

METODOLOGIA PARA REALIZAR EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LAS REDES DE DISTRIBUCION

Lenin Paúl Román Matamoros¹, Juan Gallo².

¹Ingeniero Eléctrico en Potencia 2002

²Director de Tesis. Ingeniero Eléctrico en Potencia, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1981 , Postgrado Chile, Universidad de Chile 1972, Profesor de ESPOL desde 1985.

RESUMEN

La tesis tiene como finalidad concienciar a las Empresas Eléctricas del País de que llevar un adecuado programa de mantenimiento es muy conveniente en muchos aspectos, ya que esto incurre en ahorro de recursos económicos que son en muchos de los casos limitantes para poder desarrollar proyectos que vengán a favorecer los niveles de confianza en las Empresas Eléctricas por parte de los usuarios.

Además llevar un adecuado control del mantenimiento permite que las empresas puedan tener mayor control en cuanto al inventario total de sus componentes y equipos instalados en las redes de distribución, así como poder monitorear el estado de carga de los centros de transformación que en el área de distribución de energía eléctrica son el elemento primordial para poder llevar los niveles de voltaje y potencia adecuados a los abonados conectados al mismo.

Las seguridades que deben utilizarse para realizar un adecuado trabajo deben estar enmarcadas dentro de las normas ya establecidas. Todas estas normas de seguridad son bien estudiadas en esta tesis, para que los linieros encargados de realizar los trabajos en el campo tengan la plena seguridad de que su integridad no está en juego a la hora de realizar un trabajo y además el este va a ser muy bien realizado sin temor alguno.

INTRODUCCION

Por todos es conocido que la necesidad de consumo de energía eléctrica crece en forma continua y acelerada, no solamente por el crecimiento de la ciudad sino además por que en lo hogares se incrementa el uso de artefactos eléctricos con el consecuente aumento en la demanda de energía por parte del los clientes, como es lógico suponer tanto en los transformadores como en las líneas de distribución continuamente se ven sometidos a un incremento de demanda en potencia y energía. Pero ahora cabe hacerse una pregunta ¿ Conoce la Empresa Eléctrica en forma efectiva la carga de energía a la que están sometidos los transformadores?

¿ Conoce cuánta corriente conducen los conductores en las horas pico? ¿ Conoce si las fases del alimentador están balanceadas?.

Creemos que las respuestas a estas interrogantes son negativas, lo que podemos afirmar por que en la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. no existe un diagnóstico de la situación en la que se encuentran operando actualmente las redes de distribución de energía eléctrica en la ciudad de Loja, lo cual trae como consecuencia que en la actualidad únicamente se realiza un mantenimiento correctivo, sin determinar las causas que generaron el problema, esto también ha impedido que se pueda realizar un mantenimiento preventivo que es más eficaz y económico.

Por otra parte no existe un control del mantenimiento que se realice de tal forma que permita conocer no sólo el daño que se reparó, sino las causas que lo provocaron y la frecuencia con la que se presenta el problema. Así como no se aplican las normas de seguridad establecidas para poder realizar determinados trabajos, en especial cuando se debe trabajar en caliente.

Por tales motivos esta investigación es de importancia por cuanto la información que se proporcionará va a permitir tomar decisiones encaminadas a mejorar la distribución de energía eléctrica a los usuarios, que de esta manera se beneficiarán; en primer lugar los usuarios por cuanto van a recibir un mejor servicio, los trabajadores de la empresa por que van a disponer de la información necesaria que les permitirá trabajar más eficiente y eficazmente, y en mejores condiciones de seguridad, también se beneficiará la empresa ya que es conocido por todos que es más económico prevenir que esperar a que se presenten los problemas para tomar acciones correctivas.

En este estudio, se va a dedicar especial atención a todos los componentes que conforman el alimentador para poder llegar a tener un muy buen sistema de distribución de la energía eléctrica.

Se describe el proceso, aplicado a la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A., para el mantenimiento preventivo del alimentador Juan de Salinas. El trabajo de campo se lo realizó solamente con un cuaderno de apuntes y las hojas con un formato tipo para la recolección de la información.

CONTENIDO

Levantamiento y actualización de datos del alimentador.- El Levantamiento se lo realizó mediante observación directa de cada uno de los componentes del alimentador, para lo cual utilizamos un formato tipo para recolectar la información. De acuerdo a los planos digitalizados dentro de la misma tesis. Se realizó levantamiento de postes, crucetas, aisladores, conductores, tensores, herrajes, alumbrado público, transformadores, acometidas y capacitores. Indicando en cada uno de ellos las observaciones encontradas en cada una de ellas.

Análisis operacional del sistema.- En este punto vamos a tratar algunos aspectos de la parte operativa del alimentador, ya que es de importancia y aunque no sea el objetivo primordial de esta tesis, de tal manera que no se va a entrar en mayores en los temas de operación. En este punto de tratan asuntos concernientes a:

- **Carga que están soportando los transformadores**, para el cual se utilizó el siguiente método: Recopilado del Manual de “EBASCO”, publicado por la ESPOL.

1. Determinamos los KW pico de cada abonado para mayor exactitud en los cálculos. Mediante la siguiente fórmula:

$$KW_{pico} = \frac{KWH}{49.7 * (KWH^{0.154})}$$

2. Determinamos KWn pico (Sumatoria de todos los KW pico de los abonados del transformador), es decir obtenemos los kilovatios del transformador.
3. Determinamos el factor de coincidencia.

$$Cn = 0.38 + \frac{0.62}{N} \text{ donde } N = \text{número de abonados.}$$

4. Luego multiplicamos KWn por el factor de coincidencia y obtenemos la carga que está soportando el transformador. Asumimos que el factor de potencia es la unidad, por tanto los KW son iguales a los KVA.

$$KVA = KW \text{ transformador} = KWn * Cn.$$

Mediante este método obtenemos que 10 transformadores están sobre cargados.

Luego de analizar este método se procedió a tomar lecturas en los transformadores que salen según nuestro método sobrecargados y nos dimos cuenta que en verdad algunos se encuentran sobrecargados.

- **KVA instalados por fase**, Se indica los KVA instalados por fase, con el respectivo número de transformador y su capacidad, así como una lista de los transformadores trifásicos y en total la capacidad instalada que tiene el alimentador en estudio.
- **Distribución de energía eléctrica (KWH) del alimentador**, Se ha hecho una distribución de energía utilizando como parámetro los KWH consumidos, en un promedio de los seis últimos meses, comenzando desde Junio del 2001, todo

esto con el ánimo de establecer que tramos de alimentador son los que mas consumo tienen.

- **Factor y Curvas de carga del alimentador,** Se tiene el registro de los seis primeros meses del año 2001, de los consumos diarios, y de esta manera obtenemos el factor de carga mensual del alimentador.

MANTENIMIENTO.-

Se define el término mantenimiento como actividades que se desarrollan, con el fin de conservar las propiedades físicas en condiciones de funcionamiento seguro, eficiente y económico, éste debe garantizar que todas las intervenciones que deben hacerse en los componentes del alimentador e instalaciones se realicen en el momento necesario para que el servicio se vea afectado en lo mínimo.

En este capítulo se desarrollan los planes de mantenimiento para corregir y estar prevenidos en los cambios que hay que desarrollar en el alimentador para un eficiente funcionamiento del mismo, todo esto en bien de la empresa como de sus clientes.

Clases de mantenimiento.

Desde el punto de vista técnico existen tres tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento Predictivo.
- Mantenimiento Preventivo.
- Mantenimiento Correctivo.

Objetivos del Mantenimiento Preventivo.- El objetivo principal del mantenimiento preventivo es mantener los componentes y el sistema en buenas condiciones de servicio, de tal forma se evitará que existan cortes de energía y con esto lograr que las reparaciones de emergencia sean lo mas mínimas posibles e idealmente nulas.

Objetivo Económico.

Su objetivo se lo puede fijar desde dos puntos de vista: el económico y el técnico. Es contribuir a sostener lo mas bajo posible el costo del producto, para nuestro caso la distribución de energía eléctrica.

Objetivo Técnico.

Es conservar en condiciones de funcionamiento seguro y eficiente las propiedades físicas de los distintos componentes que conforman los alimentadores.

Básicamente, son aceptados por las empresas especializadas como mantenimiento preventivo los servicios indicados a continuación, soportados por una programación previa:

- Sustituir: conductores, interruptores de palanca, interruptores tipo fusible, pararrayos, aisladores, conectores, crucetas, guarniciones de hierro, postes y otros equipos de distribución.
- Templar, aliviar la tensión mecánica en los conductores.
- Aplomar postes.
- Nivelar crucetas.
- Cambiar o alejar conductores.
- Ajustar o rehacer conexiones.
- Limpiar, lavar sustituir aisladores.
- Podar árboles.
- Enumerar o reenumerar los postes, transformadores o demás equipos.
- Retirar de la red objetos raros.
- Cambios por repuesto de acuerdo al tiempo de uso.
- Ajustes de acuerdo a la operación.
- Medir la resistencia óhmica de aterrizamiento.

Siempre el mantenimiento preventivo debe ser planeado, para poder determinar la inversión de repuestos, accesorios y componentes nuevos necesarios, así como la disponibilidad de mano de obra entrenada y/o especializada para de esta manera presupuestar los gastos que incurren estas acciones ya que es conveniente porque esto produce disminución de gastos y ahorros tales como:

- Disminuye los riesgos de daño.
- Menor tiempo de uso en el personal de mantenimiento y aprovechado para otros usos.
- Un mejor control de los repuestos y equipos.
- Mantener los transformadores con mejor rendimiento.

Con todo esto podemos mejorar la calidad de la energía y aumentar la confianza de los clientes en la empresa distribuidora de energía eléctrica.

Procedimientos de la realización del Mantenimiento Preventivo.

Análisis de vida útil.- Es necesario que una vez que a los componentes o equipos para los cuales se les cumplió la vida útil que le fue asignada, sean cambiados.

Costos por reparaciones.- En este ítem vamos a hacer referencia de los costos que representan los cambios de los diferentes equipos, componentes del

alimentador y los costos por mano de obra, dichos datos fueron proporcionados por la EERSSA actualizados a Mayo del 2002.

Cargo de Trabajo.- El tipo de trabajo que se realiza normalmente en el mantenimiento preventivo es responsabilidad propia del departamento de mantenimiento de la empresa, esto es los trabajos a realizarse los harán las cuadrillas. Para establecer el tipo o el trabajo que se va a realizar diario, debe tomarse en cuenta un cronograma pre establecido de trabajo, para tener mayor control y facilidad a la hora de establecer quien o quienes realizan determinado trabajo.

Establecimiento de Políticas.- Un programa efectivo de inspección y mantenimiento es el resultado de una decisión y consiste en que la inspección sistemática sea presupuestada y que la marcha sea regularmente revisada.

Selección y entrenamiento del personal.- Seleccionar y entrenar una persona o personas es estudio que debe cumplir una calificación y requisitos indispensables para un buen desempeño de las funciones en tal cargo.

Periodicidad en la realización del mantenimiento preventivo.- En este punto se trata de la periodicidad o frecuencia con que cada actividad de mantenimiento debe aplicarse a los equipos. La decisión de la frecuencia a aplicar a cada actividad mayor o programable tiene gran influencia en los costos y economías de un programa de mantenimiento preventivo. La ejecución excesiva es un gasto innecesario y puede involucrar mas tiempo muerto de servicio que una parada por emergencia.

Inspecciones.- La inspección objetiva es identificar las irregularidades y anomalías existentes en el sistema de distribución, que si no fueran corregidas a tiempo resultarán en defectos e interrupciones en el abastecimiento de energía eléctrica. Al realizar el análisis del sistema de distribución, la inspección nos permite establecer prioridades para la ejecución del mantenimiento, por tal razón la inspección constituye una etapa importantísima dentro del proceso de mantenimiento. Se realizan los tres tipos de inspección, operacional, visual y con equipo especial.

Programa de Mantenimiento.- Se desarrollará el plan de mantenimiento preventivo para un sistema de Distribución de Energía Eléctrica.

Al desarrollar el plan de mantenimiento es necesario considerar el estudio y análisis técnico detallado de los equipos para la determinación de actividades de especial atención en su ejecución y determinar la frecuencia de la ejecución de las actividades, inspecciones y servicios.

De acuerdo a las experiencias obtenidas, la frecuencia de la inspección visual para los componentes(enumerarlos) debe ser considerando el tipo de zona, clientes, grado de contaminación, crecimiento de población.

Para realizar los mantenimientos a nivel de tensión 13.8 KV, no se puede realizarlos en caliente por cuanto la empresa no cuenta con el equipo necesario para protección de las personas. En cambio los trabajos que deban realizarse en los circuitos de baja tensión si se los puede realizar en caliente. En este programa se tiene lo concerniente a todos los componentes del sistema de distribución, haciendo énfasis en las pruebas que deben realizarse a los transformadores.

Control del Mantenimiento.- La calidad del sistema eléctrico es probablemente una de las mas duras pruebas de responsabilidad que tiene a cargo una buena administración, efectivamente para obtener buena calidad de energía se necesita de un buen mantenimiento, para lo cual se requiere:

1. La previsión de un claro proceso de trabajo para la ejecución oportuna de la obra de mantenimiento. Esto naturalmente incluye presupuestación y personal hábil e idóneo para la realización del trabajo.
2. La asignación de un personal calificado con una determinación de tiempo para una inspección sistemática.
3. Encontrar el tiempo adecuado para conseguir que el trabajo sea realizado.
4. establecer un registro continuo y un control efectivo de las necesidades de mantenimiento, para que en esta forma el trabajo requerido sea conocido a su debido tiempo.
5. Una inspección continua y registro de mantenimiento es una obligación fundamental inherente al Departamento de Mantenimiento, para tener un conocimiento veraz y oportuno a cerca de los trabajos que deben realizarse.

Hay actividades administrativas y técnicas indispensables para poder controlar un sistema de mantenimiento preventivo, a las que se denomina controles de mantenimiento y que son los siguientes:

- ❑ Control del trabajo.
- ❑ Control de mano de obra.
- ❑ Control de equipos.
- ❑ Solicitud y orden de trabajo.
- ❑ Control de materiales.

Condiciones de Falla.- Una vez que han sido detectadas las condiciones de falla por medio de las inspecciones periódicas realizadas es necesario proceder a indicar las prioridades de la emergencia que se posee con el fin de determinar la necesidad de realizar una desconexión ya sea inmediata o en su defecto programada.

Recomendaciones.- La aplicación de un certero y eficaz sistema de mantenimiento preventivo, hará que la empresa tenga mayor eficacia en cuanto a la vida útil de los componentes del sistema de distribución de energía eléctrica, así como se verá sujeta a mayor confiabilidad en el suministro de energía por cuanto

los elementos y componentes podrán trabajar a un nivel de rendimiento adecuado. Así como la aplicación de las medidas de seguridad aquí expuestas servirán para que el personal de operación y mantenimiento cuenten con una herramienta muy importante para cuidar de su integridad física a la hora de realizar trabajos eléctricos en las redes, cabe indicar que existe una recomendación por cada componente del sistema de acuerdo a las normas.

Estimativo Económico.- En este capítulo se establecerán los costos por reparaciones que tendría la Empresa al realizar el mantenimiento preventivo y correctivo en las diferentes refacciones que deben hacerse al sistema.

Condiciones de Seguridad.- El principal objetivo es establecer las condiciones y garantías que deban reunir las instalaciones eléctricas, conectadas a una tensión definida sea esta alta o baja, pero todo ello en función de:

- La seguridad de los operadores y personal de mantenimiento.
- El incremento de la fiabilidad en su funcionamiento para mejorar la calidad del suministro de energía eléctrica.

Una unificación de todas las características de los suministros eléctricos para simplificar la normalización industrial, necesaria en la fabricación de los materiales y aparatos utilizados en los sistemas eléctricos.

Seguridad del personal de operación y mantenimiento.- El objetivo principal es el de precautelar la integridad física de las personas, para lo cual es necesario establecer normas de seguridad para la realización de los distintos trabajos que deban realizarse con el fin de tener un sistema de distribución bastante confiable y seguro. Los riesgos a tener en cuenta son los siguientes: Choque eléctrico, paso de energía y fuego.

Conexiones Eléctricas.- Las conexiones deben ser hechas correctamente para proteger a las personas que transitan por las calles, las personas que habitan un vivienda, al personal de mantenimiento de una exposición accidental a un choque eléctrico o a una quemada por arco / llamarada eléctrica mientras efectúan estas conexiones o por falsos contactos debido a las malas conexiones.

Trabajos en Caliente.- Se debe proteger al personal de operación y mantenimiento de una exposición accidental a un choque eléctrico o quemadura con arco llamarada eléctrica mientras ejecutan trabajos eléctricos en caliente.

Esta ejecución de trabajos aplica a trabajos de diagnóstico, trabajos de reparación, bancos de prueba, pruebas para aislamiento y verificación de desenergización, instalación de tierras y la remoción e inserción de fusibles cuando el voltaje está presente en el lado del porta fusible.

Equipos de Protección para riesgo de choque eléctrico.- Se procederá a dar las indicaciones para la utilización de los equipos para evitar el potencial de riesgo

de choque eléctrico mediante el uso adecuado, el cuidado en el área de trabajo, y las pruebas e inspecciones del equipo de protección personal (aislamiento en caucho) usado para trabajos en caliente y para conexiones eléctricas.

Equipo de Protección Personal y Equipo para riesgos de Arco / Llamada Eléctrica.- La finalidad es proveer al personal de los requerimientos de los equipos de protección personal necesarios para protegerlo contra un riesgo de arco / llamada mientras desempeñan labores de trabajo eléctrico en caliente o conexiones eléctricas.

Pruebas e Inspecciones de los Equipos.- Las pruebas e inspecciones de los equipos para protección personal eléctrico (aisladores de caucho) son un requerimiento importante en proveer protección contra un choque eléctrico o una quemadura de destello. El equipo defectuoso o con sospechas de estar defectuoso debe ser devuelto y realizar una prueba eléctrica para que sean reprobados y rechazados.

Planeando la realización del trabajo.- Antes de ir al lugar del trabajo, determine si el trabajo requerirá equipo para protección personal de caucho, El equipo que debe llevarse en el carro de la cuadrilla debe ser revisando la orden de trabajo del día.

Prevención de accidentes.- La mayoría de los accidentes que ocurren en la actualidad son evitables. El propósito de este ítem es prevenir accidentes que puedan causar invalidez parcial y pérdida de tiempo, y para prevenir pérdida de vidas humanas.

Distancias mínimas requeridas para el normal uso de los componentes del sistema.- Se indica las tablas recomendadas para cada caso.

Espacios para trabajos eléctricos.- Se indica las tablas recomendadas para el caso.

Base de datos y Representación gráfica del alimentador en estudio.- La Base de Datos se la realizó en el programa Microsoft ACCESS, esta base de datos tiene como finalidad almacenar todo el inventario del alimentador desde la red de alta tensión (13.8KV) hasta el número del medidor del abonado, igualmente colocado dentro del transformador al cual está conectado dicho abonado. Esta base de datos tiene la capacidad de interactuar con AUTOCAD mediante una herramienta que tiene este mismo programa.

La sección de la que se habla en la base de datos es la misma que utiliza el departamento de facturación de planillas, son las rutas que utilizan las personas para entregar las planillas de consumo de energía eléctrica.

Esta base de datos utiliza un frontal en el programa Visual Basic, el mismo que presenta toda la información requerida en el alimentador.

Aplicación del Mantenimiento Preventivo a un alimentador de la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. (EERSSA).- Se indica todos los trabajos a realizarse; incluyendo ubicación, recursos, tiempo y efectos para realizar los cambios respectivos en el alimentador.

CONCLUSIONES.

- El Sistema de Distribución de Energía Eléctrica está bastante descuidado, por cuanto no existe un control y un adecuado mantenimiento que permita mantener niveles confiables de seguridad y calidad de energía.
- El Sistema de Mantenimiento Predictivo es quizás en orden el primero que debería realizarse ya que este nos permite conocer de forma anticipada lo que está por ocurrir.
- Los transformadores de distribución son la parte medular de un sistema de distribución y se encuentran muy venidos a menos en la importancia que estos tienen, existen transformadores colocados en los postes que llevan años sin ni siquiera una inspección visual.
- Cuando se pide a la Empresa Eléctrica que instale una nueva acometida, no se preocupan de ver si el transformador al que están conectados soporta tal aumento de carga, si la línea en sí tiene la capacidad suficiente para soportar una mayor corriente de circulación; además la conexión se la realiza sin las debidas precauciones del caso y no se coloca grapas de compresión para conectar la acometida si no que se hace un amarre lo mas sencillo posible con tal de salir del problema.
- Las normas de seguridad que se deben aplicar a la hora de realizar los trabajos, no son conocidas por los linieros, cuando se contrata un liniero en primer lugar no se le da una charla un seminario de cuales deben ser las seguridades que debe tomar a la hora de realizar los distintos trabajos eléctricos.
- Una base de datos que nos permita almacenar todos los eventos ocurridos dentro del sistema de distribución es una de las herramientas más sencillas y trascendentales que nos permitirán llevar un mantenimiento adecuado y un trabajo eficaz a la hora de entregar servicio.

REFERENCIAS.

1. A.B. CHANCE CO: **Products for Electrical Transmisión y Distribution.** Chance Company Centralia, Missouri, U.S.A, 1972.
2. NGK INSULATORS. LTD: **Suspensión Insulators.** NGK, Mizuho, Nagoya, Japan,
3. ELETROBRÁS: **Planejamiento de Sistemas de Distribuicao.** Editora Campus. Río de Janeiro, 1982.
4. DONALD G. Fink, H. WAYNE Beaty: **Manual de Ingeniería Eléctrica.** Edit. McGRAW-HILL, México 1993.
5. ESPOL: **Planificación de Sistemas de Distribución.** Edit. McGRAW-HILL, New York, 1982.