditivos, conexiones a tierra portátiles.
- Vestir ropa de trabajo sin elementos conductores y de materiales resistentes al fuego de acuerdo con las especificaciones técnicas emitidas por Salud Ocupacional.
- Antes de iniciar los trabajos se comprobará el buen estado de las herramientas y se utilizarán herramientas dieléctricas.
- Planificar el procedimiento de trabajo, de forma que durante todo el trabajo se mantengan las distancias mínimas en las condiciones más desfavorables.
- Toda persona que pueda tocar a un trabajador, bien directamente o por medio de una herramienta u otros objetos, deberá llevar botas y guantes aislantes.
- En caso de tormentas eléctricas, los trabajos serán interrumpidos o no iniciados, retirando al personal del área hasta que las condiciones atmosféricas vuelvan a ser favorables.
- Señalizar la zona de trabajo.
- No utilizar equipo eléctrico que esté mojado, ni trabajar con las manos húmedas.
- Todos los trabajos eléctricos deberán ser ejecutados mínimo por dos trabajadores.
- En lo posible no se debe trabajar con equipos energizados, pero para trabajos en tensión, se deben cumplir todas las normas de seguridad y acatar las distancias mínimas de acercamiento
- Los trabajadores deben asegurarse de contar con los equipos y materiales de trabajo necesarios de acuerdo a las características del trabajo, tensión de servicio y método de trabajo a emplear.
- El casco de seguridad debe ser de uso obligatorio para las personas que realicen trabajos en instalaciones de cualquier tipo. Este nunca deberá ser perforado con el fin de adaptar elementos de seguridad no previstos en el diseño original. El casco debe ser cambiado cuando reciba algún impacto o cuando se encuentre dañado o cuando tenga tres años de uso.



- Los anteojos de protección o la careta de protección facial es de uso obligatorio para toda persona expuesta a riesgo ocular o riesgo facial por arco eléctrico, proyección de gases y partículas, polvos y otros.
- Los guantes dieléctricos son de uso obligatorio para el trabajador que interviene circuitos energizados o circuitos sin tensión que se consideren como si estuvieran con tensión.
- La tela y el hilo de la ropa de trabajo debe ser 100% de algodón sin contener elementos sintéticos en su fabricación. Para los trabajos con exposición a riesgo eléctrico es obligatorio el uso de camisa de manga larga.
- Las escaleras deben ser aisladas. No se deben utilizar escaleras metálicas.
- El cinturón de seguridad o el arnés de cuerpo entero serán de material (neopreno impregnado con Nylon) o nylon respectivamente y es de uso obligatorio para todo aquel que deba ascender a una altura mayor a 1.5 mts.
- Es responsabilidad de los trabajadores mantener las condiciones de aseo y funcionamiento adecuadas del sitio de trabajo al comienzo, durante y al final de las actividades de mantenimiento y de la señalización de las zonas.
- Es responsabilidad del trabajador repetir la orden recibida y después de que haya sido confirmada proceder a su ejecución.
- Todo trabajador debe dar aviso al responsable del trabajo en caso que detecte la existencia de condiciones inseguras en su entorno de trabajo, incluyendo materiales o herramientas que se encuentren en mal estado
- En caso que cualquier trabajador se encuentre bajo tratamiento médico, debe dar aviso al supervisor o jefe encargado, quien deberá consultar con el médico para que determine si se encuentra en condiciones para ejecutar el trabajo.
- En caso de que existan dudas o anomalías durante la ejecución del trabajo, este debe suspenderse hasta que la duda o anomalía haya sido resuelta adecuadamente.
- Los trabajadores deben contar con equipos de comunicación de acuerdo a un Procedimiento de Comunicación para maniobras y trabajos eléctricos.

## **6 REGLAS DE SEGURIDAD PARA EJECUTAR TRABAJOS SIN TENSIÓN:**

### **Primera Regla: Corte Efectivo De Todas Las Fuentes De Tensión.**

- Esta regla implica abrir, con corte visible (que se pueda comprobar por inspección visual la apertura del circuito eléctrico), todas las fuentes de tensión a través de interruptores, fusibles, puentes, uniones desarmables u otros dispositivos de corte, de tal manera que se impida el retorno de tensión.
- Se debe considerar que las fuentes de tensión no siempre se van a encontrar “aguas arriba” del punto donde se están realizando los trabajos, sino que estas pueden estar ubicadas “aguas abajo” (p.e. Grupos electrógenos).

### **Segunda Regla: Bloqueo De Los Aparatos De Corte o Seccionamiento E Instalación De Su Respectiva Señalización.**



- Por enclavamiento o bloqueo se deberá entender el grupo de acciones tendientes a impedir el accionamiento accidental de los aparatos de corte, que puede deberse a diversas causas como un error humano, acción de terceros o un fallo técnico.
- Existen diferentes formas de realizar el bloqueo de los aparatos de corte:
- **Bloqueo mecánico:** que consiste e inmovilizar un mando de los aparatos a través de candados, cerraduras, cadenas etc.
- **Bloqueo físico:** que consiste en impedir el accionamiento del aparato de corte colocando un elemento de bloqueo entre los cuchillas del mismo, de modo que se imposibilite la unión de sus contactos,
- **Bloqueo eléctrico:** consiste en imposibilitar la operación del aparato de corte abriendo su circuito de accionamiento
- La señalización de los aparatos de corte deberá ubicarse en el respectivo mando de accionamiento, o en el propio aparato o en su vecindad, si es que este no dispone de tal dispositivo de mando. En el caso de aparatos que adicionalmente cuenten con accionamientos a distancia, la señalización se deberá instalar en ambos mandos.

### **Tercer Regla: Comprobación De Ausencia De Tensión**

- Esta regla implica medir la tensión usando equipo de medición y protección personal adecuados, hasta tener la completa certeza de que todas las posibles fuentes de tensión han sido abiertas. “Hasta que se haya demostrado la ausencia de tensión se deberá proceder como si las instalaciones estuvieran energizadas”
- La medición de tensión deberá ser efectuada en todos los conductores y equipos que se encuentren en la zona en que se realicen los trabajos.
- Para ello se utilizaran los equipos de medición adecuados a las características de los elementos a medir.
- Previamente a la medición deberá verificarse el funcionamiento de los instrumentos de medición. Para ello se pulsara el botón de prueba en aquellos instrumentos de prueba luminosos o sonoros que dispongan del mismo (chicharas, tester de ruido). En caso contrario se deberá poner éste en contacto con un elemento para el cual se haya comprobado que se encuentra energizado.

### **Cuarta Regla: Puesta A Tierra Y En Cortocircuito De Todas Las Fuentes Posibles De Tensión.**

- Se entenderá por puesta a tierra y en cortocircuito la acción de conectar parte de un equipo o circuito eléctrico a tierra, y luego unir entre si todas las fases mediante un elemento conductor de material y sección adecuada y con conectores normalizados.
- Se debe considerar que aun cuando se hayan aplicado las anteriores reglas, aún existe riesgo de electrocución para el personal que vaya a efectuar los trabajos:
- - Por efectos capacitivos
- - Pueden surgir tensiones inesperadas una vez comenzados los trabajos, los cuales pueden alcanzar valores muy diversos y tener diversos orígenes: tensiones por fenómenos de inducción magnética, caída de conductores en cruces de línea, tensiones por fenómenos atmosféricos y por cierre intempestivo.



- Un equipo de puesta a tierra debe constar esencialmente de los siguientes

Elementos:

- Pinzas (conectores, mordazas, terminales) de conexión
- Grapas
- Conductores de puesta a tierra
- Conductor de puesta en cortocircuito
- Algunos aspectos que se deben considerar al realizar el proceso de conexión de la puesta a tierra son:
  - Debe hacerse uso en todo momento de los implementos de seguridad: pértiga, guantes aislantes del nivel de tensión que corresponda, casco y cinturón de seguridad
  - Previo a la conexión se debe descartar la presencia de tensión en el elemento a ser conectado a tierra. Para ellos debe utilizarse un detector de tensión acoplado a la pértiga, siguiendo las recomendaciones dadas en la tercera regla.
  - Las tierras de trabajo deberán ser instaladas lo más cerca posible de las instalaciones donde se ejecutara el trabajo y ubicada a la vista de los trabajadores. Se utilizará un número de ellas que permita aislar completamente la zona de trabajo de todas las fuentes posibles de tensión.

### **Quinta Regla: Señalización De La Zona De Trabajo**

- Deben colocarse señales de seguridad adecuadas, delimitando las zonas de trabajo. Se debe delimitar la zona de trabajo con cintas, vallas y cadenas, que se deben acompañar de banderolas y carteles.
- Se deben utilizar cintas de delimitación de colores negro y amarillo para demarcar físicamente el paso a zonas energizadas donde el acceso a una distancia menor constituye un peligro
- Para los trabajos que se realicen en vía pública, la correcta señalización y delimitación de la zona de trabajo tiene como fin, no solo proteger al trabajador de riesgo de electrocución, sino proteger al peatón del riesgo de accidentes – electrocución o caídas a zanjas o choque con vehículos.
- En la noche se debe incluir la utilización de luces autónomas o intermitentes que indiquen precaución.

### **7 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL A UTILIZAR.**

- Gafas protección ultravioleta, lente oscuro.
- Guantes de nitrilo.
- Protectores de oídos contra ruido
- Protector de tela para cabeza y cuello.
- Casco de seguridad dieléctrico con barbuquejo.
- Botas dieléctricas con puntera en fibra de vidrio, certificadas.
- Ropa apropiada (pantalón y camisa o enterizo) marcada con el nombre de la empresa
- Guantes no dieléctricos de vaqueta.



- Cada persona que trabaje en alturas superiores a 1.5m debe poseer un Sistema de detención de caídas el cual debe contener como mínimo un arnés de seguridad, una línea de seguridad, un absolvedor de choque y un conector a un punto de anclaje. El único arnés aceptable para detención de caídas es el de cuerpo completo (Si una persona cae, un arnés bien puesto repartirá la fuerza de detención por los muslos, la pelvis, el pecho y los hombros).

## **8 TIPOS DE POSIBLES FALLAS EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS, GABINETES DE MEDIDA O ZONAS COMUNES.**

A continuación, se describen las fallas que frecuentemente se presentan en las subestaciones eléctricas, las cuales incluyen fallas de sistema y fallas externas:

- **Fallas de aislamiento:** es aquel que se refiere a que algún elemento (Aislador, cables aislados), en particular disminuye su aislamiento por humedad o envejecimiento, la cual da lugar al paso de corrientes de falla de fase a tierra. Se debe aislar el circuito fallado apagando la protección correspondiente y ponerse en contacto con personal especializado.
- **Fallas de protección:** Se refiere al funcionamiento inadecuado de los relés de protección que no actuaron de manera apropiada para proteger zonas con sobrecarga, sobretensiones o sobre corrientes transitorias. Se debe contactar el fabricante de la celda que contiene el relé que no actuó de manera normal.
- **Fallas por lluvia o tormentas:** Esta es debido a fuerte lluvia, que puede, debido a vientos huracanados, provocar acercamiento de los conductores, los cuales pueden hacer corto circuito. La protección respectiva del circuito fallado debe aislar la falla por corto circuito, pero no se debe reponer la protección hasta no estar seguro que la falla no esté presente, se debe contactar a personal especializado que asegure condiciones normales y pueda hacer la reposición de la protección de manera segura.
- **Fallas por Rayos o descargas Atmosféricas:** Los rayos o descargas atmosféricas provocan fallas debido a la inyección de altas corrientes en el sistema eléctrico. Esto puede producirse por las descargas consecutivas o por descargas que no nos detectadas por los DPS debido a que son más bajas que el Nivel de Protección del DPS. Estas descargas o fallas son de corta duración y por lo general son reestablecidas, ocasionando fallas transitorias. Pueden afectarse también por flameos inversos o descargas a tierra cercanas a las líneas. Ante fallas de este tipo se debe contactar personal especializado que haga la evaluación y realice los correctivos necesarios.
- **No determinados:** Son fallas que luego de una inspección, no fue posible determinar su causa.
- **Falla a tierra:** Ocasionadas por la caída de una fase a tierra o por contacto de algún elemento con una fase. Se debe aislar el circuito fallado apagando la protección correspondiente y ponerse en contacto con personal especializado.
- **Corto Circuito provocado por animales:** Los animales que circundan y se depositan sobre los conductores o las cubas de los transformadores pueden provocar corto circuitos al entrar en contacto con los conductores.



Se debe aislar el circuito fallado apagando la protección correspondiente y ponerse en contacto con personal especializado.

- **Fallas en interruptor:** Un interruptor de potencia, no realiza la maniobra de una manera adecuada, abrir o cerrar el circuito puede producir una falla por causa del arco eléctrico.

Se debe contactar al fabricante de la celda para que haga la respectiva revisión y diagnóstico.

- **Movimiento sísmico:** Un movimiento sísmico afecta las estructuras de la subestación, pudiendo provocar corto circuito si los cables conductores chocan entre sí o entran en contacto con las estructuras aterrizadas.

Se debe contactar a personal especializado que haga la respectiva revisión y diagnóstico.

- **Línea rota:** Simplemente se refiere a que una línea se rompe por un motivo cualquiera, provocando una falla fase a tierra o entre fases.

Se debe aislar el circuito fallado apagando la protección correspondiente y ponerse en contacto con personal especializado.

## 9 DIAGNOSTICO DE LA SUBESTACIÓN

Antes de iniciar el mantenimiento de la subestación es necesario contar con un diagnóstico del estado actual de los equipos, para lo cual deberá emplearse un formato de diagnóstico.

## 10 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL MANTENIMIENTO.

– La periodicidad del mantenimiento está definida En el artículo “24.6 MANTENIMIENTO DE SUBESTACIONES” del RETIE, donde textualmente dice “De las actividades de mantenimiento y de limpieza deben quedar los registros respectivos. La periodicidad de los mantenimientos y limpieza dependerá de las condiciones ambientales del lugar, en todo caso no podrá ser mayor a semestral.” Lo cual indica que, la frecuencia del mantenimiento queda a disposición del cliente, dependiendo del nivel de contaminación y utilización de la subestación, pero nunca podrá ser mayor a seis (6) meses.

METALANDES como empresa fabricante de las subestaciones recomienda realizar mantenimiento preventivo una (1) vez a año, seguido de tres (3) mantenimientos rutinarios a lo largo del año, cada tres (3) meses.

Para esto se debe tener presente las siguientes condiciones de la instalación:

1. Esperar el corte de energía por parte de la empresa prestadora del servicio o de apertura del interruptor principal.
2. Verificar con el sensor de voltaje la ausencia de tensión en todas las celdas.
3. Descargar a tierra todas las acometidas y cables de entrada o asegurar que la tensión no será reestablecida mientras se ejecuta el mantenimiento.
4. No abrir y menos ingresar a los tableros y/o equipos, sin antes Verificar la ausencia de tensión.
5. Antes de realizar el mantenimiento en las celdas de baja tensión Verificar con el tester la ausencia de tensión.
6. Marcar con avisos de peligro las celdas que permanezcan energizadas
7. Donde sea posible se coordinara con el personal encargado de la subestación, la desenergización de las celdas que lo estén, para realizar el mantenimiento.



8. En las celdas selladas no se hará mantenimiento, a no ser que el encargado de la subestación, de la autorización.

10 No se deben romper sellos sin la autorización respectiva.

11 Mediciones en el mantenimiento

- Medida de la relación de transformación, verificación de polaridad y relación de fase.
- Medida de resistencia óhmica de devanados.
- Medición de la resistencia de puesta a tierra.
- Revisar y medir puesta a tierra de pararrayos.
- Pruebas de campo para medir el aislamiento de cables aislados.

NOTA ACLARATORIA: la capacitación de funcionamiento y operación deberá ser brindada por el Fabricante de la Subestación, según sus acuerdos y disposiciones respecto de la entrega, sin embargo, se debe tener presente las siguientes disposiciones del RETIE:

## **Artículo 10.2 Capítulo 2 Reglamento Técnico De Instalaciones Eléctricas**

### **“INTERVENCIÓN DE PERSONAS CON LAS COMPETENCIAS PROFESIONALES “**

La construcción, ampliación o remodelación de toda instalación eléctrica objeto del RETIE, debe ser dirigida, supervisada y ejecutada directamente por profesionales competentes, que según la ley les faculte para ejecutar esa actividad y deben cumplir con todos los requisitos del presente reglamento que le apliquen.

Conforme a la legislación vigente, la competencia para realizar bajo su responsabilidad directa **actividades de construcción, modificación, reparación, operación y mantenimiento de las instalaciones eléctricas**, corresponderá a los siguientes profesionales, quienes responderán por los efectos resultantes de su participación en la instalación:

a. Ingenieros electricistas, electromecánicos, de distribución y redes eléctricas, de conformidad con las Leyes 51 de 1986, 842 de 2003, las demás que la adicionen, modifiquen o sustituyan. Ingenieros electrónicos, Ingenieros de Control y de otras ingenierías especializadas en actividades relacionadas con las instalaciones eléctricas, solo podrán ejecutar la parte o componente de la instalación eléctrica que le corresponda a su especialización y competencia técnica y legal.

b. Tecnólogos en electricidad o en electromecánica, de acuerdo con la Ley 842 de 2003 y en lo relacionado con su Consejo Profesional se registrará por la Ley 392 de 1997 de conformidad con lo establecido en la Sentencia C - 570 de 2004.

c. Técnicos electricistas conforme a las Leyes 19 de 1990 y 1264 de 2008, en el alcance que establezca su matrícula profesional para el ejercicio de la profesión a nivel medio.

Parágrafo 2. Si la persona que dirige y/o ejecuta directamente la instalación no posee matrícula profesional, se deberá dar aviso a la autoridad competente, por ejercicio ilegal de la profesión. Del



hecho se le informará a la Superintendencia de Industria y Comercio por el incumplimiento de reglamentos técnicos.

## **Artículo 10.6 Operación Y Mantenimiento De Instalaciones Eléctricas**

El propietario o tenedor de la instalación eléctrica, será responsable de mantenerla en condiciones seguras, por lo tanto, debe garantizar que se cumplan las disposiciones del presente reglamento que le apliquen, para lo cual debe apoyarse en personas calificadas tanto para la operación como para el mantenimiento.

Metalandes tiene todo su personal calificado y con matrícula profesional vigente, como lo exige el RETIE (Reglamento técnico de instalaciones eléctricas – ley de 1990 – ley 1264 del 2008)

## **11 PRUEBAS PARA MANTENIMIENTO**

Para el mantenimiento Preventivo se deben realizar las siguientes pruebas a los equipos:

### **11.1 Transformador de potencia.**

- a). Inspección visual al estado de la Pintura en general.
- b). Verificación de anclaje.
- c). Verificación de conexiones a tierra.
- d). Pruebas de Aislamiento.
- e). Inspección indicadores de temperatura, lecturas, calibración.
- f). Verificación cambiador de derivaciones, funcionamiento operativo de mecanismos de accionamiento, señalización, protecciones y mandos.
- g). Cambio de tornillería y mantenimiento a conectores.
- h). Limpieza manual con trapo e inspección de porcelanas.
- i). Ajuste en terminales de puesta a tierra.
- j). Mantenimiento a cambiadores de tomas

### **11.2 Interruptor de Potencia.**

- a). Inspección y verificación de mecanismos de operación, apertura y cierre manual.
- b). Verificación de mando local y a distancia, apertura y cierre.
- c). Verificación de hermeticidad.
- d). Prueba de operación mecanismo de accionamiento.
- e). Verificación de disparos por protecciones.
- f). Verificar la puesta a tierra. Ajuste en terminales de puesta a tierra
- g). Cambio de tornillería y mantenimiento a conectores.
- h). Limpieza manual con trapo a porcelanas.

### **11.3 Seccionadores de Potencia.**

- a). Inspección visual de la pintura o galvanizado.
- b). Verificación de Alineación – anclaje y conexiones.
- c). Verificación apertura y cierre local - remoto
- d). Operación cuchilla de puesta a tierra.
- e). Verificar la puesta a tierra.
- f). Cambio de tornillería y mantenimiento a conectores.
- g). Limpieza a contactos del seccionador y aplicación de grasa conductora.
- h). Limpieza manual con trapo e inspección de porcelanas.
- i). Verificar el perfecto alineamiento del seccionador y posición de contactos o cuchillas.



- j). Lubricar articulaciones y partes móviles del seccionador.
- k). Ajuste en terminales de puesta a tierra
- l). Comprobar la operación manual del seccionador en las diferentes direcciones y detectar e identificar cualquier anomalía.

#### **11.4 Transformadores de Corriente.**

- a). Verificación de anclaje y conexiones.
- b). Verificación de conexiones.
- c). Verificar la puesta a tierra.
- d). Cambio de tornillería y mantenimiento a conectores.
- e). Limpieza manual con trapo e inspección de porcelanas
- f). Ajuste en terminales de puesta a tierra.

#### **11.5 Transformadores de Tensión.**

- a). Inspección visual a la pintura o galvanizado.
- b). Verificación, anclaje y conexiones.
- c). Verificar conexiones.
- d). Verificar la puesta a tierra.
- e). Verificación de la placa de características.
- f). Cambio de tornillería y mantenimiento a conectores.
- g). Limpieza manual con trapo e inspección de porcelanas.
- h). Ajuste en terminales de puesta a tierra.

#### **11.6 Malla de Puesta a Tierra y Apantallamiento.**

- a). Inspección calibre del cable de puesta a tierra.
- b). Inspección de los cables de puesta a tierra.
- c). Verificación cajas de pruebas.
- d). Limpieza de cajas.
- e). Medida de la resistencia de puesta a tierra.
- f). Verificación, conexiones de los equipos y estructuras a la malla de puesta a tierra.

#### **11.7 Barrajes y Cables desnudos.**

- a). Verificación del estado del material
- b). Inspección soportes: aisladores, grapas, conectores.
- c). Verificación bajantes y conexiones de equipos.
- d). Verificación distancia crítica mínima.
- e). Inspección y ajuste de conectores y terminales.

#### **11.8 Celdas 13.2 kV.**

- a). Inspección anclaje de las celdas al piso.
- b). Verificación, conexiones a barras y cables.
- c). Verificar Puesta a tierra.
- d). Verificación, conexiones de transformadores de corriente y potencial e inyección de corriente primaria.
- e). Verificación de Fusibles.
- f). Verificación accionamiento mecánico.
- g). Protecciones, disparos.
- h). Verificación iluminación.

#### **11.9 Tableros de Control y Medida.**

- a). Inspección visual de la pintura.



- b). Anclaje al piso.
- d). Verificar Puesta a tierra.
- e). Verificación lista de equipos y accesorios.
- f). Verificación identificación de cables y borneras.
- g). Verificación señales desde transformadores de corriente y de potencial.
- h). Verificación y operación de instrumentos.
- i). Verificación de mandos.
- j). Verificación de señalización
- k). Verificación de sincronismo.
- l). Verificación de alarmas.
- m). Identificación de elementos.

## **11.10 Cargadores.**

- a). Anclaje al piso
- b). Verificación calefacción.
- c). Verificación Puesta a tierra
- d). Identificación de cables y borneras
- e). Identificación de elementos
- f). Verificación de mandos
- g). Verificación de enclavamientos.
- h). Verificación de voltajes y corriente de carga.

## **11.11 Baterías.**

- a). Verificación de tensión.
- b). Verificación de la densidad del electrolito
- c). Verificación del nivel del electrolito
- d). Verificación de conexiones entre celdas
- e). Verificación de conexiones a tableros de distribución
- f). Carga rápida- lenta-temperatura
- g). Ventilación adecuada.

## **11.12 Planta de emergencia.**

- a). Anclaje al piso, alineación, nivelación.
- b). Verificar puesta a tierra.
- c). Verificación ciclos de operación
- d). Enclavamientos.
- e). Equipos de medida y señalización.
- f). Revisión del generador y sus conexiones.
- g). Conexiones al tanque de ACPM.
- h). Nivel de aceite, reposición.
- i). Verificación carga de Baterías.
- j). Limpieza general.

## **11.13 Sistema de Instalaciones Eléctricas E iluminación.**

- a) Verificar en contacto seguro en las conexiones y borneas.
- b) Realizar limpieza de elementos que puedan ser afectados por el polvo y la contaminación.
- c) Medir el nivel de tensión o regulación.

## **11.14 Ductos Porta cables.**

- a). Verificar el estado de la pintura.



- b). Verificar el estado de los empalmes.
- c). Verificar la puesta a tierra.

## **11.15 Conectores y Terminales.**

- a). Verificar el apriete de las conexiones.

## **11.16 Puntos calientes en las terminales**

Mediante una cámara termografía para medir puntos calientes, se determinará la temperatura de los conectores, puentes de entrada y salida de interruptores, barrajes, equipos comprobando si esta temperatura no supera los 60°C, que se considera normal. Si se encuentra entre 60 y 75 °C, tiene una valoración leve; si ésta es mayor a 75°C, se califica como grave.

## **12. NOTAS:**

1. En general el mantenimiento consiste en limpiar el polvo en todos los equipos en los diferentes tableros, se debe reapretar toda la tornillería en todos los equipos dando especial interés a la tornillería de potencia, en lo posible usar llaves con torques ajustables y usar siempre las herramientas adecuadas y en buen estado.
2. En seccionadores y equipos similares se debe hacer lubricación de todas las partes móviles expuestas a fricción mecánica y una persona con experiencia debe revisar los Ajustes del seccionador y realizar la calibración necesaria.
3. Se debe hacer inspección visual de todos los componentes de la subestación como:  
Transformadores, seccionadores, interruptores, contactores, térmicos, condensadores, Relés térmicos, cables de potencia y control, terminales, analizadores de red, Contadores, cosenofímetros y en general todos los componentes eléctricos tratando de encontrar anomalías como recalentamiento, mal contacto, sulfatamiento, Terminales mal puchadas, equipos con indicaciones o mal funcionamiento, Pilotos fallados, cables sueltos y en general puntos potenciales de falla.
4. Se debe hacer las correcciones inmediatamente de ser posible, cambiar los componentes que lo ameriten y dejar anotaciones de los equipos que no pudieron ser reparados o reemplazados por falta de repuesto, por alta complejidad o porque su reparación o cambio requiere de programación posterior.
5. Finalmente se debe hacer un informe anotando todas las anomalías encontradas, Mencionar detalladamente cada anomalía, su corrección o si se dejó pendiente.
6. Es conveniente referirse a las anomalías con el respectivo tablero o celda donde esta se encuentra y ayudas visuales son muy convenientes como registros fotográficos.
7. Cuando se tiene estudios previos de termografías esto ayuda a determinar con mucha Certeza los puntos potenciales de fallas futuras.
8. Luego de terminar el mantenimiento, se debe revisar que no hayan quedado herramientas o elementos que puedan ocasionar Cortocircuitos o mal funcionamiento de los equipos.
9. Quitar todas las tierras en los tableros donde se haya instalado Estas.
10. Verificar que los equipos normalicen su funcionamiento, que las transferencias retornen a su circuito preferencial, las plantas diésel apaguen y retirar los provisionales que hayan sido Instalados.
11. Organizar y asear la subestación.



Consideración: La prueba de las transferencias se puede realizar simulando la falta de una de las fases del lado de la electrificadora, esto se consigue apagando uno de los interruptores de control del lado que alimenta la electrificadora, con esta acción, la planta diésel debe arrancar de manera inmediata, y las cargas serán alimentadas por la planta diésel una vez que el módulo de transferencia haya detectado condiciones Normales de la planta diésel.

Para normalizar el sistema se debe Reponer el interruptor de control del lado de la electrificadora que se había apagado para realizar la prueba, la carga deberá ser Transferida al lado de la electrificadora y la planta diésel trabajará en vacío durante 5 Minutos para su refrigeración.

Importante: Para realizar mantenimiento a la transferencia automática, se deben apagar las dos fuentes de alimentación la red normal y la red de emergencia, que obliga a bloquear el arranque automático de la planta y adicionalmente apagar el interruptor de salida de planta diésel.



| ITEM. | MANTENIMIENTO AL BARRAJE EN CELDAS DE 13,2 KV   | TIEMPO EN MTO HORAS |
|-------|---|---------------------|
| 1     | Aterrizar el barraje de 13,2 Kv correspondiente al tren de celdas.  |                     |
| 2     | Verificar ausencia de tensión en cada uno de los cubículos de los disyuntores cada vez que se vaya a laborar dentro de estos, se deberá utilizar la pértiga, el verificador de ausencia de tensión y los guantes dieléctricos.  |                     |
| 3     | Limpiar utilizando trapo (scotch cocina) que no desprenda pelusa los contactos de la barra y con la aspiradora el cubículo del disyuntor, utilizar varsol y alcohol isopropilico para la limpieza.  |                     |
| 4     | Retirar la totalidad de las tapas posteriores con el fin de dejar a la vista el barraje.  |                     |
| 5     | Mantenimiento al barraje así: Ajuste de tornillería, cambio o reposición de esta, comprobar estado de aisladores soporte, limpieza de aisladores y barraje con alcohol isopropilico, limpieza total del barraje con trapo o aspiradora, terminado el mantenimiento normalizar la barra. |                     |
| 6     | Realizar prueba de resistencia de aislamiento al barraje contra tierra durante un minuto.   |                     |
| 7     | Aplicar grasa conductora a los bornes de la barra donde llegan los contactos del disyuntor.   |                     |
| 8     | Retirar puestas a tierra locales.   |                     |
| 9     | Tiempo estimado para realizar esta labor  | 8                   |



## MTTO RUTINARIO A LA PLANTA DIESEL DE UNA SUBESTACIÓN.

| ITEM. | MANTENIMIENTO RUTINARIO A DESARROLLAR EN PLANTAS DIESEL EN SUBESTACIONES DE ALTA TENSION.  | TIEMPO EN MTO |
|-------|--|---------------|
| 1     | Aislar eléctricamente la planta del resto de la Subestación, colocarla en manual y abrir el breaker que va hacia el tablero de servicios esenciales.   |               |
| 2     | Retirar el filtro de aire y cambiarlo de acuerdo a las horas trabajadas.   |               |
| 3     | Retirar el tapón inferior con el fin de drenar la totalidad del aceite de la planta, deberá cambiarse por aquel recomendado por el fabricante, retirar el filtro de aceite y cambiarlo por uno nuevo, chequear que no existan fugas por ninguna parte. |               |
|       | <b>Nota 1:</b> Cuando se vaya a colocar el filtro de aceite este debe ser de las mismas características del retirado y debe llenarse de aceite al ir a instalarse.   |               |
| 4     | Retirar el Filtro de combustible y cambiarlo de acuerdo a las mismas características del original, llenar el repuesto con ACPM al momento de ser instalado, purgar el sistema con el bombín para retirar el aire que le haya penetrado al sistema.     |               |
| 5     | Tomar la densidad de la batería y el voltaje, reponer nivel de agua si es necesario, aplicar vaselina no ácida en bornes de la batería.  |               |
| 6     | Concluido el mantenimiento dar arranque a la planta durante cinco (5) minutos, pararla y luego verificar nuevamente el nivel del aceite.   |               |
| 7     | Normalizar los breakers que se bajaron y dejar la planta lista para entrar en servicio en automático.  |               |
| 8     | Retirar todos los elementos utilizados en dicha labor y dejar el área completamente limpia.  |               |
|       | <b>NOTA:</b> Tiempo estimado para realizar dicha labor 8   |               |