

**DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS  
SUBESTACIONES ELECTRICAS DEL SECTOR MINERO DEL  
DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA**

**HERMES MENDOZA DURAN  
MAURICIO VELASQUEZ MARIN**



**FACULTAD DE INGENIERIAS  
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
CARTAGENA DE INDIAS  
2011**

**DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS  
SUBESTACIONES ELECTRICAS DEL SECTOR MINERO DEL  
DEPARATAMENTO DE LA GUAJIRA**

**HERMES MENDOZA DURAN  
MAURICIO VELASQUEZ MARIN**

**TRABAJO FINAL INTEGRADOR PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO**

**DIRECTOR TRABAJO FINAL INTEGRADOR  
MSC, ME VLADIMIR QUIROZ MARIANO**



**FACULTAD DE INGENIERIAS  
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
CARTAGENA DE INDIAS**

**2011**

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

**Presidente del Jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

**Señores:**

**Comité Evaluador**

**Especialización en Gerencia de Mantenimiento**

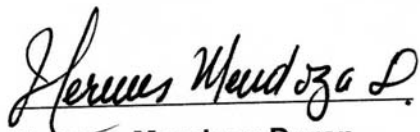
**Universidad Tecnológica De Bolívar**

**Ciudad.**

Apreciados señores:

Por medio de la presente nos permitimos someter para su estudio, consideración y aprobación el Trabajo Final Integrador titulado **“PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS DEL CERREJON”** realizada por los estudiantes **Hermes Mendoza Duran, y Mauricio Velásquez Marín** para optar al título de Especialistas en Gerencia de Mantenimiento.

Cordialmente,



**Hermes Mendoza Duran.**

CC. 84030291 R/cha



**Mauricio Velásquez Marín**

CC. 1.129.566.486 B/quilla

---

## CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Cartagena de Indias D. T. y C. Octubre de 2011

Los Señores **Hermes Mendoza Duran**, y **Mauricio Velásquez Marín** hacemos manifiesto en este documento la voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica de Bolívar los derechos patrimoniales, consagrados en el artículo 72 de la Ley 23 de 1982 sobre Derechos de Autor, del trabajo final denominado **“DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS DEL SECTOR MINERO DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA”** producto de mi actividad académica para optar el título de **Especialista en Gerencia de Mantenimiento** de la Universidad Tecnológica de Bolívar.

La Universidad Tecnológica de Bolívar, entidad académica sin ánimo de lucro, queda por lo tanto facultada para ejercer plenamente los derechos anteriormente cedidos en su actividad ordinaria de investigación, docencia y extensión. La cesión otorgada se ajusta a lo que establece la Ley 23 de 1982. Con todo, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada con arreglo al artículo 30 de la Ley 23 de 1982. En concordancia suscribo este documento que hace parte integral del trabajo antes mencionado y entrego al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica de Bolívar.



**Hermes Mendoza Duran**

C.C. 84.030.291 de Riohacha



**Mauricio Velásquez Marín**

C.C. 1.129.566.486 de barranquilla

Cartagena de Indias D. T. y C. Octubre de 2011

Cartagena de Indias D. T. y C. Octubre de 2011

**Señores:**

**Comité Evaluador**

**Especialización en Gerencia de Mantenimiento**

**Universidad Tecnológica De Bolívar**

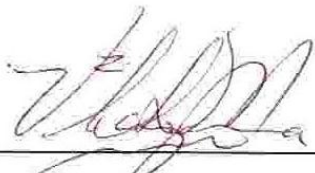
**Ciudad.**

Apreciados señores:

Por medio de la presente me permito informarles que el Trabajo Final Integrador titulado “**DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS DEL SECTOR MINERO DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA**” ha sido desarrollado de acuerdo a los objetivos establecidos por la Especialización de Gerencia en Mantenimiento.

Como director del proyecto considero que el trabajo es satisfactorio y amerita ser presentado para su evaluación.

Atentamente



---

**MSc Vladimir Quiroz Mariano**

**Director Trabajo Final Integrador**

## DEDICATORIA

*A mi Esposa y a mis Hijos por el sacrificio en tiempo de permanencia con ellos.*

*Y a todas esas personas que me colaboraron para que pudiera obtener este logro tan importante para el desarrollo en mi vida Profesional y Personal.*

*Hermes Mendoza Duran*

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo darle gracias a Dios, a mis padres, mis compañeros que hicieron agradable este reto en mi vida profesional.

A mis profesores, por sus grandes aportes en nuestra formación académica y personal, porque son un gran ejemplo a seguir.

A la Familia Cerrejón que me brindaron su apoyo para que esta meta se materializara.

Hermes Mendoza Duran



## **AGRADECIMIENTOS**

Doy gracias a Dios, por haberme mostrado el camino a seguir en mi vida y poder trazar y alcanzar este objetivo propuesto.

A mis Padres, Hermanos, y Amigos, por su apoyo incondicional al logro de esta meta personal.

A mis profesores, por sus grandes Enseñanzas en nuestra formación académica y personal.

Mauricio Velásquez Marín

## CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	19
01 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	21
01.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
02. OBJETIVOS	23
02.1 Objetivo General	23
02.2 Objetivos Específicos	23
03.JUSTIFICACIÓN	24
04. MARCO TEÓRICO	25
04.1 Antecedentes de la Investigación	25
05. DISEÑO METODOLÓGICO	29
05.1 Tipo de Estudio	29
05.2 Actividades para la consecución de los objetivos	30
<b>1. PLAN DE MANTENIMIENTO PARA SUBESTACIONES</b>	<b>32</b>
<b>1.1 DIAGNOSTICO GENERAL DE MAQUINARIA Y EQUIPOS CRITICOS</b>	<b>32</b>
1.1.1 Listado de equipos	32
1.1.1.1 Subestación principal (110 kv)	32
1.1.1.2 Subestaciones móviles	33
1.1.1.3 Subestaciones de 13.200	34
<b>1.2 LISTA DE CHEQUEO DE EQUIPOS</b>	<b>35</b>
1.2.1 Subestación eléctrica de 120 mva	35
1.2.2 Subestaciones de 13.2 kv / 480 v	36
1.2.3 Subestaciones portátiles de 7.5mva	37
1.2.4 Transformadores	37
1.2.4.1 Pruebas para Diagnósticos en Transformadores	38
1.2.4.2.1 Pruebas no eléctricas	39
1.2.4.2.2 Pruebas Eléctricas para Diagnostico	40
1.2.4.2.3 Pruebas del aislamiento Dieléctrico	41

1.2.5 Interruptores	45
1.2.6 Seccionadores	47
1.2.7 Interruptor Seccionador ( VCB )	48
1.2.8 Pararrayos	50
1.2.9 Suministro de energía DC	51
1.2.10 Relés de protección	52
1.2.11 Sistema de aire comprimido	53
1.2.12 Celdas de control	55
1.2.13 Banco de condensadores	56
1.2.14 Sistema de puestas a tierra	57
1.2.15 Tensión de contacto	58
1.2.16 Tensión de paso	59
1.2.17 Funciones de los sistemas de puestas a Tierra	59
<b>3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>62</b>
3.1 CONCLUSIONES	62
3.2 RECOMENDACIONES	63
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## LISTA DE TABLAS

		<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b>	Lista de equipos y componentes en Subestación de 120MVA	32
<b>Tabla 2.</b>	Lista de Subestaciones de 7.5 MVA	33
<b>Tabla 3.</b>	Lista de Subestaciones 13.2/ 480 V	34
<b>Tabla 4.</b>	Cronograma de actividades predictivas de un Transformador	44
<b>Tabla 5.</b>	Programación de Mantenimiento predictivo para Disyuntores	46
<b>Tabla 6.</b>	Programación de Mantenimiento predictivo / Preventivo	50
<b>Tabla 7.</b>	Descargadores de sobretension (Pararrayos)	51
<b>Tabla 8.</b>	Programación para Banco de Baterías	52
<b>Tabla 9.</b>	Programación de mantenimiento de Relés de Protección	53
<b>Tabla 10.</b>	Programación de mantenimiento de Compresores	54
<b>Tabla 11.</b>	Programación de mantenimiento de los Tableros de Control	56
<b>Tabla 12.</b>	Programa de mantenimiento del Banco de condensadores	57
<b>Tabla 13.</b>	La tensión máxima de toque	60

## LISTA DE FIGURAS

		<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b>	Subestación Principal 120 MVA	35
<b>Figura 2.</b>	Subestaciones de 13.2 kv / 480 v.	36
<b>Figura 3.</b>	Subestaciones portátiles de 7.5mva	37
<b>Figura 4.</b>	Transformador de Potencia	36
<b>Figura 5.</b>	Disyuntor	45
<b>Figura 6.</b>	Seccionador manual	48
<b>Figura 7.</b>	Interruptor Seccionador VCB	49
<b>Figura 8.</b>	Descargadores de sobretension (Pararrayos)	50
<b>Figura 9.</b>	Banco de baterias	51
<b>Figura 10.</b>	Relés de Protección	52
<b>Figura 11.</b>	Sistema de aire comprimido	54
<b>Figura 12.</b>	Celdas de Control	55
<b>Figura 13.</b>	Bancos De Condensadores	56
<b>Figura 14.</b>	Puesta a tierra	57
<b>Figura 15.</b>	Tensión de contacto	58
<b>Figura 16.</b>	Tensión de Paso	59

## **LISTA DE ANEXOS**

- ANEXO A.** INSTRUCTIVO PARA PRUEBAS DE PARARRAYOS CON OMICROM  
CPC-100
- ANEXO B.** INSTRUCTIVO MANTENIMIENTO DE BANCO DE CONDENSADORES
- ANEXO C.** INSTRUCTIVO REPARACION CAMBIO DE BUSHING
- ANEXO D.** LISTAS DE CHEQUEOS

## GLOSARIO

**CONFIABILIDAD:** Es la probabilidad de que un equipo desarrolle una función específica, bajo unas condiciones específicas durante un tiempo determinado.

**DISPONIBILIDAD:** Es la probabilidad de que un equipo funcione satisfactoriamente en el momento que sea requerido después del comienzo de su operación.

**FALLA:** Pérdida de la capacidad de servicio de una máquina o sistema, según las especificaciones de diseño con las que fue construido.

**GAMA:** Procedimiento basado en tareas de mantenimiento.

**INSPECCIÓN:** Actividad sistemática de verificación periódica de las Estructuras, equipos, etcétera, que sirve para detectar condiciones que puedan causar su interrupción o deterioro excesivo Servicio. Realización de acciones rutinarias orientadas a mantener los equipos en óptimas condiciones de funcionamiento y a prevenir desperfectos de mayor envergadura y costo, entre estas actividades están las siguientes: lubricación, ajustes, limpieza, reemplazo de pequeñas partes, pintura.

**MANTENIBILIDAD:** Es la probabilidad de que un equipo sea restablecido a una condición específica dentro de un periodo de tiempo dado, usando recursos determinados.

**MANTENIMIENTO CORRECTIVO:** Este mantenimiento también es conocido como "mantenimiento reactivo", tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema.

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO:** Este mantenimiento también es denominado "mantenimiento planificado", tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se

efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema. Se realiza a razón de la experiencia y pericia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento; el fabricante también puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos.

**MANTENIMIENTO:** Es una combinación de acciones técnicas destinadas a reparar o restaurar un equipo a un estado en el que pueda desempeñar su función.

**MODIFICACIÓN:** Alteración de la configuración o diseño original de partes de un equipo o estructura o cambio material con miras a reducir el costo y aumentar la eficiencia.

**MODO DE FALLA:** Es una posible causa por la cual un equipo puede llegar a un estado de falla.

**PLAN DE MANTENIMIENTO:** Conjunto de acciones y tareas de mantenimiento seleccionadas y dirigidas a proteger la función de un activo, estableciendo una frecuencia de ejecución de las mismas y el personal destinado a realizarlas.

**PLAN ESTRATÉGICO:** Es el plan corporativo o gerencial que consolida las instalaciones y/o equipos que serán sometidos a mantenimiento mayor (reparación) en un periodo determinado y que determina el nivel de inversión y de recursos que se requiere para ejecutar dicho plan.

**PLAN OPERATIVO:** Es el plan por medio del cual se definen y establecen todos los parámetros de cómo hacer el trabajo, podemos decir que va relacionado con el establecimiento de objetivos específicos, medibles y alcanzables que las divisiones, los departamentos, los equipos de trabajo y las personas dentro de una organización deben lograr comúnmente a corto plazo y en forma concreta.



**PRODUCTIVIDAD:** Es la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para obtenerla.

**REPARACION:** Restauración o reemplazo de las partes defectuosas o gastadas, identificadas ya sea por inspecciones o por interrupciones de la operación, para ponerlas en buenas condiciones de funcionamiento.

**SUSTITUCIÓN:** Instalación de unidades nuevas en lugar de las existentes, que se han vuelto obsoletas y que muchas veces se tornan antieconómicas o ineficaces debido al uso excesivo, o generan costos elevados de mantenimiento por su mal funcionamiento.

**WEIBULL:** Método de distribución que permite la utilización de las tres zonas de tasa de fallas.

## RESUMEN

Un manual de mantenimiento es un documento utilizado como soporte, guía, Del proceso de mantenimiento de un negocio específico. Como soporte ya que en el se encuentran las tareas de mantenimiento que se le deben realizar específicamente a las Subestaciones Eléctricas del Cerrejón, con fechas exactas para el año en vigencia del manual. Usado como guía porque también encontramos dentro de este manual las pautas que enmarcan la importancia del mantenimiento dentro de la organización como es la filosofía que hace sostenible el mantenimiento a costo óptimo.

Para la actualización de este manual de mantenimiento fue necesario tener cierto grado de conocimiento de los avances que ya tenían en cuanto a mantenimiento en la empresa además de conocer y revisar detalladamente los manuales anteriores, Para atacar en esos lugares en donde no se había incursionado y poder hacer de Este manual una herramienta mas completa y funcional para la empresa.

En el plan de mantenimiento, se debe establecer la lista de equipos a mantener, el tipo de mantenimiento a ejecutar y la frecuencia de los mismos, la cantidad de personal adecuado para la realización de las tareas. Si los indicadores de gestión y el sistema de información están cumpliendo con las Necesidades del negocio, por lo que se hace necesario establecer el marco en el Cual se encuentra trabajando la empresa, enfocando los indicadores y la Recolección de información necesaria para un correcto control y evaluación del Mantenimiento.

**Palabras Claves:** Mantenimiento preventivo, disponibilidad, eficiencia, Confiabilidad.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo describe el proyecto de mejora en la gestión del mantenimiento preventivo específicamente referido a subestaciones que suministran Energía eléctrica a cada una de las instalaciones del complejo carbonífero.

Este documento contiene la información necesaria para entender y evaluar la gestión del mantenimiento aplicadas a Subestaciones Eléctricas.

Este proyecto inicia con el interés de la dirección en potenciar la eficiencia con la cual se realiza actualmente el mantenimiento, pasar de un mantenimiento correctivo que en cierta forma es el que se viene implementando por circunstancias de la operación a un mantenimiento sistemático, que contiene preventivos y predictivos a la vez que permitir afrontar en condiciones más favorables la operatividad de los equipos y estar en línea con la productividad, metas esperadas, la calidad de servicio y a su vez manteniendo el compromiso con la sociedad, la seguridad y el medio ambiente.

La utilización de las máquinas es un proceso fundamental en el sistema de explotación, su efectividad depende ante todo del modo racional de su uso. En este proceso cumplen con una importante función las propiedades que determinan la Operatividad, el rendimiento, la fiabilidad y las tareas del mantenimiento.

Las experiencias adquiridas de la Maquina A través del tiempo y la Información del fabricante son una herramienta fundamental para la implementación de un adecuado sistema de Mantenimiento Preventivo, que de confiabilidad operativa al equipo en el Área que esta desempeñando dicha función, el mayor uso del equipo depende de una buena política de Mantenimiento Basada en Preventivos Predictivos y correctivos, cuando se requiera.

La elaboración de este manual de mantenimiento permitirá conocer el la importancia que juega el mantenimiento dentro del desarrollo sostenible del negocio, comprendiendo como se emplean los conocimientos, técnicas y estrategias actuales de mantenimiento en una sola filosofía para hacer de nuestro sistema un conjunto de equipos confiables y sostenibles a costos óptimos.

Otra Característica fundamental en el mantenimiento es la organización, se debe enfocar a la eliminación de defectos con los cuales evitamos la realización de trabajos correctivos. Optimizando el número de trabajos es lo que nos permite una planificación efectiva y eficiente de todas las actividades de Mantenimiento

La confiabilidad es otro de los parámetros que se beneficiaria con la reducción de las fallas en los equipos.

La realización de cualquier actividad de mantenimiento está asociada con costos que pueden ser los invertidos en la ejecución del mantenimiento como tal, o el costo que se ocasionaría por las consecuencias de la no ejecución de este en su debido tiempo y no tener disponible el equipo para la operación.

## 01.DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

### 01.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La Empresa Carbones del Cerrejón esta localizada en el Departamento de La Guajira, al noreste de Colombia. Los depósitos de carbón se encuentran en una extensión de 69.000 hectáreas, dentro de la cual hay cinco áreas contratadas así: Zona Norte, Patilla, Oreganal y Zona Sur con el estado colombiano y Zona Central con la Comunidad de Cerrejón.<sup>1</sup>

Actualmente laboran en el complejo cerca de 10.500 personas entre personal directo e indirecto capacitado para cumplir con las exigencias propias de la minería.<sup>2</sup>

El Cerrejón tiene como actividad principal la extracción del carbón, para lo cual debe remover grandes volúmenes de tierra, para esto utiliza una gran cantidad de equipos especiales con sistemas de impulsión de mandos mecánicos y eléctricos. Cabe destacar el 70% de estos equipos requieren de la energía eléctrica para mantenerse en forma funcional

En actualidad, el cerrejón cuenta con 19 Palas Eléctricas que son movidas a una tensión de trabajo de 7200 voltios y son entre otros los equipos que cargan los diferentes camiones con material estéril o capa vegetal enviado hacia los botaderos o zonas de recuperación ambiental y el Carbón mineral que es transportado hacia puerto bolívar a través del tren y exportado hacia los diferentes países del mundo; pudiéndose evidenciar que la Energía eléctrica para el cerrejón es de vital importancia y uno de los recursos más críticos para el desarrollo de la explotación minera.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Cerrejón – Wikipedia, La Enciclopedia Libre.

<sup>2</sup> Cerrejón Minería Responsable. Pág. Principal de Inicio

<sup>3</sup> Departamento de Producción. El cerrejón

Por todo lo anteriormente expuesto, el presente proyecto va encaminado a la elaboración de un plan de mantenimiento para las (34)Subestaciones que suministran energía Eléctrica a las diferentes aéreas del complejo Carbonífero del cerrejón Distribuidas de la siguiente manera una(1) subestación de 120MVA 110kv /69/13.2KV,(18 Subestaciones para la alimentación de los Equipos Mineros de 7.5MVA /69/7.2kv, y ( 14Subestaciones entre 1 MVA, y 2 MVA 13.200/480v que suministran energía a los diferentes talleres para soporte de mantenimiento ), con el crecimiento de la Empresa y a medida que han pasado los años se ha ido implementando nuevas tecnologías, que algunas han llegado con los nuevos equipos adquiridos y otros a través de remodelaciones tecnológicas que se han hecho para poder suplir las exigencias internas de nuestro principal cliente producción, y así poder suministrar un servicios de calidad, que permita al Empresa ser competitiva en el mercado del carbón.

En inspecciones realizadas a las subestaciones, se ha podido evidenciar que el mantenimiento realizado actualmente a los Equipos no es el más adecuado, se está llevando a cabo un mantenimiento correctivo y se quiere llegar con el presente proyecto a la implementación de un mantenimiento preventivo y predictivo, que permita encontrar y corregir los problemas menores antes de que estos provoquen fallas en los equipos y así poder cumplir con las exigencias técnicas de los procesos e las subestaciones eléctricas.

De acuerdo con los elementos del problema anotados anteriormente, se plantea el siguiente interrogante de investigación. **¿Es el plan de Mantenimiento preventivo la estrategia que permitirá garantizar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos eléctricos en las subestaciones eléctricas del Cerrejón?**

## **02.OBJETIVOS**

### **02.1 Objetivo General.**

Diseñar el plan de Mantenimiento preventivo para las subestaciones eléctricas del Cerrejón, que permita incrementar la disponibilidad y la confiabilidad de los equipos eléctricos que dan soporte al proceso productivo en el complejo carbonífero.

### **02.2 Objetivos Específicos**

- Establecer las metas del plan de mantenimiento en las subestaciones eléctricas del Cerrejón.
- Realizar un diagnóstico general que permita identificar la maquinaria y los equipos más críticos del proceso.
- Desarrollar un sistema de organización de datos para recepcionar, administrar y almacenar las ordenes de trabajo
- Establecer las medidas de control y evaluación que permitan la medición de las actividades del plan de mantenimiento.

### 03.JUSTIFICACIÓN

Los planes de mantenimientos preventivos se han convertido hoy en día en una herramienta fundamental en toda empresa. Estos permiten prever las fallas manteniendo los sistemas de infraestructuras, equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos; detectando las fallas en su fase inicial y corrigiéndolas en el momento oportuno.

En consideración a lo anterior se propone **El plan de mantenimiento preventivo para las subestaciones eléctricas del Cerrejón**, que busca como principal interés incrementar la disponibilidad y la confiabilidad de los equipos eléctricos que dan soporte al proceso productivo en el complejo carbonífero, reducir las fallas y los tiempos muertos incrementando la disponibilidad de los equipos, mejorando la utilización de los recursos y ayudando a incrementar la vida útil de la maquinaria e instalaciones, logrando disminuir los costos ocasionados por la reparación de averías.

Como utilidad del proyecto, se propone que las subestaciones eléctricas del Cerrejón cuenten con un manual guía para desarrollar su gestión de mantenimiento preventivo, que permita la confiabilidad del sistema eléctrico del complejo carbonífero. Así mismo, con la elaboración de este Plan de Mantenimiento se podrá organizar toda la información de los equipos críticos para la operación de las Subestaciones Eléctricas.



## 04.MARCO TEÓRICO

### 04.1 Antecedentes de la investigación

(**Alberto Mora Gutiérrez**) Se reconoce la aparición de los primeros sistemas organizacionales de mantenimiento para sostener las maquinas desde principios de I siglo XX, en los Estados unidos, donde todas las soluciones a fallas y paradas imprevistas de equipos se solucionan vía mantenimiento correctivo (Newbrough y otros 1982) La actividad del mantenimiento es tan antigua como la propia revolución industrial la principal función del mantenimiento es sostener la funcionabilidad de los equipos y el buen estado de las maquinas a través del tiempo en el siglo XVIII las teorías de producción de David Ricardo como el origen claro de los sistemas de Mantenimiento.

La historia del mantenimiento como parte estructural de las empresas, viene desde la aparición de las Maquinas para la producción. Con la aparición de los instrumentos de Mantenimiento nacen los expertos para cada área para inicio de mantenimiento netamente correctivo, las fallas imprevistas es un problema que hay que atacar ya que se presentan paradas repentinas en los equipos.

Actualmente existen cuatro tipos reconocidos de operaciones de mantenimiento, los cuales están en función del momento en el tiempo en que se realizan, el objetivo particular para el cual son puestos en marcha, y en función a los recursos utilizados, así tenemos:

- **Mantenimiento Correctivo**

Este mantenimiento también es denominado “mantenimiento reactivo”, tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema. En este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto

para recién tomar medidas de corrección de errores. Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:

- ✓ Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.
- ✓ Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior.
- ✓ Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado
- ✓ La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

#### • **Mantenimiento Preventivo**

Este mantenimiento también es denominado “mantenimiento planificado”, tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema. Se realiza a razón de la experiencia y pericia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento; el fabricante también puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos. Presenta las siguientes características:

- ✓ Se realiza en un momento en que no se está produciendo, por lo que se aprovecha las horas ociosas de la planta.
- ✓ Se lleva a cabo siguiente un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios “a la mano”.
- ✓ Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa.

- ✓ Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- ✓ Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.
- ✓ Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva.

#### • **Mantenimiento Predictivo**

Consiste en determinar en todo instante la condición técnica (mecánica y eléctrica) real de la máquina examinada, mientras esta se encuentre en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo. El sustento tecnológico de este mantenimiento consiste en la aplicaciones de algoritmos matemáticos agregados a las operaciones de diagnóstico, que juntos pueden brindar información referente a las condiciones del equipo. Tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimientos preventivos, y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento y por no producción. La implementación de este tipo de métodos requiere de inversión en equipos, en instrumentos, y en contratación de personal calificado. Técnicas utilizadas para la estimación del mantenimiento predictivo:

- ✓ Analizadores de Fourier (para análisis de vibraciones)
- ✓ Endoscopia (para poder ver lugares ocultos)
- ✓ Ensayos no destructivos (a través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas, entre otros)
- ✓ Termovisión (detección de condiciones a través del calor desplegado)
- ✓ Medición de parámetros de operación (viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, etc.)

#### • **Mantenimiento Proactivo**

Este mantenimiento tiene como fundamento los principios de solidaridad, colaboración, iniciativa propia, sensibilización, trabajo en equipo, de modo tal que

todos los involucrados directa o indirectamente en la gestión del mantenimiento deben conocer la problemática del mantenimiento, es decir, que tanto técnicos, profesionales, ejecutivos, y directivos deben estar conscientes de las actividades que se llevan a cabo para desarrollar las labores de mantenimiento. Cada individuo desde su cargo o función dentro de la organización, actuará de acuerdo a este cargo, asumiendo un rol en las operaciones de mantenimiento, bajo la premisa de que se debe atender las prioridades del mantenimiento en forma oportuna y eficiente. El mantenimiento proactivo implica contar con una planificación de operaciones, la cual debe estar incluida en el Plan Estratégico de la organización. Este mantenimiento a su vez debe brindar indicadores (informes) hacia la gerencia, respecto del progreso de las actividades, los logros, aciertos, y también errores.

## **05.DISEÑO METODOLÓGICO.**

### **05.1 Tipo de Estudio.**

Según las características del proyecto y los objetivos planteados, la investigación es de tipo DESCRIPTIVA Y ANALITICA, y mediante al análisis de los fenómenos encontrados en el ambiente de trabajo de los empleados de las subestaciones eléctricas del complejo carbonífero se lograra describir los elementos que estructuraron el proyecto.

En el presente proyecto se utilizaron fuentes de información primaria y secundaria y del análisis de estas se tomaran los elementos relevantes para estructurar el proyecto.

**Fuente de información primaria.** Es tomada directamente de la población objeto de estudio, que para esta investigación se encuentra conformada por todos los trabajadores de las subestaciones eléctricas del Cerrejón

Los instrumentos para recolectar la información de fuente primaria fueron el formato de observaciones y listas de chequeo.

**Fuente de información secundaria.** Es también llamada documental o bibliográfica y se utilizó para apoyar los elementos encontrados en la fuente de información primaria y la estructuración del proyecto.

Los instrumentos para recolectar la información de fuente secundaria fueron libros, monografías, internet, informes de investigación, revistas, documentos, folletos, ponencias y otros materiales informativos.

## **05.2 Actividades para la consecución de los objetivos.**

En la elaboración del Diseño del Plan de mantenimiento preventivo para las Subestaciones eléctricas del sector Minero del Departamento de la Guajira, se tuvieron en cuenta cuatro actividades (4) secuenciales que responden a la estructura de los resultados del proyecto.

### **Actividad 1.**

Corresponde al establecimiento de las metas del Plan de mantenimiento preventivo. Para establecer las metas del presente plan se tuvo en cuenta la disponibilidad y confiabilidad que deben ofrecer las subestaciones al proceso productivo, por esta razón las metas del plan van encaminadas a incrementar la disponibilidad de los equipos en un 80% y reducir las fallas en un 90%.

### **Actividad 2.**

Comprende la realización de un diagnostico general que permitió identificar la maquinaria y equipos más críticos que intervienen en el proceso. Para la consecución de esta actividad se llevaron a cabo inspecciones a las diferentes subestaciones que garantizan la generación de energía en el complejo carbonífero del cerrejón y se emplearon formatos de observaciones y listas de chequeo para la recolección de la información. Ver anexo A.

### **Actividad 3.**

La actividad tres (3) está encaminada al desarrollo del sistema de organización de los datos para recepcionar, administrar y almacenar las ordenes de trabajo. Para esta actividad se contara con la ayuda del programa de Excel.

#### **Actividad 4.**

Esta actividad corresponde al establecimiento de las medidas de control y evaluación que permitan la medición de las actividades del plan de mantenimiento.

Se establecerán medidas de control que permitirán la verificación y cumplimiento de:

- ✓ El compromiso a todos los niveles, involucramiento, políticas, lineamientos, asignaciones. En suma de las funciones del **comité de dirección**.
  
- ✓ Comprobación, verificación, vigilancia e inspección sobre mantenibilidad. Lugar en que se realiza, persona o grupo o mecanismo que lo ejecuta, ver que se haga, como se hace, y como debe hacerse.
  
- ✓ La autoridad en: mando, manejo y dominio sobre persona o automatismo que lo ejerce.
  
- ✓ Calidad en la línea de valor cómo: Que este dentro de los márgenes de tolerancia pre-establecidos en confiabilidad, conservación, mantenibilidad, diseño y las variables.
  
- ✓ Control de conocimientos, que permita la revisión total o periódica del nivel de conocimiento o aprendizaje del factor de recursos humanos, incluyendo pruebas o preguntas, procedimientos e instrucciones de operación claramente escritas.
  
- ✓ Control en autodomínio, es decir cómo se transforman las instrucciones en, señales o actos etc., en la operación y ejecución.

## 1. PLAN DE MANTENIMIENTO PARA SUBESTACIONES

Es un conjunto de acciones y tareas de mantenimiento seleccionadas y dirigidas a proteger la función de un activo, estableciendo una frecuencia de ejecución de las mismas y el personal destinado a realizarlas (Alberto Mora) se puede generalizar que la principal función del mantenimiento es sostener la funcionabilidad de los equipos y el buen estado de las maquinas a través del tiempo.

### 1.1 DIAGNOSTICO GENERAL DE MAQUINARIA Y EQUIPOS CRITICOS.

#### 1.1.1 Listado de equipos.

A Continuación se muestran los equipos considerados como críticos de las subestaciones eléctricas del complejo carbonífero del Cerrejón. Ver tablas 1, 2 y 3

##### 1.1.1.1 Subestación principal (110 kv)

Tabla No. 1 Lista de equipos y componentes en Subestación de 120MVA

CA NT	CLASE DE EQUIPO	POTENCIA	TENSION	MARCA
1	TRANSFORMADORES	60MVA	110/69 KVA	ABB
2	TRANSFORMADORES	40MVA	110/69 KVA	TOSHIBA
2	TRANSFORMADORES	20MVA	110/13.2 KVA	TOSHIBA
16	SECCIONADORES DE LINEA	1200 AMP	115KV	S&C
3	DISYUNTORES EN SF6	1200 AMP	115 KV	TOSHIBA
4	INTERRUPTOR VERTICAL	1200 AMP	115 KV	S&C
6	TRANSFORMADORES DE POTENCIAL	115KV/120V	115 KV	SIEMENS
6	TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	1200/5		SIEMENS



EQUIPOS PATIO 69 KV				
CA NT	CLASE DE EQUIPO	POTENCIA	TENSION	MARCA
5	SECCIONADORES DE LINEA	1200 AMP	69 KVA	S&C
2	DISYUNTORES EN SF6	1200 AMP	69 KV	TOSHIBA
6	TRANSFORMADORES DE POTENCIAL	69KV/120V	69 KV	TOSHIBA
6	TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	1200/300/5	69 KV	TOSHIBA
EQUIPOS EN CELDAS DE 13.2 KV				
CA NT	CLASE DE EQUIPO	POTENCIA	TENSION	MARCA
1	TRANSFORMADOR	7.5 MVA	13.2 / 4.8 KVA	TOSHIBA
15	DISYUNTORES VK	600 AMP	15 KV	TOSHIBA
2	TRANSFORMADORES	30 KVA	13.2/4.8 KVA	TOSHIBA
35	GABINETES DE CONTROL	1200 AMP.	13.2/4.8kv	TOSHIBA
2	TRANSFORMADORES DE POTENCIAL	100 VA	13200/120V	SIEMENS
4	TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	100 VA	800/5	TOSHIBA

### 1.1.1.2 Subestaciones móviles

**Tabla No. 2 Lista de Subestaciones de 7.5 MVA**

CANT	6050200	SUBESTACIONES PORTATILES	POTENCIA	TENSION	MARCA	REFERENCIA
1	6050201	SUBESTACION. ELECTRICA.	7.5 MVA	69/7.2 KV	C.E.	
1	6050202	SUBESTACION .ELECTRICA.	7.5 MVA	69/7.2 KV	C.E.	
1	6050203	SUBESTACION .ELECTRICA.	7.5 MVA	69/7.2 KV	C.E.	
1	6050204	SUBESTACION .ELECTRICA.	7.5 MVA	69/7.2 KV	C.E.	
1	6050205	SUBESTACION .ELECTRICA.	7.5 MVA	69/7.2 KV	C.E.	
1	6050206	SUBESTACION .ELECTRICA.	7.5 MVA	69/7.2 KV	TECNA	
1	6050207	SUBESTACION .ELECTRICA.	7.5 MVA	69/7.2 KV	TECNA	
1	6050208	SUBESTACION. ELECTRICA.	7.5 MVA	69/7.2 KV	TECNA	
1	6050209	SUBESTACION. ELECTRICA.	1.0 MVA	7.2/480V.	TECNA	

1	6050210	SUBESTACION .ELECTRICA.	1.0 MVA	7.2/480V.	TECNA	
1	6050221	SUBESTACION .ELECTRICA.	10. MVA	69/7.2 KV	TECNA	
1	6050222	SUBESTACION .ELECTRICA.	10. MVA	69/7.2 KV	TECNA	
1	6050223	SUBESTACION ELECTRICA.	10. MVA	69/7.2 KV	TECNA	
1	6050224	SUBESTACION .ELECTRICA.	10. MVA	69/7.2 KV	TECNA	
1	6050225	SUBESTACION. ELECTRICA.	10. MVA	69/7.2 KV	TECNA	
1	6050226	SUBESTACION .ELECTRICA.	10. MVA	69/7.2 KV	TECNA	
1	6050227	SUBESTACION .ELECTRICA.	10. MVA	69/7.2 KV	TECNA	
1	6050228	SUBESTACION .ELECTRICA.	10. MVA	69/7.2 KV	TECNA	
1	6050229	SUBESTACION. ELECTRICA.	10. MVA	69/7.2 KV	TECNA	
1	6050230	SUBESTACION .ELECTRICA.	10. MVA	69/7.2 KV	TECNA	
Total20						

### 1.1.1.3 Subestaciones de 13.200

**Tabla No. 3 Lista de Subestaciones 13.2/ 480 V**

CANT	EQUIPO	SUBESTACIONES DE 13.200V /480V	POTENCIA	TENSION	MARCA	REFERENCIA
1	6050002	SUBESTACION FERROCARRIL.	750KVA	13.2/480V	TYF	2849616
1	6050003	SUBESTACION ADMINISTRATIVO No.1 .	1000KVA	13.2/480V	TYF	18610007
1	6050004	SUBESTACION ADMINISTRATIVO No.2	1500KVA	13.2/480V	TPL	43951
1	6050006	SUBESTACION BODEGA	1500KVA	13.2/480V	TYF	3848817-1
1	6050007	SUBESTACION CAMIONES	1500KVA	13.2/480V	TYF	3849617-1
1	6050008	SUBESTACION COMPRESORES	1500KVA	13.2/4.16KV	TYF	68710283
1	6050009	SUBESTACION PLANTA GASES	750KVA	13.2/480V	TPL	41645
1	6050011	SUBESTACION ISLA ACEITES	1000KVA	13.2/480V	TPL	41676
1	6050012	SUB .RECONSTRUCCION ELECTRICA	3X1000KVA	13.2/480V	SIEMENS	80391/92/93
1	6050013	SUBESTACION PLANTA AGUA	750KVA	13.2/480V	TPL	41646
1	6050018	SUBESTACION EARLY ESTART	1000KVA	13.2/480V	TOSHIBA	83030094
1	6050019	SUBESTACION PLANTA EXPLOSIVOS	750KVA	13.2/480V	TPL	41908
1	6050020	SUB PLANTA DE FUERZA CAMPAMENTO	7.5 MVA	13.2/4160V	SIEMENS	76053-1308
1	6050021	SUB EQUIPO LIVIANO	1500KVA	13.2/480V.	TPL	42949

## 1.2 LISTA DE CHEQUEO DE EQUIPOS

Se presenta a consideración una lista de los ítem más relevantes a realizar como propuesta del Plan de mantenimiento.

### 1.2.1 Subestación eléctrica de 120 mva.



**Figura 1. Subestación Principal 120 MVA.**

Este equipo está dispuesto con 4 transformadores, 2 de 20MVA 110/13.2 KV, que son utilizados para suministrar energía a los talleres y al Campamento del Cerrejón además consta de 15 circuitos con sus respectivas celdas de control.

Dos transformadores de 40MVA que alimentan dos líneas a nivel de 69 kv las cuales suministran energía a las subestaciones de 69/7.2 KV para energizar las palas eléctricas y las bombas de los embalses. Para maniobras tiene 4 interruptores tipo vertical, 5 disyuntores en SF6, 6 seccionadores de líneas a nivel de 110kv.

### 1.2.2 Subestaciones de 13.2 kv / 480 v.



**Figura 2. Subestaciones de 13.2 KV / 480 V.**

Estas subestaciones están destinadas para la alimentación de los talleres y Campamento, están provistas de un interruptor de entrada marca COOPER POWER SISTEM actúa en vacío a nivel de 15 kv un transformador que dependiendo de la carga va determinada su capacidad la cual esta entre 1 MVA y 2 MVA a un nivel de tensión de 13.2 / 480V, en el lado secundario tiene un Interruptor Totalizador y por cada circuito tiene un interruptor que son alimentados atreves de un barraje con la capacidad de la carga instalada en el circuito , estos equipos tienen su protección incorporada para evacuar las fallas.

### 1.2.3 Subestaciones portátiles de 7.5mva



**Figura 3. Subestaciones Portatiles de 7.5MVA.**

Las subestaciones Móviles son unos equipos particulares fabricados para Minas están montadas sobre un skid tipo trineo estos equipos están instalados en la mina y, ubicadas estratégicamente según las Necesidades del avance Minero, Esta Provisto de un Transformador de 7.5 MVA y hasta 10 MVA con ventilación Forzada, un seccionador de llegada de 69 KV trifásico, tres fusibles de 80 Amp. Para la protección primaria del transformador.

### 1.2.4 Transformadores



**Figura 4. Transformador de Potencia.**

#### 1.2.4.1 Transformadores

Los transformadores están expuestos a una cantidad de eventos que afectan su normal funcionamiento dentro de los cuales enumeramos los siguientes:

- **Eléctricos:** Sobre voltajes, Descargas Atmosféricas, Descargas Internas Parciales
- **Térmico:** Sobrecargas, Sobre excitación.
- **Mecánico:** Corto circuito Golpes, Vibraciones.
- **Físico:** Humedad, Desgastes por envejecimiento, Corrosión:

#### 1.2.4.2 Pruebas para Diagnósticos en Transformadores

Los Transformadores entran dentro de los mantenimientos predictivos y el propósito de las pruebas de Diagnóstico es:

- Identificar el estado del envejecimiento
- Comprobar que mantienen las características durante su vida
- Evaluar los efectos de algún evento (corto circuito, disparo de protecciones, Transporte)
- Programar mantenimiento basado en condición, reparaciones o reposiciones)
- Evitar fallas catastróficas.

Para todos los casos del predictivo aplicados a los Transformadores se dan dos pasos importantes

1. Pruebas: con estas se obtienen algunos datos o parámetros con el fin de evaluar si un equipo está trabajando en condiciones normales, o si difiere de lo esperado.
2. Diagnóstico: es posible identificar un problema a partir de los valores obtenidos de tendencias o de síntomas. Este requiere que sea sensitivo, confiable, económico, y además Rápido.

Las pruebas para diagnóstico se realizan periódicamente o ante una circunstancia especial, con el fin de determinar la condición del Transformador, si es la normalmente esperada, si se ha reducido más de lo normal o si hay tendencias que indiquen la posible tendencia de una falla.

#### **1.2.4.2.1 Pruebas no eléctricas**

- Propiedades Físico químico del aceite
- Análisis de Gases Disueltos
- Grado de polimerización
- Termografías
- Análisis de vibraciones
- Análisis de ruido

#### **Análisis Físico Químico del Aceite**

- Rigidez dieléctrica
- Agua
- Numero de neutralización
- Tensión Interfacial
- Color
- Factor de Potencia

#### **Análisis de Furanos.**

Los furanos son éteres orgánicos que aparecen exclusivamente por la descomposición térmica de la celulosa.

### **Grado de polimerización.**

Se tiene en cuenta porque al romperse las cadenas poliméricas disminuye la resistencia a la atracción y el grado de polimerización y si este llega por debajo de 250 el transformador no es capaz de soportar los esfuerzos de corto circuito

### **Termografía.**

El análisis termográfico es una herramienta de mantenimiento Predictivo que tiene mucha aplicación para el monitoreo de las condiciones eléctricas y electromecánicas la cual posee las siguientes características:

- No hay contacto entre superficies
- No daña el medio ambiente
- Usado en ambiente explosivo
- Suministra datos reales del proceso
- Confiable debido a la prolongada vida útil.

Su mayor beneficio se obtiene cuando es utilizado para identificar un rango de posibles problemas basados en condiciones de diversos tipos de maquinas además de que es una herramienta que se usa sin contacto lo que permite realizar la operación sin necesidad de sacar la maquina eléctrica de servicio, en nuestra área se puede utilizar en los siguientes casos:

- Inspección de transformadores de alta tensión
- Inspección de líneas de potencia de alta tensión
- Capacitores sobre calentados
- Corto circuitos
- Paneles de control
- Aisladores
- Pararrayos



#### **1.2.4.2.2 Pruebas Eléctricas para Diagnostico**

##### **Corriente Continua**

- Pruebas de resistencia de Aislamiento
- Medición de resistencia de bobinados

##### **Corriente Alterna**

- Pruebas de tangente Delta y capacitancias
- Corriente de excitación
- Pruebas de relación de Transformación
- Análisis de la respuesta en Frecuencia FDS

##### **Aislamiento**

El aislamiento eléctrico es el que evita la circulación de la corriente entre dos puntos que tienen diferente potencial eléctrico

##### **Dieléctrico**

Nombre que reciben algunos materiales que presentan una muy alta resistencia al paso de la corriente eléctrica.

##### **Corriente Capacitiva**

Es la corriente que aparece como consecuencia de la carga de la capacitancia geométrica del aislamiento que separa las partes energizadas.

##### **Corrientes de Absorción (Polarización)**

Corriente que aparece como consecuencia del proceso de polarización del material aislante (orientación de cargas en el sentido del campo eléctrico) este fenómeno disminuye en el tiempo en transformadores puede durar desde varios segundos hasta minutos.

### **Factor de potencia del Aislamiento**

Es la relación entre la potencia disipada en vatios y el producto de la corriente por el voltaje por en voltio-amperios, cuando es probado con un voltaje sinusoidal y bajo condiciones prescritas.

#### **2.2.4.2.3 Pruebas del aislamiento Dieléctrico**

Tiene como objetivo de confirmar que el transformador ha sido diseñado y construido para soportar niveles específicos de voltajes, asociados con el nivel de aislamiento especificado, y que aguantara las condiciones de de trabajo durante su operación.

- Tensión aplicada
- Tensión inducida
- Tensión de impulso

Estas pruebas son necesarias realizarlas por que el aislamiento es la base fundamental de la vida del equipo y se envejecen con el paso del tiempo. Además de:

- Identificar el grado de envejecimiento
- Identificar envejecimiento mayor al esperado alguna condición anormal.
- Efectuar acciones adecuadas para corregir condiciones anormales o tendencias

#### **Pruebas para evaluar el estado del aislamiento**

- Pruebas de resistencia de aislamiento
- Prueba de resistencia de devanados.
- Corriente de excitación.
- Pruebas de Tangente Delta
- Análisis de respuesta en frecuencia FRA
- Descargas parciales.
- Emisiones sonoras

### **Resistencia de Aislamiento**

La prueba de resistencia de aislamiento es realizada al transformador para determinar la resistencia del aislamiento entre los devanados o de estos con respecto a tierra.

El voltaje DC aplicado para medir resistencia de aislamiento a tierra no debe superar el valor del voltaje RMS de baja frecuencia permitido para voltaje aplicado.

### **Corriente de excitación**

La corriente de excitación (o corriente sin carga) es la que circula por un devanado utilizado para excitar el transformador, cuando todos los otros devanados están en circuito abierto. Es útil para detectar problemas en la estructura del núcleo magnético, movimiento de los devanados, fallas en el aislamiento entre espiras o problemas en el cambiador de TAP' s.

### **Relación de Transformación**

Esta prueba permite confirmar la relación de transformación de placa y de diseño, la diferencia de los valores no debe mayor del 5% entre el valor teórico y el medido, además es un complemento de la prueba de corriente de excitación, y permite detectar cortocircuito entre espiras.

### **Tangente Delta**

Es un parámetro que indica la pérdida de potencia debido a la disminución de la rigidez dieléctrica el valor admisible del factor de pérdidas para el aceite aislante depende de la tensión nominal y del tipo de construcción del transformador.

Los valores arrojados por esta prueba deben ser conservados como referencia para determinar la humedad y/o el envejecimiento de los aislamientos con el transcurso del tiempo.

**Tabla No. 4 Cronograma de actividades predictivas de un Transformador**

<b>ACTIVIDADES</b>	<b>EQUIPO DE PRUEBAS</b>	<b>FRECUENCIA</b>
<b>Factor de potencia de devanado y aisladores</b>	CPC-100 Omicrón	Anual
<b><u>Medidas Eléctricas</u></b>		
Prueba corriente excitación	CPC-100 Omicron	Desenergizado
Relación de Transformación	TTR Megger	
Resistencia de Devanado	RMO-040T DVD Powers	Anual
Reactancia de Dispersión	CPC-100 Omicrón	
Factor de Potencia	CPC-100 Omicrón	
Resistencia de Aislamiento en CC	Megger	
Tensión Papel Aceite	CPC-100 Omicrón	
<b><u>Pruebas de rigidez Dieléctrica de Aceite</u></b>		
Físico – Químico	Chispa metro ( Megger )	Energizado
Gases Disueltos		Anual
Concentración derivados furfuraldehido		
Cambio de Silica gel	N/A	6 Meses
Termografía	Cámara Flyr	3
Mantenimiento general Del Transformador	Contrato/ terceros	5 Años
Pruebas de Relé Buchholz	Tester	Anual
Revisar medidor Temperatura Devanado / Aceite	Amerek	Anual
Pruebas de Pararrayos	(CPC-100 )	Anual
Medidas de Ruido y Vibraciones	Ultrasonido	Anual
Limpieza de Business (Aisladores)		Anual
Limpieza y revisión de Válvulas		Anual

Limpeza del Sistema de Refrigeración ( Externo)		Anual
Limpeza de Cubículos de protección y control		Anual

### 1.2.5 Interruptores



**Figura 5. Disyuntor.**

Uno de los nuevos desarrollos entre ellos cabe señalar la utilización de actuadores magnéticos como mecanismo de funcionamiento y la integración de sensores en los paneles del equipamiento de conmutación. La intercambiabilidad total hace que la selección sea más sencilla para el usuario y que los factores estructurales hayan dejado de ser decisivos. Características de interrupción del arco Interruptores de SF6.

El hexafluoruro de azufre (SF6) es un gas inerte artificial que tiene excelentes propiedades de aislamiento, así como una estabilidad térmica y química excepcionalmente altas. Estas características le han conferido un amplio uso en

interruptores, tanto de alta como de Tensión Media, mostrando en ambos casos un rendimiento y una fiabilidad muy elevados.

Las ventajas específicas del gas SF6 en aplicaciones de ingeniería eléctrica han sido admitidas de modo general desde los comienzos de la década de 1930. No obstante, no se desarrollaron ni instalaron los primeros interruptores de Alta Tensión con aislamiento de SF6 hasta finales de la década de los cincuenta. Los interruptores de SF6 de Tensión Media fueron introducidos unos años después. La primera generación de interruptores de SF6 de Tensión Media utilizaba un sistema de gas a doble presión.

Los diseños de segunda generación producían la diferencia de presión necesaria para producir el flujo del gas mediante un pistón accionado mecánicamente que comprimía un pequeño volumen de gas. El pistón estaba integrado en el conjunto contacto móvil. Estos interruptores del tipo de “soplado mecánico” o “soplado simple” necesitaban un mecanismo relativamente potente los diseños de tercera generación producían el flujo del gas utilizando la energía contenida en el arco. Este diseño de interruptor, llamado de “auto extinción” o de “soplado térmico”, requería una cantidad de energía significativamente menor para funcionar.

**Tabla 5. Programación de Mantenimiento predictivo para Disyuntores**

ACTIVIDADES	EQUIPO DE PRUEBAS	FRECUENCIA/ ESTADO
Resistencia Circuito Principal y Conexiones	Omicrón	Anual
Resistencia Dinámica	Omicrón	Anual
Resistencia de Aislamiento en CC.	Omicrón	Anual
Tiempos de maniobras y Sincronismo entre Contactos	Omicrón	Anual

Recorrido de Contactos	Omicrón	Anual
Velocidad de Apertura y cierre		Anual
Consumo de Corriente de Bobinas		Anual
<b><u>Sistema de Acumulación de Energía</u></b>		
Tiempo de reposición Cargue		Anual
Corriente de consumo del motor de cargue		
Consumo de maniobras		
Control Medio de Extinción de falla		3 Años
Rigidez Dieléctrica		Desenergizado
Presión, consumo, Humedad ( Aire)		
Humedad, acidez, Calidad del Gas ( SF6 )		
Comprobar Fugas del Gas (SF6)		Anual
Limpieza de Porcelanas		Anual
Limpieza, ajustes del Cableado de Cubículo de Control		Anual
Engrase y / o Lubricación del sistema de Accionamiento		Anual
Revisión del Varillaje del sistema de Accionamiento		Anual

## 1.2.6 Seccionadores



**Figura 6. Seccionador Manual.**

El seccionador para sistema eléctrico es un dispositivo mecánico capaz de mantener aislado un circuito de su red de alimentación según una norma es un dispositivo de ruptura lenta puesto que depende de la manipulación de un operario, este dispositivo por sus características debe ser utilizado siempre sin carga o en vacío.

### **Proceso de desconexión**

1. Desconexión del interruptor principal.
2. Desconexión del seccionador.

### **Proceso de conexión:**

1. Conexión del seccionador.
2. Conexión del interruptor principal.



Este procedimiento no se puede intercambiar, pues en primer lugar, correríamos un grave peligro, y en segundo lugar, el seccionador no actuaría teóricamente por sus propias características constructivas.

### 1.2.7 Interruptor Seccionador ( VCB )



**Figura 7. Interruptor Seccionador VCB.**

Algunos fabricantes producen una serie de interruptores seccionadores, que siempre que cumplen con la norma pertinente, resultan de una gran utilidad, y pueden sustituir a los seccionadores clásicos.

El interruptor por si mismo, es un dispositivo mecánico capaz de realizar la desconexión de la instalación eléctrica, independientemente de la velocidad empleada por el operario que realiza la maniobra, y además lo realiza sin ocasionar riesgo o peligro para éste.

Los interruptores seccionadores deben tener la característica del seccionador, es decir, deben de ser capaces de mantener aislada la instalación eléctrica, según

unas especificaciones además son muy útiles para la verificación de las cuatro reglas de oro ya que tiene la opción abrir para el corte visible.

**Tabla No. 6 Programación de Mantenimiento predictivo / Preventivo**

ACTIVIDADES	EQUIPO DE PRUEBAS	FRECUENCIA/ ESTADO
Revisión de la resistencia del Circuito Principal y conexiones	Multímetro	Anual / Desenergizado
Tiempos de maniobras	<b>Omicrón</b>	Anual / Desenergizado
Consumo de Energía por maniobras ( Motores)	<b>Ómicron</b>	Anual / Desenergizado
Limpieza del cubículo de control		Semestral
Ajuste del cableado del cubículo de control		Anual / Desenergizado

### 1.2.8 Pararrayos



**Figura 8. Descargadores de Sobretension (Pararrayos)**

**Tabla No. 7 Programación para mantenimiento de Pararrayos**

ACTIVIDAD	EQUIPO DE PRUEBAS	FRECUENCIA/ ESTADO
Factor de Potencia		Anual /
Pruebas de Corrientes de Fugas		3 Años /
Pruebas de Descargas parciales		3 Años /
Limpieza de porcelana		Semestral

### 1.2.9 Suministro de energía DC



**Figura 9. Banco De Baterías**

La fuente de energía DC esta compuesta por un Cargador marca Toshiba, y un banco de baterías conectados en serie la cantidad de esta depende del nivel de tensión suministrado a los elementos de control y relés de protecciones.

Las baterías en la subestación de 120 MVA están fabricadas con níquel Cadmio y suministran una tensión nominal de 1.2 VDC. Para la suma de los 125VDC se requieren de 102 Baterías en serie.

La subestación del Campamento consta de un cargador marca ( xx ) de 125 VDC / 30 AMP. De salida un banco de Baterías a base de plomo tipo vehicular este sistema suministra la tensión de control de operación y la alimentación de los relés de protecciones.

Para los casos anteriores se aplica la siguiente programación de mantenimiento.

**Tabla No. 8 Programación para Banco de Baterías**

ACTIVIDAD	EQUIPO DE PRUEBAS	FRECUENCIA/ ESTADO
Tensión de carga de tensión constante	multímetro	mensual
Tensión de los bornes	multímetro	Trimestral
Nivel de electrolito	Densímetro	Cada 3 meses
Aspecto de la carcasa y de la tapa	Visual	trimestral
Carga de compensación		semestral

### 1.2.10 Relés de protección



**Grafico 10. Relés de Protección.**

Los relés son elementos utilizados en los sistemas eléctricos para proteger de variaciones bruscas de corrientes y tensiones esta señal es censada por los Transformadores de potencial, y / o de Corrientes que están instalados en el circuito para esta finalidad, estos toman las corrientes y/o tensiones por fuera del rango de coordinación y las tratan como una falla con lo cual activan un contacto que hace que se produzca el disparo en el interruptor que alimenta la carga. La configuración de la protección depende del tipo de circuito a proteger. Entre los Relé de protección más común podemos enunciar los siguientes:

- Relé de Sobre corriente entre Fases
- Relé de Sobre corriente entre fase y tierra
- Relé Diferencial
- Relé de Sobre y baja Tensión
- Relé de desbalance de fases

**Tabla No. 9 Programación de mantenimiento de Relés de Protección**

ACTIVIDAD	EQUIPO DE PRUEBAS	FRECUENCIA/ ESTADO
Pruebas de tiempo de respuestas del relé	Omicrom	anual
Pruebas de accionamiento de los contactos	Omicrom	anual
Pruebas de continuidad del cableado	multímetro	anual

### 1.2.11 Sistema de aire comprimido



**Figura 11. Sistema de Aire Comprimido.**

El sistema de suministro de aire comprimido está compuesto por un compresor, un motor, válvulas de retención, Interruptores de presión, Válvula de reducción, Válvula de drenaje, separador Aceite-agua, Válvula magnética de seguridad, ventiladores, tablero de control.

La función de este equipo es mantener la presión de aire de operación en los disyuntores de SF6. A una presión entre 14.5 y 15.5 psi posee una válvula de presión que prende el compresor cuando el nivel del aire de funcionamiento se baja del nivel de operación del disyuntor.

**Tabla No 10 Programación de mantenimiento de Compresores**

ACTIVIDAD	EQUIPO DE PRUEBAS	FRECUENCIA/ ESTADO
Válvula de aspiración y descarga		anual
Filtro de admisión		anual
Correa en V		anual

Separador agua-aceite		anual
Válvula automática drenaje		anual
Válvula Magnética de seguridad		anual
Válvula de Retención		anual
Revisar tubería		Cada tres años
Interruptor de Trabajo		anual
Manómetro		anual
Válvula de reducción		anual
Tablero de Control		anual

### 1.2.12 Celdas de control



**Figura 12. Celdas De Control.**

Con el fin de conservar en buen estado funcional los interruptores, contactores, y en general todos los elementos que integran un tablero, se realiza el servicio de mantenimiento preventivo, el cual consiste en la revisión física, limpieza general, reapriete de conexiones, así como pruebas mecánicas y eléctricas (resistencia de aislamiento y resistencia de contacto). Lo anterior, se realiza utilizando el equipo

de seguridad y herramienta adecuada, así como equipo de medición correspondiente. Durante la ejecución del servicio, se deben de cumplir las condiciones de seguridad establecidas en la norma.

**Tabla No. 11 Programación de mantenimiento de los Tableros de Control**

ACTIVIDAD	EQUIPO DE PRUEBAS	FRECUENCIA/ ESTADO
Medición de los voltajes de control	Multímetro	anual
Ajuste de los Puntos de conexión	Herramientas manuales	anual
Pruebas de continuidad del cableado	multímetro	anual

### 1.2.13 Banco de condensadores



**Figura 13. Bancos De Condensadores.**

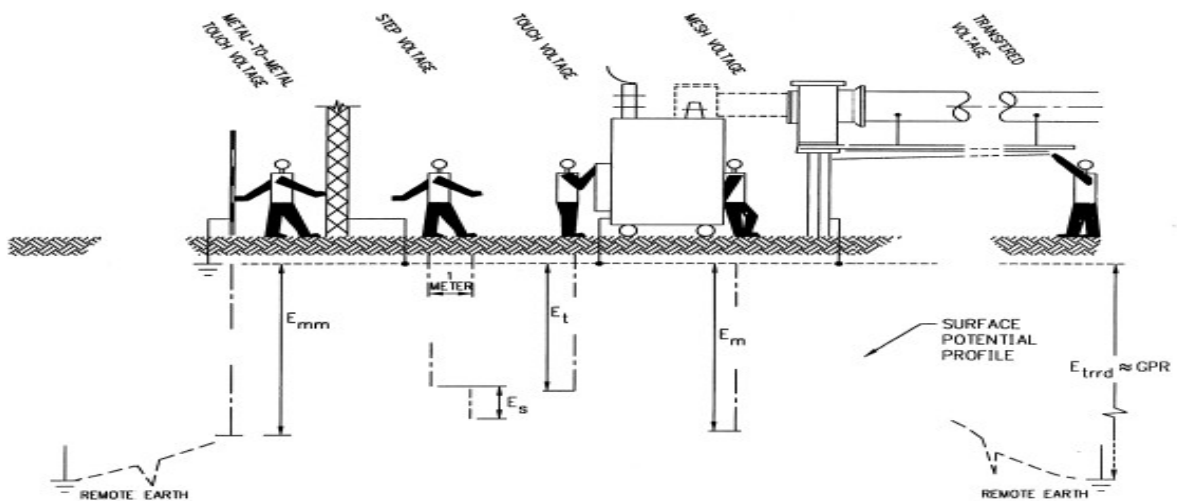
Para este tipo de equipos las tareas de Inspección y mantenimiento que pueden ser efectuadas por un operario se limita a la verificación por perdidas de aceite de la carcasa, expansión anormal de la carcasa, o desprendimiento de la pintura.



**Tabla No. 12 Programa de mantenimiento del Banco de condensadores**

ACTIVIDAD	EQUIPO DE PRUEBAS	FRECUENCIA/ ESTADO
Ruidos anormales	Ultrasonido	semanal
Deformación,	Inspección Visual	semanal
Deformación,		semanal
Aumento de Temperatura		semanal
Verificación de tensiones y corrientes		semanal
Grietas en pasa muros		semanal
Fugas de Aceite		semanal
Medición de la capacidad Electrostática	omícrón	Cada 2 años

**1.2.14 Sistema de puestas a tierra**



**Figura 14. 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.

### **Sistema De Puestas A Tierra**

Conjunto de elementos conductores de un sistema eléctrico específico, sin interrupciones ni fusibles, que conectan los equipos eléctricos con el terreno o una masa metálica.

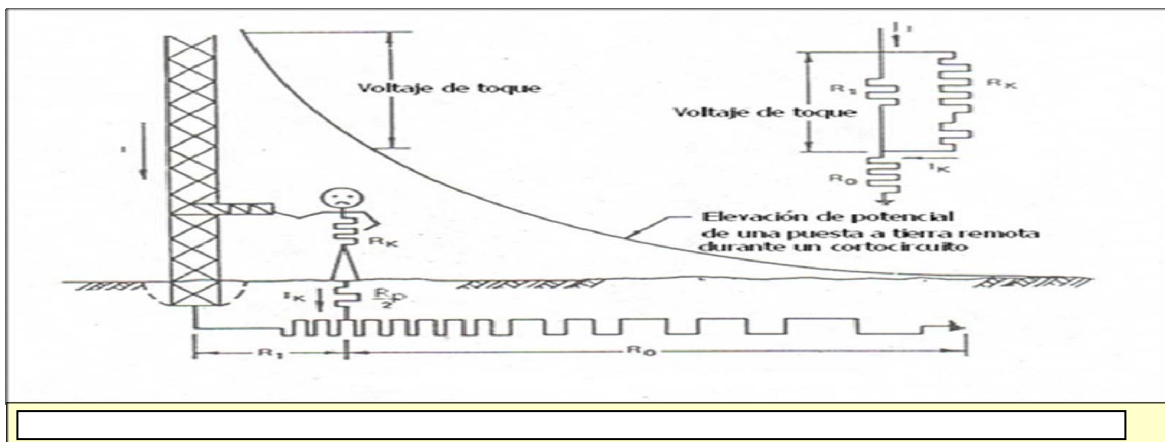
Comprende:

- La puesta a tierra
- El cableado puesto a tierra

### **Resistividad del terreno**

Es la relación entre la diferencia de potencial de un material y la densidad de corriente que resulta del mismo su unidad de medida es el mega ohmio.

#### **1.2.15 Tensión de contacto**



**Figura 15. Tensión De Contacto.**

Es la diferencia de potencial que durante una falla se presenta una puesta a tierra entre la estructura y un punto de la superficie del terreno.

### 1.2.16 Tensión de paso

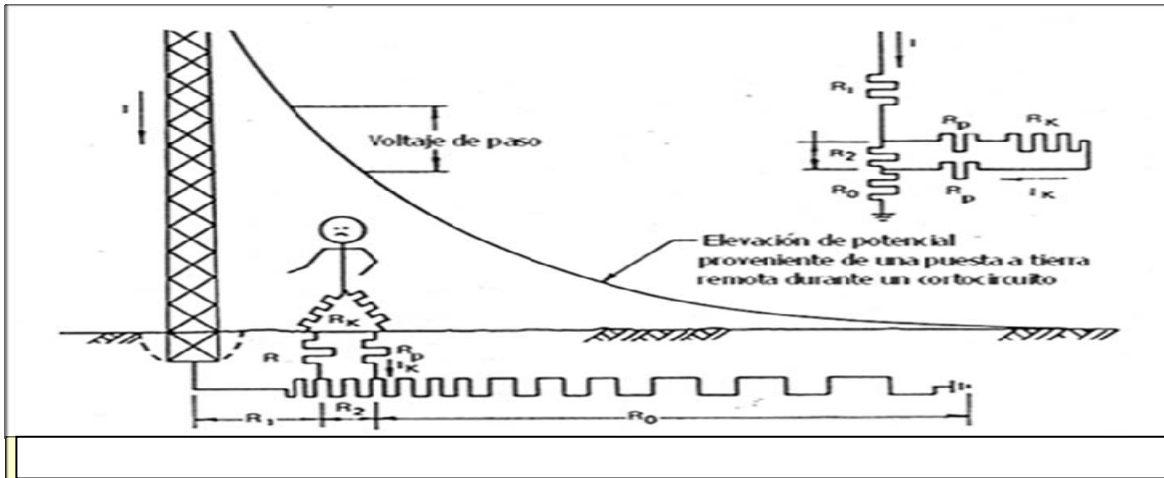


Figura 16. Tensión De Paso.

Diferencia de potencial entre dos puntos de la superficie del terreno, separados por un paso (aprox. un metro), en la dirección del gradiente de tensión máximo.

### 1.2.17 Funciones de los sistemas de puestas a Tierra

La importancia del Sistema de puesta a tierra radica en canalizar la derivación al terreno de las corrientes de cualquier naturaleza que se puedan originar por:

- Corrientes de frecuencia industrial.
- Descargas eléctricas atmosféricas.

Entre las funciones esta proteger la integridad de las personas, protección de las instalaciones, despejar fallas, conducir y disipar corrientes de fallas

**Tabla No. 13. La tensión máxima de toque, no debe superar**

<b>TIEMPO DE DESPEJE</b>	<b>MAXIMA TENSION DE CONTACTO</b>
> 2 s	50V
500 ms	80 V
400 ms	100 V
300 ms	125 V
200 ms	200 V
150 ms	240 V
100 ms	320 V
40 ms	500 V

La medición de resistencia de los electrodos de puesta a tierra, se hace para verificar el valor real de la resistividad del terreno y el valor en ohmio de la malla así como la continuidad de conexiones. Dicha medición se realiza utilizando un telurómetro, conforme a los requerimientos de la norma, registrando y graficando valores de resistencia a tierra.

Las mallas de tierras esta compuesta por una trayectoria real que tomara la corriente de falla a tierra e incluye todos los objetos conductores en su trayectoria, alguna de esas trayectorias están en paralelo con los conductores, y cuando la corriente fluye en esas trayectorias paralelas, puede reducir la caída de voltaje o incrementar los niveles de corrientes de falla. Iniciando y terminando en el punto de la falla.

Una falla de malla a tierra está constituida por:

- El conductor de tierra del equipo
- El electrodo de tierra y su conexión al sistema
- La trayectoria de retorno a tierra o trayectoria de tierra de regreso al transformador de suministro
- La trayectorias a través del conductor de tierra (Neutro) del transformador de suministro
- El embobinado el transformador
- El conductor que regresa a la falla

### **Porque una buena Impedancia de malla a tierra**

El propósito de una buena conexión a tierra es proporcionar una trayectoria a tierra de baja impedancia en una instalación de alambrado, para permitir que la corriente de falla fluya y opere los dispositivos de corriente residual.

Si la corriente e alguna parte de la malla de tierra es alta entonces los dispositivos de protección pueden volverse inútiles, puesto que la corriente que fluirá en el caso d una falla puede ser menor que la requerida para operar el dispositivo de protección.

## **2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **2.1 CONCLUSIONES.**

Tomando en cuenta que las subestaciones eléctricas del complejo carbonífero del cerrejón son un componente importante en proceso productivo de la extracción del carbón y de los sistemas de potencia, y que la continuidad del servicio depende en gran parte de ellas; es necesario aplicar a estos sistemas (subestaciones) una adecuada Gestión de Mantenimiento.

Esta gestión deberá observar al mantenimiento preventivo, englobando al mantenimiento predictivo, para revisar con cierta frecuencia el estado de los equipos, al mantenimiento correctivo para reparaciones o reemplazos preventivos, el cual deberá tener cierta planificación para intervenciones de emergencia, y al mantenimiento proactivo, para el análisis y revisión periódica de la gestión, y para la evolución del mantenimiento y sus procedimientos. Todo esto interrelacionado entre sí, conformando así al Mantenimiento Integrado.

Es necesario para la continuidad y eficiencia de estos procesos conservar en buen estado funcional todos los elementos que integran las subestaciones eléctricas del complejo carbonífero. Continuamente debe realizarse una revisión física, limpieza, lubricación, apriete de conexiones, así como pruebas mecánicas, eléctricas y dieléctricas en todos los componentes del sistema.

Lo anterior debe realizarse utilizando el equipo de seguridad y herramienta adecuada, así como equipos de prueba, tales como medidor de resistencia de aislamiento (mego metro), medidor de resistencia de contacto (ducter) y medidor

de resistencia a tierra (terrometro ó telurómetro). Durante la ejecución del servicio, se deben de cumplir las condiciones de seguridad establecidas en la norma NOM-029-STPS - mantenimiento de Instalaciones Eléctricas en los Centros de Trabajo.

## **2.2 RECOMENDACIONES.**

Se recomienda al Gerente de Mantenimiento establecer y disponer el recurso humano y los recursos financieros necesarios para la implementación del plan de mantenimiento preventivo en las 34 subestaciones eléctricas del complejo carbonífero del Cerrejón, que permita incrementar la disponibilidad y la confiabilidad de los equipos eléctricos que dan soporte al proceso productivo en el complejo carbonífero.

Se recomienda al personal encargado del mantenimiento a la Subestaciones Eléctricas realizar periódicamente y continuamente este proceso, teniendo en cuenta actividades como:

- Revisión general y limpieza de todos los componentes de la subestación.
- Revisión, limpieza, lavado, engrasado y ajuste de mecanismos.
- Revisión y reapriete de conexiones en general.
- Pruebas de operación mecánica de cuchillas de paso y seccionador(es).
- Prueba de Resistencia de Aislamiento (Mego metro) a cables de la acometida, apararrayos, bus, cuchillas y seccionador(es).
- Prueba de Resistencia de Contacto (Ducter) a cuchillas, seccionadores e interruptores.
- Medición de Resistencia a Tierra (Telurómetro) de pantallas de cables de media tensión, barra de tierra del gabinete y apararrayos.
- Elaboración de Informe de Servicio.

## BIBLIOGRAFIA

**ALBERTO MORA GUTIERREZ.** *Mantenimiento Planeación, ejecución y control.*

**CERREJÓN Minería Responsable | Página de inicio.** (Julio 18 de 2011).

Obtenido de [www.cerrejon.com/site/](http://www.cerrejon.com/site/)

**CERREJON. WIKIPEDIA,** *La inciclopedia libre.* (22 de Agosto de 2010). Obtenido

de [es.wikipedia.org/wiki/Cerrejón](http://es.wikipedia.org/wiki/Cerrejón)

**CESAR R. TORRICELLA.** *Manual de Interruptores.*

**CONTRERAS.** (1998). *FORMULACION Y EVALUACION DE PROYECTOS.*

*Bogota D.C.*

**ERNESTO GALLO MARTÍNEZ.** *Diagnóstico y mantenimiento de transformadores en campo.*

**FOUAD BRIKCI.** *Comisión Federal de Electricidad México. Mantenimiento de Interruptores de potencia.*

**GUSTAVO BERMUDEZ.** *Manual de Mantenimiento.*

**HERNÁNDEZ, S.** *Metodología de la Investigación.* Ediciones MC GRAW Hill. Colombia. (1995).

**ICONTEC.** (2008). *NORMA TECNICA COLOMBIANA 1486.* Bogota D.C: Instituto Colombiano de Normas Tecnicas y Certificaciones.



**JOSEP MUPBRAY.** *RCM2 mantenimiento centrado en confiabilidad.*

**JUAN NUÑEZ FORESTIEN.** *Mantenimiento de transformadores de potencia.}*

**MARIA CECILIA PEREZ COY.** *Mantenimiento Industrial UNAD.*

***ANEXOS***

**ANEXO. A**  
**INSTRUCTIVO MANTENIMIENTO DE BANCO DE CONDENSADORES**

**1. ASPECTOS DEL SISTEMA DE INTEGRIDAD OPERACIONAL**

CLASIFICACION DE LA TAREA: Riesgo Bajo

**1.1 SEGURIDAD**

1.1.1 Uso equipo de protección personal adecuado y en buen estado.

1.1.2 Elaborar AST

1.1.3 Práctica de procedimiento y estándares establecidos para la labor.

1.1.4 Inpección preoperacional del vehículo

1.1.5 Uso Las Cinco Reglas de oro

1.1.6 Trabajo en Alturas

1.1.7 Uso del Arnes

**1.2 SALUD**

1.2.1 Cuidado de contactos potenciales

1.2.2 Vapores y humos

1.2.3 Exposición a rayos solares

1.2.4 Verificar estado de la droga del Botiquin

**1.3 MEDIO AMBIENTE/COMUNIDADES**

1.3.1 Manejo de deshechos (trapos, envases, etc).

1.3.2 Manejo de residuos sólidos y líquidos

1.3.3 Orden y Aseo

**2. HERRAMIENTAS ESPECIALES / EQUIPOS DE SOPORTE**

Llave de expansion de 18" Llave de cadena, Camion Grua, Canasta. Caja de herramientas

Estrobo, Alambre para guia, juego de copas.

### 3. DESARROLLO DE LA TAREA

#### **Inspeccion y mantenimiento de los accesorios**

Los accesorios del condensador de potencia, tales como las reactancias en serie y las bobinas de descarga no difieren notablemente de un transformador en cuanto a diseño, por lo que los trabajos de inspeccion y de mantenimiento de los mismos se efectuan de manera prácticamente iguales a los trabajos para los transformadores. En cuanto al interruptor de aceite para el condensador, es recomendable asimismo efectuar inspecciones y mantenimientos según los procedimientos normales para los equipos de conmutación. En este caso, sin embargo, es necesario efectuar las inspecciones a intervalos mas reducido, ya que la frecuencia de inversion de conexiones de los condensadores es generalmente muy alta.

Sumario de las tareas de inspeccion y mantenimiento

#### **Inspeccion de rutina**

##### **Exterior**

- Revise posibles presencia de humedad o fugas de Aceites
- Inspeccion de la deformación de la carcasa
- Revise el grado de corrosión y desprendimiento de pintura de la carcasa
- Revise posibles grietas en el pasamuro

#### **Inspeccion Anual**

##### **Fisica**

- Revise el tanque de Alimentacion
- Supervise el Aumento de temperatura
- Revise el grado de deformación de la plancha lateral de la carcasa de los condensadores tipo caja, es aproximadamente 10 mm (maximo) por lado con 10 kVar y de aproximadamente 20 mm por lado con 100 kVar.

## **Electrica**

- Inspeccione la tensión y corriente ( analice formas de ondas )
- Medicion de la resistencia de Aislamiento
- Medicion de la Capacidad Electrostatica

### **“Precauciones de Seguridad ”**

1-Evite tocar el condensador antes de verificar la ausencia de carga electrica residual, conectando el terminal a tierra a traves de una resistencia de 100 a 300, y utilizando una horquilla para la desconexion, aun en caso de que existan resistencias de descarga y bobinas de descarga instaladas

2-Al desmontar una parte del condensador en estado anormal del circuito y al operar los restantes condensadores, es necesario estudiar correctamente la relacion entre la capacidad de la reactancia en serie y la capacidad del condensador. Para esto, es conveniente y mas seguro consultar con el fabricante

#### **4. DISPOSICIONES FINALES**

- 4.1 Limpie el área de trabajo.
- 4.2 Registre los datos en sistema ELIPSE

#### **FIN DEL INSTRUCTIVO**

#### **OBSERVACIONES:**

Realizado por:

Fecha:

---

**ANEXO. B**  
**INSTRUCTIVO REPARACION CAMBIO DE BUSHING**

**2. ASPECTOS DEL SISTEMA DE INTEGRACIÓN OPERACIONAL**

CLASIFICACION DE LA TAREA: Riesgo Bajo

**1.1 SEGURIDAD**

1.1.1 Uso equipo de protección personal adecuado y en buen estado.

1.1.2 Elaborar AST

1.1.3 Práctica de procedimiento y estándares establecidos para la labor.

1.1.5 Uso Las Cuatro Reglas de oro

**1.2 SALUD**

1.2.1 Cuidado de contactos potenciales

1.2.2 Vapores y humos

1.2.3 Exposición a rayos solares

1.2.4 Verificar estado de la droga del Botiquin

**1.3 MEDIO AMBIENTE/COMUNIDADES**

1.3.1 Manejo de deshechos (trapos, envases, etc).

1.3.2 Manejo de residuos sólidos y líquidos

1.3.3 Orden y Aseo

**2. HERRAMIENTAS ESPECIALES / EQUIPOS DE SOPORTE**

Llave de expansion de 18" Llave de cadena, Camion Grua, Canasta. Caja de herramientas

Estrobo, Alambre para guia, juego de copas.

**3. DESARROLLO DE LA TAREA**

**3.1. RECIBO DE EQUIPO:**

3.1.1 El equipo se recibe en el sitio donde está instalado, después de pedida la libranza a producción en las condiciones en que se encuentre.

## **3.2. EJECUCION DEL SEIS**

### **3.2.1. TRABAJOS PRELIMINARES:**

3.2.1.1 Realizar el AST , desenergizar el circuito abriendo switch de tres vías si el

3.2.1.2 equipo se encuentra energizado, colocar tarjetas y candados, aplicar las cuatro reglas de oro.

**Prepare:** caja de herramientas, juego de dados ,llave de cadena ,aparejo, estrobo O'ring calibre 18, trapos, 3-36, cinturón de seguridad, Multímetro,camión canasta. Escalera, alambre guía.

3.2.1.3 Desmontaje del aislador bushing

3.2.1.4 Hacer inspección preoperacional del camión grúa revisar: niveles, correas flojas, estado de las llantas, fugas de aceite hidráulico.

3.2.1.5 Transportar el aislador bushing en huacal de madera para evitar que se destruya.

3.2.1.6 Parquee el camión grúa donde se va a realizar el trabajo y tener en cuenta el procedimiento de parqueo en retroceso, utilizar señalero para estos casos.

3.2.1.7 Aplicar las cuatro reglas de oro (corte visible, etiqueta y candado, prueba de ausencia y tensión, puesta a tierra).

3.2.1.8 Aplicar procedimiento para trabajo en altura usar cinturón de seguridad y realizar el AST.

3.2.1.9 Retire la cañuela y la base del bushing a ser cambiado.

3.2.1.10 Retire los tornillos que fijan el aislador bushing de la base del transformador.

3.2.1.11 Amarre la línea que sale del bobinado con el alambre guía .para evitar que ésta se caiga dentro del tanque del transformador.

3.2.1.12 Retire el pasador que fija al bushing con la fase del bobinado, y comience a subir el aislador con el camión grúa en forma lenta para evitar que se destruya.

3.2.1.13 Tape el orificio de donde se retiró el aislador bushing para evitar que le entre al tanque de aceite del transformador elementos extraños.

3.2.1.14 Lleve el aislador al taller de reconstrucción eléctrica para que sea revisado reparado si lo requiere.

### **3.3. MONTAJE DEL AISLADOR BUSHING**

3.3.1 levante el bushing con la grúa o equipo de levante hasta la parte superior del transformador hacer esta operación evitando golpearlo.

3.3.2 Retire la tapa correspondiente al el bushing que se va a instalar sujetar la línea que sale del bobinado y amarrarla con el alambre guía pase este a través del orificio del bushing hasta que salga al otro extremo

3.3.3 Baje el aislador bushing cuidadosamente hasta alojarlo en su sitio final.

3.3.4 Coloque el pasador en la parte superior del terminal para evitar que la fase caiga dentro del transformador al retirar el alambre guía.

3.3.5 Asegure con tornillos, el bushing a la base del transformador.

3.3.6 Instale la tuerca y el O'ring # 18 en el terminal, roscando hasta apretar, (utilice llave de expansión de 12").

3.3.7 Coloque y ajuste el capacete en la parte superior del terminal.

3.3.8 Instale y de ajuste a la base que soportan las cañuelas de 69kv.

3.3.9 Revise que no queden elementos extraños en la parte superior del transformador.

3.3.10 Cierre el seccionador de entrada a 69kv y energice la subestación.

### **3.4. ENTREGA DEL EQUIPO**

3.4.1 Entregue el equipo a base 9 y al supervisor e infórmele el estado en que queda el transformador.

3.4.2. Confirmar a l personal interesado que el trabajo está terminado.

## **4. DISPOSICIONES FINALES**

4.1 Limpie el área de trabajo.

4.2 Registre los datos en sistema MIMS.

### **OBSERVACIONES:**

**Realizado por:**

**Fecha:**

---



**ANEXO.C**  
**INSTRUCTIVO PARA PRUEBAS DE PARARRAYOSOMICROM CPC-100**

**1. ASPECTOS SISTEMA DE INTEGRIDAD OPERACIONAL**

**1.1 SEGURIDAD**

1.1.1 Uso de equipo de protección personal adecuado y en buen estado:

- Casco.
- Gafas.
- Protección auditiva.

**1.2 SALUD**

1.2.1 Cuidado de contactos potenciales

**1.3 MEDIO AMBIENTE/COMUNIDADES**

1.3.1 Manejo de desechos

1.3.2 Manejo de residuos sólidos

1.3.3 Orden y Aseo

**2. HERRAMIENTAS ESPECIALES / EQUIPOS DE SOPORTE**

2.1. 1 Equipo CPC-100 OMICROM

2.2.2 Planta de Generación Eléctrica

2.2.3. Extensión Eléctrica

2.2.4. Equipos de prueba (Tester sonoro, Multímetro, Pértiga, Guantes Primarios)

**3. DESARROLLO DE LA TAREA**

3.1.1. Asegúrese de que el elemento bajo prueba este desenergizado si está instalado,

(No realice ninguna prueba si sospecha que esta con Energía)

3.1.2. Aplique las Reglas Para Trabajos en Circuitos Eléctricos

3.1.3. Verifique la tensión de funcionamiento del equipo (110 Vac)

3.1.4. Realice la conexión del equipo para la prueba ver figura anexa

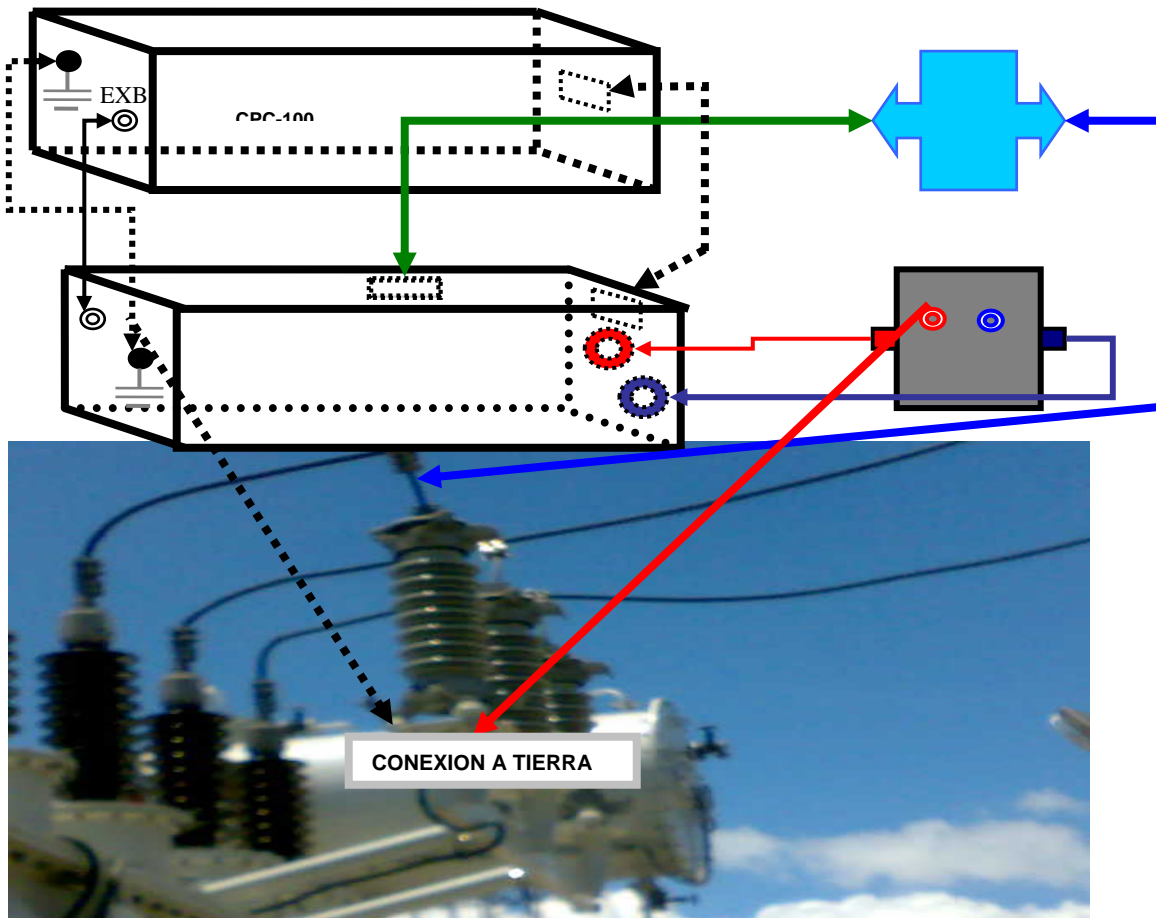


Diagrama de Conexión

## 3.2. EJECUCION DE LA PRUEBA

3.2.1. Aterrice el equipo

3.2.2. Abra el switch

3.2.3. Prenda el equipo (ON)

## 3.3. Configuración del Equipo

3.3.1. Seleccione Insertar Tarjetas Presione Enter

3.3.2. Configure los parámetros de las medidas requeridas Presione Enter

3.3.3. Seleccione el valor del TP, Transformador de potencial y Presione Enter

- 3.3.4. Seleccione tangente Delta y Presione Enter
- 3.3.5. Seleccionamos 10.000V y pulsamos Botón negro
- 3.3.6. Colocar Modo GST/ Para medir Pararrayos
- 3.3.7. Confirmar con Enter
- 3.3.8. Pulsar el Botón encender I/O Para inyectar

### **3.4. Consideraciones**

- 3.4.1. Si los valores de medidas  $> 200$  M watt el elemento se Considera como Defectuoso
- 3.4.2. Si los valores de medidas  $< 20$  M watt el elemento se considera defectuoso
- 3.4.3. Si el Valor esta entre  $> 20 \leq 200$  M watt el elemento se considera operativo
- 3.4.4. Anote los Datos en el Formato dispuesto para esto

## **4 DISPOSICIONES FINALES**

- 4.1 Haga limpieza del área.

## **FIN DEL INSTRUCTIVO**

Realizado por:

Fecha:

---

Técnico :

SUBESTACION No.	KW / HR	PRESION ACEITE	NIVEL DE ACEITE	T. DEL ACEITE		T. DEL DEVANADO		AVISOS DE SEGURIDAD	CANDADO DE SEGURIDAD	CONCICION DEL AREA	N .OPERACIONES	
				ACTUAL	MAXIMA	ACTUAL	MAXIMA				AEREA	CABLE
605-0201												
605-0202												
605-0203												
605-0204												
605-0205												
605-0206												
605-0207												
605-0208												
605-0209												
605-0210												
605-0221												
605-0222												
605-0223												
605-0224												
605-0225												
605-0226												
605-0227												
605-0228												
605-0229												
605-0230												

**OBSERVACIONES:** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



PARTE INTERNA					
ITEM	PARTE	REVISION	BIEN	NO	COMENTARIOS
2.0 OTROS	TRANSFORMADOR SECO 750MVA	Ruidos Anormales			
		Olores Anormales			
		Limpieza Del Area			
		Luces De Señal Verde / Roja			
		Estado De Reles			
		Estado De Breakers			
		Partes Flojas			
	PANEL CONTROL AC1 - AC2	Ruidos Anormales			
		Olores Anormales			
		Limpieza Del Area			
		Estado De Breakers			
		Partes Flojas			
		Calibracion De Reloj Luces Perimetrales			
	PANEL SCADA	Ruidos Anormales			
		Olores Anormales			
		Limpieza Cubiculo			
		Luces De Señal Verde / Roja			
		Luz Interna			
		Interruptor Termico			
		Estado De Reles			
	MODULOS DE CONTROL110/69KV	Olores Anormales			
		Ruidos Anormales			
		Ventanillas Empañadas			
		Luces De Señal Verde Roja			
		Iluminacion Del Area			
		Reles Reseteados			
	PARTE INTERIOR DEL EDIFICIO	Extintor Entrada Principal			
Extintor Entrada Posterior					



TEM	PARTE	REVISION	6010		6020		7440		7530		7050	
			BIEN	NO	BIEN	NO	BIEN	NO	BIEN	NO	BIEN	NO
5.0 PATIO	GABINETE CONTROL DISYUNTOR SF6	Ruidos Anormales										
		Sucio										
		Olores Anormales										
		Luces de señal										
		Posicion del selector ( Remoto)										
		Estado del Breaker										
		Estado del manometro										

ITEM	PARTE	REVISION	BIEN	NO	COMENTARIOS
		Estado del extintor de bombona			

Realizado por : \_\_\_\_\_



