

INTRODUCCIÓN

El estudio del presente trabajo investigativo, presenta a continuación las bases técnicas que justifican la creación del manual de mantenimiento para las subestaciones eléctricas de distribución “El Calvario”, “La Cocha” y “San Rafael”, incluyendo los costos que implican el realizar mejoras en el sistema.

El diseño propiamente dicho, estructura a la ciencia del mantenimiento como una disciplina complementaria de nuevas políticas e ideologías, que se han adaptado al ritmo de vida de las empresas de clase mundial y que han visto en la tecnología un mecanismo de operación ágil y práctica. Este tipo de tecnologías hacen que el mantenimiento sea parte de la innovación, es por esto, que estrategias de última generación como el RCM (Confiable Operacional), tengan mayor repercusión en el momento de realizar un estudio que determine las condiciones normales operativas de los equipo de las S/E.

El buen cumplimiento de las disposiciones asegura que la implementación de políticas de mantenimiento de última generación, permitan a la ELEPCO S.A., ser más competitiva, segura y eficiente; logrando con ello que el sistema de mantenimiento tienda a la reducción del tiempo y optimización de la frecuencia de las paradas programadas y no programadas, efectividad del mantenimiento, y mejora en la calidad del servicio.

La intervención del Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) y Análisis de Criticidad (AC), como medio de diagnóstico de las fallas de cualquier equipo eléctrico de las S/E mencionadas, han permitido organizar, planificar y ejecutar el mantenimiento dentro de los adecuados índices de costo, seguridad, tiempo y confiabilidad.

Lo anterior se realiza mediante una planeación y programación de actividades que garanticen un verdadero beneficio económico. Un programa de mantenimiento se debe fundamentar en un conocimiento detallado del equipo y de su entorno.

El mantenimiento preventivo garantiza el seguimiento periódico del plan predeterminado, realizando inspecciones al equipo con el fin de descubrir y corregir posibles defectos o problemas menores que pudiesen llegar a ocasionar fallas. Se puede llegar a predecir que más del 90% de las fallas en los equipos están precedidas de ciertos signos o condiciones que indican que estas se van producir.

También hay que tener en cuenta que los procesos de degradación son procesos acumulativos, por tal motivo las labores de mantenimiento no deben ser aplazadas hasta la aparición de problemas.

Es a partir de estas definiciones, que nace la necesidad de conocer el análisis y la aplicación de las distintas estrategias a fin de no tener incidencias de fallas en el sistema eléctrico.

En el Capítulo I; se describe el contenido teórico de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi (ELEPCO S.A.); Historia y Filosofía del Mantenimiento, Tipos de Mantenimiento, sus tendencias y estrategias; Funcionalidad, Clasificación y Partes de los equipos de las S/E.

En el Capítulo II; se encuentra detallado el Análisis e Interpretación de las Entrevistas a las Autoridades y Jefes Departamentales; Encuestas a los Operarios y Empleados del Área de Mantenimiento de las S/E El Calvario, La Cocha y San Rafael de la ELEPCO S.A.; y la comprobación de la injerencia investigativa.

En el Capítulo III; se detalla la propuesta del Plan de Mantenimiento basado en la Confiabilidad Operativa y Estrategias planteadas en base a un análisis crítico de los equipos de las S/E.

Los lineamientos del manual y estructura del plan de mantenimiento, se los puede apreciar de manera cronológica de cada equipo en los anexos.

El propósito fundamental del manual de mantenimiento para las S/E de la ELEPCO S.A., es el de colaborar al contingente de servicio eléctrico, proveyendo al personal de la empresa seguridad y confiabilidad en los procedimientos de mantenimiento de alto riesgo.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 MANTENIMIENTO A SUBESTACIONES

1.1.1 Introducción

Los costos de mantenimiento y operación de las empresas eléctricas (generación, transmisión y distribución) han incrementado de una manera acelerada en los últimos años, para esto existen nuevas técnicas que permiten disminuir y mejorar la confiabilidad y el desempeño de las mismas.

Con el transcurrir del tiempo y desarrollo de nuevas tecnologías; ha sido inevitable la utilización de herramientas filosóficas que permitan el adecuado uso de los recursos de mantenimiento, tales como el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), el Mantenimiento Productivo Total (TPM) y el Análisis modal de fallos y efectos (AMFE). Estas técnicas permiten enfocar la atención hacia los problemas tanto crónicos como esporádicos.

El mantenimiento actual está caracterizado por la búsqueda continua de tareas que permitan eliminar o minimizar la ocurrencia de fallas y disminuir las consecuencias de las mismas; es decir se emplean los dos factores eminentes de riesgo.

Para lograr esto las corrientes filosóficas han demostrado un gran poder en la identificación de tareas potenciales a ejecutar. Las técnicas desarrolladas

pretenden entonces, implementar procesos de confiabilidad, basados en tareas con costo/riesgo óptimo.

De lo expuesto se deduce que el mantenimiento dentro de las Subestaciones de Distribución de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A. (ELEPCO S.A.); busca asegurar que el servicio de energía eléctrica sea de una manera continua, segura y preservando el medio ambiente; para lo cual se hace factible el diseño del manual de mantenimiento electromecánico, apoyado en la confiabilidad y determinado por los índices de criticidad de los equipos.

En consecuencia, las disposiciones conceptuales del manual admiten en su contenido, una guía técnica-práctica de los procedimientos de mantenimiento para el buen funcionamiento de las S/E “El Calvario”, “La Cocha” y “San Rafael” de la ELEPCO S.A., y la importancia de la seguridad del personal de la empresa.

1.2 EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A. (ELEPCO S.A.)

1.2.1 Resumen Histórico de la ELEPCO S.A.

El día domingo 11 de abril de 1909 el Coronel Justiniano Viteri, Presidente del Consejo Municipal de Latacunga, inauguró en forma oficial el servicio de Alumbrado Eléctrico de esta ciudad, conformándose lo que se llamó los Servicios Eléctricos Municipales, entidad que desde aquella fecha fue la encargada de administrar la energía eléctrica producida por una pequeña planta hidráulica de 30 kW, localizada en el barrio Miraflores, el servicio que se brindaba era exclusivamente de alumbrado de domicilios y de las calles céntricas de la ciudad. Al transcurrir los años y al incrementarse la utilización del servicio eléctrico fue necesario que en 1925 se inaugure otra Central Hidráulica de 300 kW en el Río Yanayacu. El voltaje al cual se generaba era el mismo al que se distribuía y se consumía, es decir 110/220 V, con la primera central y luego con la segunda distribuida a 2.400 V.

Al seguir creciendo la demanda eléctrica, se mentalizó el proyecto Illuchi ubicado a 10 Km al oriente de la ciudad de Latacunga y es así que en 1951 el Alcalde de Latacunga Don Rafael Cajiao Enríquez inaugura la primera etapa de dos Grupos Hidráulicos de 700 kW cada uno. En la segunda etapa se instaló el tercer grupo, 1400 kW, entrando en operación en 1955. En 1967 entró en operación la Central Illuchi N° 2 con 1400 kW. Los caudales de agua que se "aprovechaban eran de las lagunas de Piscacocha y Salayambo, y las captaciones de las acequias Retamales, Ashpacocha y Dragones. Con las nuevas centrales se cambió el sistema de distribución a 6.300 V, y el servicio eléctrico se extendió a las zonas rurales, es decir, a las parroquias de Aláquez, Joseguango, Guaytacama, Mulaló, Tanicuchí, Toacazo, Pastocalle, a 29 recintos y caseríos; además se vendía en bloque a los municipios de Pujilí y Saquisilí.

El día 2 de mayo de 1975 el Instituto Ecuatoriano de Electrificación INECEL se hace cargo de la administración de la energía eléctrica de Cotopaxi y funda el Sistema Eléctrico Latacunga (S.E.L.), inmediatamente inicia sus labores, sus primeras obras fueron la reparación de las Centrales Hidráulicas y el revestimiento de 15 km del canal de Aducción. Luego desde 1976 se inicia una remodelación integral y ampliación de las redes de distribución de las zonas rurales de la provincia.

Las redes de distribución se constituyeron exclusivamente en postes de madera tratada y de hormigón con conductores de aluminio y con un voltaje de 13.800 V en el año de 1983, este programa de remodelación fue concluido.

En el mes de mayo de 1977 el S.E.L. se interconecta al Sistema Nacional mediante la S/E San Rafael y una línea de 69 kV, hasta la ciudad de Ambato; con este suceso el S.E.L. inicia una ampliación sin precedentes ya que se comienza a dar energía a varias fábricas antiguas y nuevas en la vía a Lasso. A la vez se comienza a proporcionar la integración de los cantones Salcedo, Saquisilí y Pujilí.

Mediante sendos Convenios de Administración y Fideicomiso se logra la integración al S. E. L. de los diferentes cantones: en mayo de 1979 Salcedo; el 30 de junio de 1980 Pujilí y el 28 de marzo de 1982 Saquisilí.

Ante el notario segundo del cantón Latacunga el 25 de noviembre de 1983 se otorga la escritura pública de constitución de la compañía anónima denominada “EMPRESA ELECTRICA PROVINCIAL DE COTOPAXI S.A.”, ELEPCO S.A.

El Primero de febrero de 1984 entra en funcionamiento la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A., siendo sus Accionistas INECEL y los Ilustres Municipios de Latacunga, Saquisilí, Salcedo y Pujilí.

En el mes de marzo de 1987 se realiza la construcción de la ampliación de las Centrales Hidráulicas Illuchi N° 2, con el financiamiento de INECEL y de fondos

propios de la Empresa. Esta ampliación tiene 5200 kW divididos en dos grupos, inició su funcionamiento en el mes de diciembre de 1987.

La Junta General de Accionistas en sesión extraordinaria del 29 de diciembre de 1994, aprobó la incorporación del Honorable Consejo Provincial de Cotopaxi y de la Ilustre Municipalidad de Pangua como accionistas de ELEPCO S.A. El 6 de febrero del 2001 ingresaron los Municipios de Sigchos y La Maná.

TABLA 1.1.- CAPITAL SOCIAL

ACCIONISTA	PORCENTAJE	
Fondo de Solidaridad	26.869'990.00	75,67%
Consejo Provincial de Cotopaxi	7.978'740.00	22,46%
Ilustre Municipio Latacunga	434'080.00	1,22%
Ilustre Municipio Salcedo	110'510.00	0,31%
Ilustre Municipio Pujilí	66'620.00	0,20%
Ilustre Municipio Saquisilí	44'070.00	0,12%
Ilustre Municipio Pangua	5'280.00	0,02%

FUENTE: ARCHIVOS ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

1.2.2 Misión

La misión de la empresa es proveer potencia y energía eléctrica en su área de concesión de la Provincia de Cotopaxi, en forma suficiente, confiable, continua y al precio justo, de tal manera que se tienda al desarrollo socio económico de la sociedad y de los sectores productivos de la provincia.

1.2.3 Visión

La visión de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A., es ser líder a nivel nacional del sector eléctrico, garantizando así un excelente servicio eléctrico durante las 24 horas diarias, los 365 días al año.

1.2.4 Estructura Organizacional

Con la finalidad de afrontar los retos de la Ley de Régimen del Eléctrico, la actual Presidencia Ejecutiva y la administración de la empresa se hallan empeñadas en un objetivo fundamental, el cual es: MODERNIZAR EL SISTEMA ADMINISTRATIVO, TÉCNICO, COMERCIAL, FINANCIERO Y LABORAL DE ELEPCO S.A., mediante la implementación del presente plan.

1.2.5 Funciones

Las principales funciones de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi son, la Generación, Distribución y Comercialización de la energía eléctrica dentro de su área de concesión conformada por los cantones: Latacunga, Salcedo, Pujilí, Saquisilí, Sigchos, Pangua y parte de La Maná.

A continuación veremos otras funciones que desempeña la ELEPCO S.A.:

- Generación de energía eléctrica con sus centrales propias.
- Operación del sistema eléctrico actual.
- Expansión del sistema eléctrico.
- Mantenimiento del sistema eléctrico.
- Implementación de nuevas tecnologías para operación.
- Comercialización de energía eléctrica.

1.2.6 Descripción del Sistema Eléctrico de la ELEPCO S.A.

1.2.6.1 Área de Concesión

La Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A., tiene por objeto la prestación de servicio de energía eléctrica dentro de su área de concesión que comprende a la provincia de Cotopaxi (5556 km²).

Las instituciones que la antecedieron fueron los Servicios Eléctricos Municipales y luego el Sistema Eléctrico de Latacunga, pero durante la existencia de estos establecimientos la infraestructura técnica era muy limitada y distante del cantón La Maná, motivo por el cual la Empresa Eléctrica EMELGUR, integró su influencia a esta zona, así como de los recintos tales como: Chipe-Hamburgo, El Toquillal, Tres Coronas, Manguila y San Pablo.

Por razones similares, la Empresa Eléctrica Ambato, dio servicio en el extremo sur al sector de Cunchibamba perteneciente a Tungurahua.

La distribución y comercialización de energía eléctrica la ELEPCO S.A., tiene la concesión de los cantones: Latacunga, Salcedo, Pujilí, Saquisilí, Sigchos, Pangua y parte del cantón La Maná de la Provincia de Cotopaxi. Las principales restricciones en la concesión del servicio eléctrico la constituían la ciudad de La Maná, y las parroquias de Palo Quemado y las Pampas del cantón Sigchos, que fueron servidas por las empresas eléctricas EMELGUR y Santo Domingo respectivamente.

La ELEPCO S.A., paulatinamente fue extendiendo sus redes eléctricas y actualmente ha llegado a rodear las instalaciones de EMELGUR en La Maná, impidiendo su avance y de igual manera a las empresas vecinas Quito y Ambato.

1.2.6.2 Generación Local

Las centrales de generación local, con mayor aporte energético son las centrales hidroeléctricas Illuchi 1 e Illuchi 2. Estas centrales se encuentran ubicadas en la parroquia de Pusuchsí, al oriente de la ciudad de Latacunga a 10 km de distancia. Las centrales con menor aporte se encuentran en el sector occidental de la provincia y son: El Estado en el cantón La Maná; Catazacón en el cantón Pangua y Angamarca en el cantón Pujilí.

Cabe mencionar que el sistema de la central Angamarca opera de forma aislada, respecto al sistema eléctrico de la ELEPCO S.A. En la siguiente tabla se muestran las centrales de generación local:

TABLA 1.2- CENTRALES DE GENERACIÓN LOCAL

<i>Centrales</i>	<i>Illuchi 1</i>	<i>Illuchi 2</i>	<i>El Estado</i>	<i>Catazacón</i>	<i>Angamarca</i>
Generación	Hidráulica	Hidráulica	Hidráulica	Hidráulica	Hidráulica
Capacidad(KVA)	5244	6500	2121	1000	375
Voltaje(V)	2400	2400	4160	440	4160
Frecuencia(Hz)	60	60	60	60	30
Fp	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
N° de Grupo	4	2	2	2	2
Año de Servicio	1951	1979	1986	1991	1994

FUENTE: ARCHIVOS ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

1.2.6.3 Sistema de Distribución Primario

El sistema de distribución primario de la ELEPCO S.A., cuenta en los actuales momentos de dos tipos de niveles de voltaje que son de: 6,3 kV y 13,8 kV; exclusivamente de tipo radial. La S/E “El Calvario” es la única que posee el sistema de 6,3 kV en su salida N° 1.

En las ciudades de Latacunga y Pujilí se encuentran instaladas líneas subterráneas a 13,8 kV en los centros históricos.

El sistema de distribución tiene 28 alimentadores primarios. En resumen el sistema primario posee 2700 km de redes.

1.2.7 Descripción de las Subestaciones de la ELEPCO S.A.

Las subestaciones eléctricas de distribución del sistema ELEPCO S.A., cuentan con 74,25 MVA de capacidad instalada y las subestaciones de elevación en las centrales de generación cuentan con 15,62 MVA.

En la provincia de Cotopaxi, existen las siguientes subestaciones:

TABLA 1.3.- SUBESTACIONES ELEPCO S.A.

SUBESTACIONES	VOLTAJE (KV)	CONEXIÓN	CAPACIDAD (MVA)
<i>S/E Salcedo</i>	69/13,8	Dyn1	10/12,5
<i>S/E San Rafael</i>	69/13,8	Dyn1	10/13
<i>S/E El Calvario T1</i>	23/13,8	Dy1t	4/5,2
<i>Illuchi I</i>	2,4/22,0	Dy0	3x1,75
<i>Illuchi II</i>	2,4/13,8 - 69/13,8	Yd5	6,5
<i>S/E La Cocha</i>	69/13,8	Dyn1	10/12,5
<i>S/E Lasso T1</i>	69/13,8	Dyn1	10/12,5
<i>S/E Lasso T2</i>	69/13,8	Dyn1	20
<i>S/E Mulaló</i>	69/13,8	Dyn1	10/12,5
<i>S/E Sigchos</i>	4,16/13,8	Dyn1	5,0
<i>S/E El Estado</i>	0,44/13,8	Ynd11	2,5
<i>S/E Catazacón</i>	4,16/13,8	Ynd11	1,0

FUENTE: ARCHIVOS ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

1.3 METODOLOGÍA DEL MANTENIMIENTO

1.3.1 Historia del Mantenimiento

La historia del mantenimiento acompaña el desarrollo Técnico-Industrial de la humanidad. Al final del siglo XIX, con la mecanización de las industrias, surgió la necesidad de las primeras reparaciones.

Hasta 1914, el mantenimiento tenía importancia secundaria y era ejecutado por el mismo personal de operación o producción. Así surgió un órgano subordinado de operación, cuyo objetivo básico era la ejecución del mantenimiento, hoy conocido como mantenimiento correctivo. Esa situación se mantuvo hasta la década del año 30, cuando en función de la segunda guerra mundial hubo la necesidad de aumentar la rapidez de producción y la alta administración de producción se preocupó, no solo en corregir fallas, sino evitar que estos ocurrieran, y el personal técnico de mantenimiento, paso a desarrollar el proceso de mantenimiento preventivo de las averías, que juntamente con la corrección, completan el cuadro general de mantenimiento como de la operación o producción.

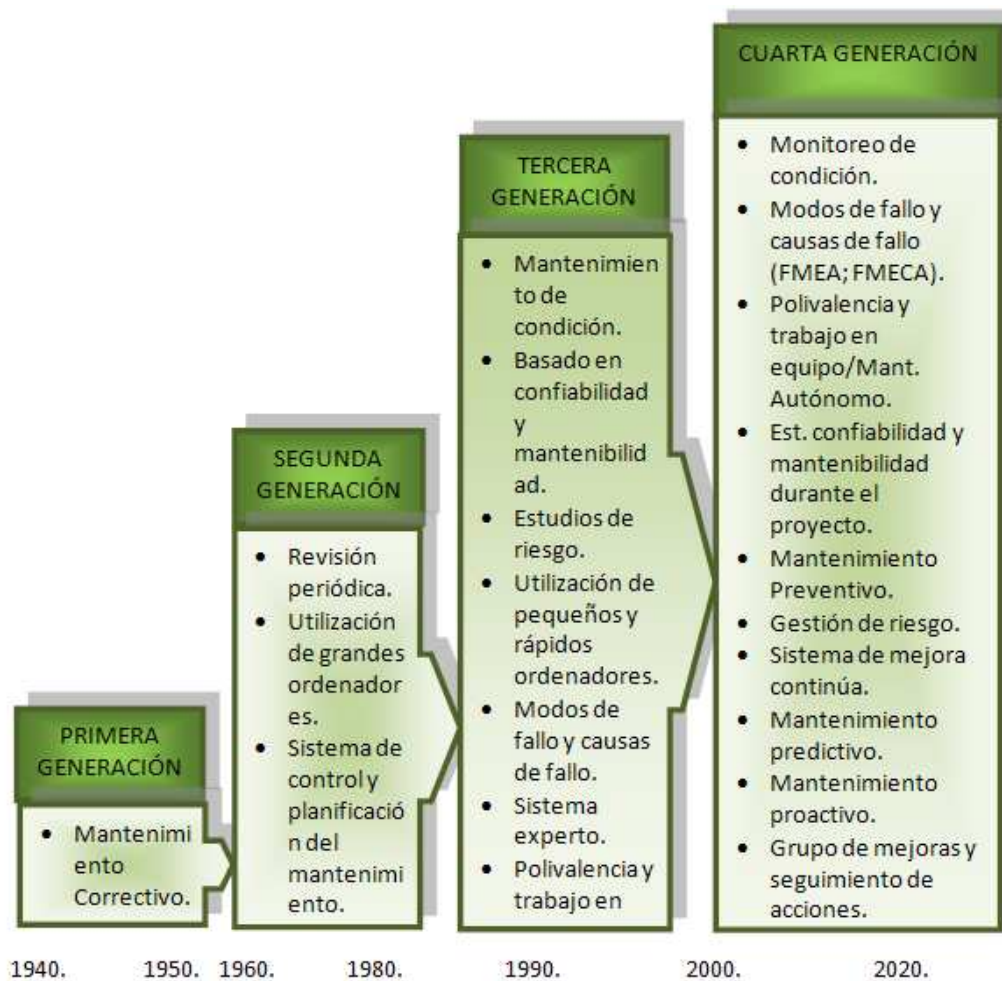
Por el año 1950, con el desarrollo de la industria para atender a los esfuerzos de la pos-guerra, la evolución de la aviación comercial y de la industria electrónica, los gerentes del mantenimiento observan que en muchos casos el tiempo de para de la producción, era mayor, que la ejecución de la reparación, que da lugar a la selección de un equipo especialista para componer un órgano de asesoramiento de la producción que se le llama “ingeniería de mantenimiento”, y recibió los cargos de planear y controlar el mantenimiento preventivo y analizar causas y efectos de las averías.

A partir de 1966 con el fortalecimiento de las asociaciones nacionales de mantenimiento, pasan a desarrollar criterios de predicción o prevención de fallas, visualizando la optimización de los equipos en ejecución del mantenimiento.

Estos criterios conocidos como mantenimiento predictivo o previsivos fueron asociados a métodos de planteamiento y control de mantenimiento. Ya que así hoy en día podemos encontrar otros tipos de mantenimiento.

A continuación se puede observar en la figura 1.1, la evolución del mantenimiento:

FIGURA 1.1.- EVOLUCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO



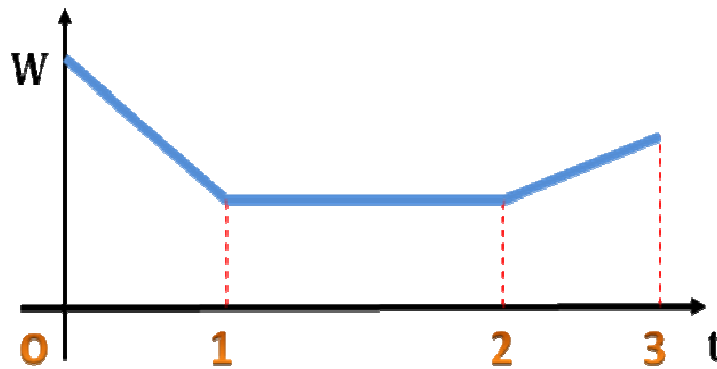
FUENTE: I SIMPOSIO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO, ESPOCH
 ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

1.3.2 Ciclos del Mantenimiento

Los ciclos del mantenimiento (ver figura 1.2), para cada equipo se determinan por sus condiciones de operación, su constitución, calidad de mantenimiento, instrucciones de los fabricantes y normas de explotación.

Dentro del ciclo de mantenimiento, cuando la frecuencia de fallas (W) es elevada, cada vez menor es la obtención de un servicio de calidad de los equipos.

FIGURA 1.2- CURVA DEL CICLO DE MANTENIMIENTO



FUENTE: MANTENIMIENTO MUNDIAL
ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

DONDE:

W = frecuencia de fallas en el equipo.

t = tiempo de explotación del equipo.

0-1 Periodo Inicial.- En este periodo se presenta una frecuencia de fallas muy elevada en el equipo y decreciente con el tiempo. Esto se debe a la influencia o daños producidos en el transporte, montaje, calibración, control y pruebas de operación de los equipos.

1-2 Periodo Útil.- La frecuencia de fallas en el equipo tiende a estabilizarse y ser constante en un determinado valor, durante este periodo de operación las fallas son de carácter aleatorios e impredecibles.

2-3 Periodo Final.- En este periodo la frecuencia de fallas en el equipo tiende a aumentar. La frecuencia de fallas ocurre por el cansancio de los materiales, deterioros debido a los esfuerzos que estuvo sometido y a los trabajos de mantenimiento preventivo inadecuados, por lo que disminuye su confiabilidad. En consecuencia, para mejorar la confiabilidad operativa es indispensable ejecutar trabajos de mantenimiento correctivo.

1.3.3 Definición del Mantenimiento

GARCÍA GARRIDO Santiago, FERRAN GARCÍA Garrido, 2003; menciona: El mantenimiento se considera como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento.

BEJARANO JIMÉNEZ, Jorge Enrique, 2003; dice: El mantenimiento es el conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos, con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que éstos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados.

El grupo investigador, de acuerdo a lo antepuesto: El mantenimiento es el conjunto de actividades necesarias que se lleva a cabo para que las instalaciones y equipos puedan permanecer operando y conserve su funcionalidad bajo tendencias estratégicas previamente establecidas.

La función de mantenimiento debe incluir, programa para medir la productividad laboral, análisis de actuación, realización de estudio de métodos, preparación de normas y desempeño de otras funciones técnicas por parte de los supervisores.

Los Sistemas Eléctricos de Potencia (SEP), tienen varios componentes y cada uno con características singulares, y éstos forman parte importante de todo el sistema, cumpliendo cada uno con sus funciones específicas, diferentes de los demás componentes, pero importantes para el buen funcionamiento del sistema, tanto en condiciones de calidad como de continuidad de servicio.

Las subestaciones están dentro de estos componentes, pueden ser de transmisión o de distribución, de alta o de media tensión, y tanto sus componentes como la disposición de estos, pueden variar de una subestación a otra, pero las características de los componentes siempre serán las mismas, y cada uno tendrá también dentro de la subestación, funciones específicas e importantes a la vez.

En una subestación, existen elementos como: interruptores, encargados de unir o abrir circuitos entre sí, transformadores de potencia, encargados de transmitir la potencia de un sistema a otro con las características deseadas de voltaje y corriente, transformadores de medida, que se encargan de medir las características de la señal eléctrica para fines de protección y registro, seccionadores, que unen o separan circuitos, bancos de capacitores, que sirven para compensar la caída de tensión al final de la línea de transmisión, los pararrayos que protegen contra descargas atmosféricas entre otros, por lo que, es necesario aplicar a estos sistemas (subestaciones eléctricas) una adecuada gestión de Mantenimiento.

1.3.4 Principales Objetivos del Mantenimiento

1. Reducir al mínimo los costos de Mantenimiento.
2. Mejorar la efectividad de los equipos y del Sistema.
3. Mantener los equipos en constante operación en un período de tiempo óptimo.
4. Preservar las instalaciones y equipos en buenas y eficientes condiciones operativas.

En la figura 1.3, se puede observar los objetivos del mantenimiento, de acuerdo a su evolución.

1.3.5 Tipos de Mantenimiento

Las estrategias utilizadas para dar un adecuado mantenimiento son las siguientes:

1.3.5.1 Mantenimiento Correctivo

ALPÍZAR VILLEGAS, Emilio, 2008; menciona: El mantenimiento correctivo es el conjunto de actividades que se deben llevar a cabo cuando un equipo, instrumento o estructura ha tenido una parada forzada o imprevista. Este es el sistema más generalizado, por ser el que menos conocimiento y organización requiere.

GARCÍA GARRIDO, Santiago, 2009; dice: El mantenimiento correctivo es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos.

El grupo investigador, de acuerdo a lo antepuesto: El mantenimiento correctivo es el conjunto de técnicas que se ejecutan en el momento que existe una falla circunstancial, a modo que se pueda corregir el daño y se continúe con el proceso.

Las características que presentan este tipo de mantenimiento son:

- Presencia con carácter urgente (implica posible fallo).
- Necesidad de una solución inmediata para evitar pérdidas de tiempo, producción y dinero.

Se puede considerar en forma general dos tipos de Mantenimiento Correctivo:

a. No Planificado.- Como la corrección de las averías o fallas, cuando estas se presentan ocasionalmente, al contrario del caso de Mantenimiento Preventivo.

Esta forma de mantenimiento impide el diagnóstico fiable de las posibles causas que provocan la falla, pues se ignora si falló por mal trato, por abandono, por desconocimiento del manejo, por desgaste natural, entre otros.

b. Planificado.- Consiste en la reparación de un equipo o máquina cuando se dispone de personal, los repuestos y documentos históricos necesarios para efectuarlo.

1.3.5.2 Mantenimiento Preventivo

ALPÍZAR VILLEGAS, Emilio, 2008; menciona: El mantenimiento preventivo es el conjunto de actividades que se llevan a cabo en un equipo, instrumento o estructura, con el propósito de que opere a su máxima eficiencia, evitando que se produzcan paradas forzadas o imprevistas.

OLIVERA, Valeria, 2009; dice: El mantenimiento preventivo es la programación de inspecciones, ya sean de funcionamiento, seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación o calibración; y que debe ser realizada periódicamente en base a un plan establecido.

El grupo investigador de acuerdo a lo expuesto: El mantenimiento preventivo es el conjunto de inspecciones que conllevan a detectar las fallas en su fase inicial del sistema operacional, y corregirlas en el momento oportuno.

Las partes de cada equipo que se deben inspeccionar comprenden la integración de la siguiente información:

- Recomendaciones de los fabricantes.
- Manuales de servicio emitida por cada equipo.
- Experiencia del personal de mantenimiento en general.
- Registros históricos (historia de fallas o reparaciones).
- Frecuencia de trabajo.
- Números de fallas imprevistas por parte del equipo.

El ciclo de inspección de un equipo o conjunto de equipos se determinará por la parte que más falle. No existe regla establecida o disponible de cuan a menudo inspeccionar, esto depende de varios factores: edad y clase de equipo, medio ambiente, requisitos de seguridad y horas de operación.

Su propósito es prevenir las fallas, manteniendo los sistemas de infraestructura, equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos, por eso podemos mencionar las siguientes ventajas del mantenimiento preventivo:

- Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento.
- Mayor duración de los equipos e instalaciones.
- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de Mantenimiento debido a una programación de actividades.
- Menor costo de las reparaciones.

Pasos a considerar para obtener un buen mantenimiento preventivo:

- Inventario técnico, con manuales, planos, características de cada equipo.
- Procedimientos técnicos, listados de trabajos a efectuar periódicamente.
- Control de frecuencias de trabajo, indicación de la fecha exacta a efectuar el mantenimiento.
- Registro de eventos, fallas, reparaciones y costos que ayuden a planificar.

Es importante poder contar con un sistema de historias de fallas de los equipos existentes dentro de la instalación, ya que no solo servirán para identificarlos, sino que debe contener en forma breve los motivos de las fallas, partes que se cambiaron y las frecuencias con que ocurrieron las mismas. Es necesario conocer además el costo total de las reparaciones o fallas debido a suspensiones imprevistas.

Al tener la información mencionada se debe estimar lo que hubiera costado si el equipo hubiera fallado con tiempo para planificar, reunir los materiales y lograr el uso adecuado de los recursos necesarios para realizar las labores de mantenimiento. La diferencia entre lo que costó la falla y lo que hubiera costado

si se planifican, es el dinero que se puede invertir en un Control de Mantenimiento Preventivo.

El Mantenimiento Preventivo será utilizado por aquellos equipos de trabajo que estén estrechamente asociados al servicio y seguridad del personal y con los equipos adecuados para realizar dicho mantenimiento los cuales no deben estar alejados de los mismos.

1.3.5.3 Mantenimiento Predictivo

FRANCO, Irene, 2004; menciona: El mantenimiento predictivo es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una maquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza.

OLIVERA, Valeria, 2009; dice: El mantenimiento predictivo es aquel que está basado en la condición del equipo y consiste en inspeccionar los equipos, a intervalos regulares, y tomar acciones para prevenir las fallas o evitar las consecuencias de las mismas, con un monitoreo de la condición del equipo y dependiendo del resultado de la inspección realizada se determine si el mismo necesita o no una reparación.

El grupo investigador de acuerdo a lo expuesto: Este tipo de Mantenimiento se basa fundamentalmente en detectar una falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregirla sin perjuicios al servicio, ni detención de la producción, entre otros. Estos controles pueden llevarse a cabo de forma periódica o continua, considerando que se deben mantener los equipos y el sistema de producción, en funcionamiento.

Son aquellas tareas de seguimiento del estado y desgaste, de una o más piezas, componentes prioritarios de los equipos a través del análisis de síntomas,

y análisis por evaluación estadística, que determinan el punto exacto de su situación. Para ello se usan instrumentos de diagnóstico, aparatos y pruebas no destructivas, como análisis de lubricantes, comprobaciones de temperatura de equipos eléctricos, entre otros.

Las ventajas que presenta el mantenimiento predictivo, son:

- Reducir los tiempos de suspensión.
- Permitir seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimizar la gestión del personal de mantenimiento.
- Permitir conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de una suspensión imprevista.
- Agilitar la toma de decisiones sobre la suspensión de un equipo en momentos críticos.
- Permitir el conocimiento del historial de eventos y fallas del equipo para ser utilizada por el Mantenimiento correctivo.
- Facilitar el análisis de averías.
- Permitir el análisis estadístico del sistema.

1.3.5.4 Mantenimiento Progresivo o Proactivo

GÓMEZ SANTOS, Carola, 2008; menciona: El mantenimiento progresivo es el conjunto de actividades que consisten en mejorar la necesidad de avanzar gradualmente hacia la búsqueda de la meta “cero averías”.

LINARES, Omar, 2009; dice: El mantenimiento proactivo es una técnica enfocada en la identificación y corrección de las causas que originan las fallas en equipos, componentes e instalaciones industriales, esta técnica implementa soluciones que atacan la causa de los problemas, no los efectos.

El grupo investigador de acuerdo a lo expuesto: El mantenimiento proactivo consiste en el estudio de fallas y análisis de la actividad de mantenimiento, para poder obtener conclusiones y dar sugerencias para mejorar el funcionamiento.

El estudio de incidencias y análisis de fallas es una actividad relacionada con la subestación en general. La programación de esta actividad y su realización dependerá del criterio de la empresa, en función de los problemas que se desee analizar.

1.3.5.5 Mantenimiento Mejorativo

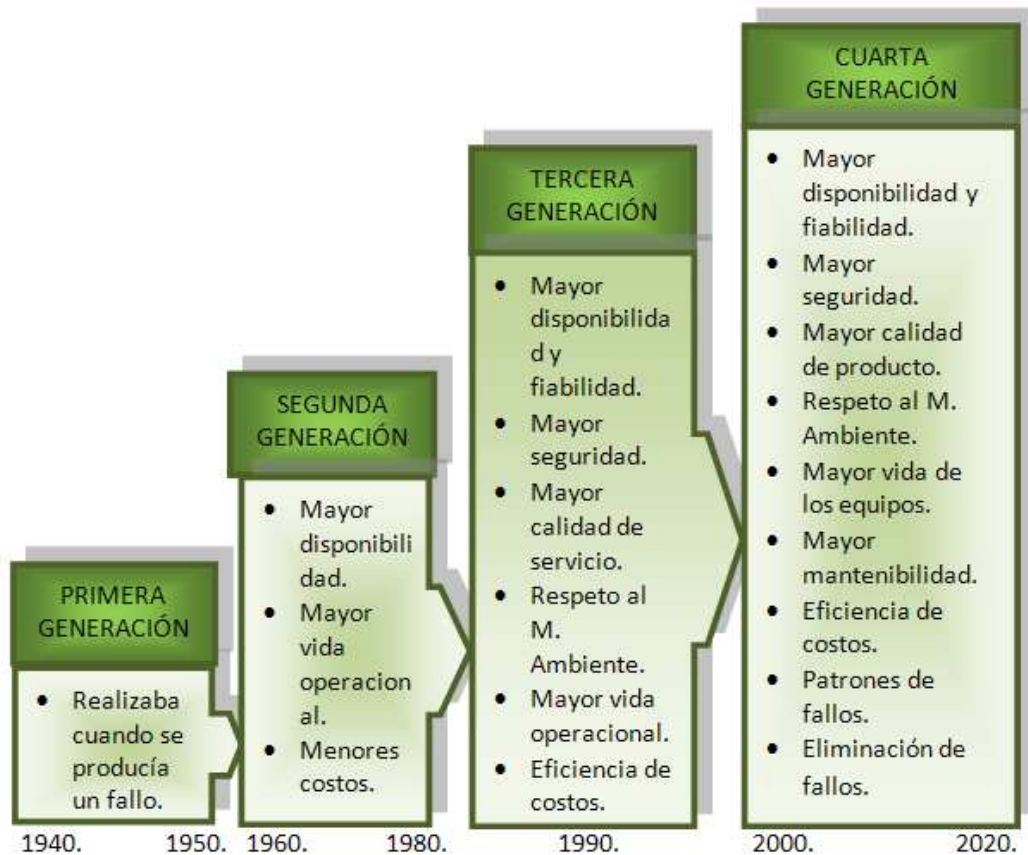
ARTEAGA, Carlos, 2008; menciona: El mantenimiento mejorativo consiste en la realización de mejoras en la geometría de las piezas con el fin de reducir aún más las averías redundantes y mejorar anticipadamente el rendimiento de los equipos.

DOMÍNGUEZ, Mariano, 2009; dice: El mantenimiento mejorativo consiste en la modificación o cambios de las condiciones originales del equipo o instalaciones (Rediseños).

El grupo investigador de acuerdo a lo expuesto: El mantenimiento mejorativo trata de ajustar las condiciones básicas de los equipos o instalaciones mediante el rediseño y complementación de tácticas que permitan optimizar su operación.

Se diferencia del correctivo en que los cambios de piezas afectan al propio diseño de su geometría interna. Exige, sofisticados estudios de ingeniería de mantenimiento para modificar y corregir diseños y requiere de una estrecha cooperación técnica y práctica entre fabricantes y usuarios de equipos. El mejorativo acerca así las actividades de mantenimiento, cuyo contenido ha sido tradicionalmente manual en un servicio o en otro, al mundo de las oficinas técnicas en el corazón mismo de la actividad industrial.

FIGURA 1.3.- OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO



FUENTE: I SIMPOSIO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO, ESPOCH
ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

1.3.6 Parámetros Fundamentales del Mantenimiento

Los parámetros e indicadores que se debe tomar en cuenta para un buen mantenimiento, son:

- Disponibilidad del mantenimiento (Dm).
- Tiempo o análisis entre fallas (Tas).
- Costos de mantenimiento (Cm).
- Tiempo fuera de servicio (Tm).
- Costo de las reparaciones (Cr).
- Capacidad productiva de los equipos (Cpe).

1.3.7 Filosofía del Mantenimiento

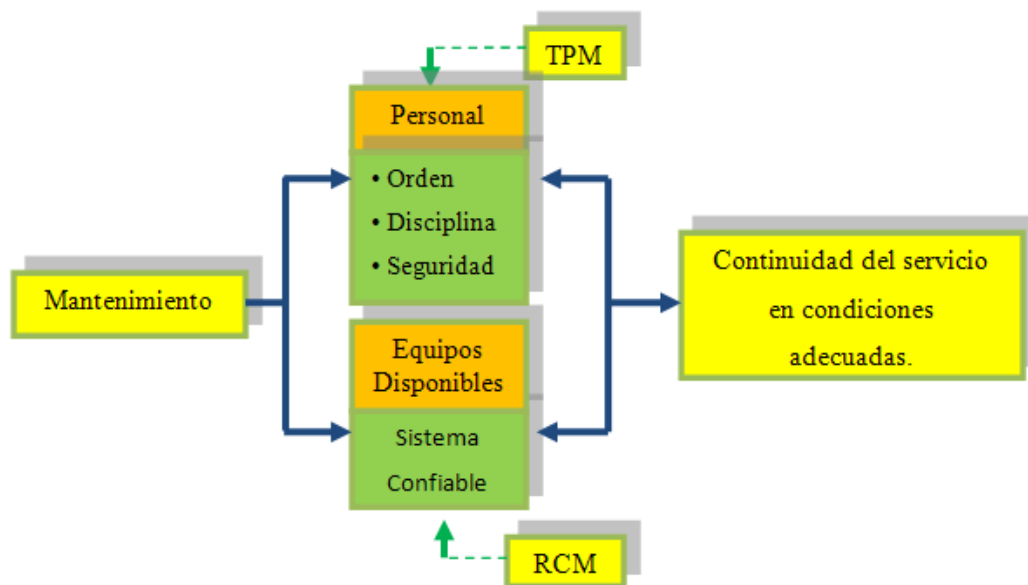
La filosofía aplicable del mantenimiento, que se puede encontrar mediante la orientación, se basa en los argumentos más utilizados; como el Mantenimiento Productivo Total (**TPM; Total Productive Maintenance**) y del Mantenimiento basado en la Confiabilidad (**RCM; Reliability Centered Maintenance**).

El TPM (1971, fue creado por el Instituto Japonés de Ingenieros de Planta “JIPM”) es una filosofía de mantenimiento que exige Calidad Total en el trabajo de mantenimiento, lo cual no es difícil de obtener, pero exige que en los sistemas en los que se aplica esta filosofía, deben llegar al nivel de “cero fallas”; sabiendo que esto es imposible en un sistemas de potencia, donde la mayor parte de las fallas se deben a factores externos y las cuales muchas veces se escapan al control, como las condiciones climáticas.

Por otro lado, el RCM (fue desarrollado a fines de los sesenta por la industria aeronáutica) es un sistema de mantenimiento que se basa en la Confiabilidad, es decir que el sistema en el que se aplica el RCM debe continuar con su trabajo normal a pesar del surgimiento de alguna falla y de la falencia de algún componente del sistema, esto se logra mediante el reemplazo de dicho componente en el sistema productivo, sin importar si este reemplazo es similar o no, el punto es que el sistema mantenga su ritmo de producción.

Esto no descarta a los tipos de mantenimiento para su aplicación en subestaciones; cabe mencionar que el RCM puede formar parte del TPM aplicado a un sistema productivo; si se analiza, el TPM es una filosofía que se refiere más al recurso humano del mantenimiento, y su comportamiento en el desarrollo de dicha función, que al sistema productivo en sí y el RCM se inclina más al sistema productivo y su confiabilidad. Por tanto, estos argumentos pueden ser aplicables a cualquier sistema incluyendo subestaciones.

FIGURA 1.4.- FILOSOFÍA DEL MANTENIMIENTO



FUENTE: MURILLO R.GERARDO. TIPOS Y MODELOS DE MANTENIMIENTO
ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

1.3.8 Aplicabilidad del Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (RCM)

La filosofía RCM plantea como criterio general, el mantenimiento prioritario de los componentes considerados como críticos para el correcto funcionamiento de la instalación, dejando operar hasta su fallo a los componentes no críticos, instante en que se aplicaría el mantenimiento correctivo. El RCM tiene muy en cuenta las especificidades de la instalación en estudio y plantea la necesidad de realizar un plan anual de mantenimiento para las S/E.

El proceso general de análisis, toma en cuenta los siguientes pasos:

- Clasificación e identificación de equipos de las S/E.
- Descripción del funcionamiento de mantenimiento de los equipos.
- Planteamiento del análisis modal de fallos y efectos (AMFE).
- Análisis de criticidad (AC).

- Selección de los tipos de mantenimiento.

1.3.8.1 Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE)

El Análisis Modal de Fallos y Efectos o AMFE es un método dirigido a lograr el Aseguramiento de la Calidad, que mediante el análisis sistemático, contribuye a identificar y prevenir los modos de fallo, tanto del equipo/servicio, evaluando su gravedad, ocurrencia y detección, mediante los cuales, se calculará el Número de Prioridad de Riesgo, para priorizar las causas, sobre las cuales habrá que actuar para evitar que se presenten dichos modos de fallo.

A continuación se citan una serie de características que ayudan a comprender la naturaleza de la herramienta:

Carácter Preventivo.- El anticiparse a la ocurrencia del fallo en los equipos/servicios que permite actuar con carácter preventivo ante los posibles problemas.

Sistematización.- El enfoque estructurado que se sigue para la realización de un AMFE asegura, prácticamente, que todas las posibilidades de fallo han sido consideradas.

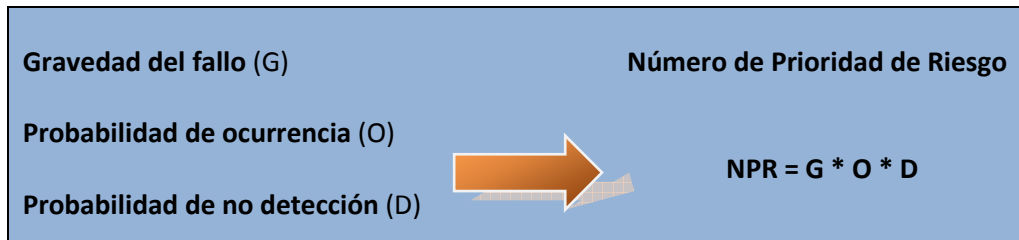
Participación.- La realización de un AMFE es un trabajo en equipo, que requiere la puesta en común de los conocimientos de todas las áreas afectadas.

Un Producto o Servicio (AMFE de Producto).- Sirve como herramienta de optimización para su diseño.

AMFE de Mantenimiento.- El proceso que permite la obtención del producto o la prestación del servicio, sirve como herramienta de optimizaciones de recursos.

En general, el AMFE debe ser utilizado, en una secuencia lógica, durante el proceso de mantenimiento. La figura 1.5, muestra los parámetros de evaluación:

FIGURA 1.5.- PARÁMETROS DE EVALUACIÓN AMFE



FUENTE: HOR DAGO, AMFE: ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

1.3.8.2 Análisis de Criticidad

El Análisis de Criticidad (ver figura 1.6), es una metodología que permite jerarquizar instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones.

La información recolectada en este estudio podrá ser utilizada para:

- Priorizar órdenes de trabajo de operaciones y mantenimiento.
- Priorizar proyectos de inversión.
- Diseñar políticas de mantenimiento.
- Seleccionar una política de manejo de repuestos y materiales.
- Dirigir las políticas de mantenimiento a las áreas o sistemas más críticos.

Los criterios a tomar en cuenta para la elaboración de análisis son: seguridad, ambiente, producción, costos (Operaciones y Mantenimiento), frecuencia de fallas y tiempo promedio para reparar.

Los pasos a seguir en el estudio de criticidad de una empresa de cualquier naturaleza son:

- Identificación de los sistemas a estudiar.
- Definir el alcance y objetivo para el estudio.
- Selección del personal a entrevistar.
- Informar al personal sobre la importancia del estudio.
- Recolección de datos.
- Verificación y análisis de datos.
- Retroalimentación.
- Implementación de resultados.

FIGURA 1.6.- ESQUEMA DE INTEGRACIÓN



FUENTE: ESP OIL, ENGINEERING CONSULTANTS

ELABORADO POR: ESP OIL

A través de los aspectos mencionados, se observa claramente la gran utilidad del Análisis de Criticidad, de allí su importancia. Este análisis permite obtener una jerarquización validada de todos los procesos / sistemas, lo cual permite:

- La utilización óptima de los recursos humanos y económicos dirigidos hacia sistemas claves de alto impacto.
- Potencializar adiestramiento y desarrollo de habilidades en el personal, basado en la criticidad de sus procesos y sistemas.
- Priorizar la ejecución/detección de oportunidades perdidas y aplicación de otras herramientas de Confiabilidad Operacional.

En el Ámbito de Mantenimiento

Al tener plenamente establecido cuales sistemas son más críticos, se puede establecer de una manera más eficiente la priorización de los programas y planes de mantenimiento de tipo: predictivo, preventivo, correctivo, detectivo e inclusive posibles rediseños al nivel de procedimientos y modificaciones menores; e implícitamente permitirá establecer la prioridad para la programación y ejecución de órdenes de trabajo.

En el Ámbito de Inspección

El estudio de criticidad facilita y centraliza la implantación de un programa de inspección, dado que la lista jerarquizada indica donde vale la pena realizar inspecciones y ayuda en los criterios de selección de los intervalos y tipo de inspección requerida para sistemas de protección y control (presión, temperatura, nivel, velocidad, espesores, flujo, entre otros.), así como para equipos dinámicos, estáticos y estructurales.

En el Ámbito de Materiales

La criticidad de los sistemas ayuda a tomar decisiones más acertadas sobre el nivel de equipos y piezas de repuesto que deben existir en el almacén central, así como los requerimientos de partes, materiales y herramientas que deben estar disponibles en los almacenes de planta, es decir, se puede minimizar el stock

de materiales y repuestos de cada sistema y/o equipo logrando un costo óptimo de inventario.

En el Ámbito de Disponibilidad de la Empresa

Los datos de criticidad permiten una orientación certera en la ejecución de proyectos, dado que es el mejor punto de partida para realizar estudios de inversión de capital y renovaciones en los procesos, sistemas o equipos de una instalación, basados en el área de mayor impacto total, que será aquella con el mayor nivel de criticidad.

A Nivel del Personal

Un buen estudio de criticidad permite potenciar el adiestramiento y desarrollo de habilidades en el personal, dado que se puede diseñar un plan de formación técnica, artesanal y de crecimiento personal, basado en las necesidades reales de la instalación, tomando en cuenta primero las áreas más críticas, que es donde se concentran las mejores oportunidades iniciales de mejora y de agregar el máximo valor.

1.3.8.3 Descripción de las Actividades de Mantenimiento

La selección de tareas de mantenimiento corresponde a las disposiciones que se adoptan después de haber estudiado las condiciones de criticidad de los equipos y el costo/riesgo que esto implica frente a las aspiraciones de mantenibilidad de la empresa.

La descripción contiene las actividades de mantenimiento que se deben realizar a cada equipo, con la finalidad de eliminar o disminuir los problemas más frecuentes que provocan la paralización intempestiva de estos.

Estas actividades se obtienen de los manuales de los fabricantes, de la experiencia de los trabajadores, entre otros, y tienen una duración anual o bienal, según se vaya comprobando su grado de eficiencia y aplicabilidad.

1.3.8.4 Diagramas de Pareto

También llamado curva 80-20 o Distribución A-B-C, es una herramienta que permite minimizar las pérdidas y maximizar la productividad en cualquier actividad. Mediante su aplicación es posible detectar desviaciones del proceso y poder de esta forma ejercer las acciones necesarias para su corrección. Si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir que el 20% de las causas resuelven el 80 % del problema y el 80 % de las causas solo resuelven el 20 % del problema.

El mismo establece los límites de control esperados de manera estadística, empleando la desviación estándar. Se debe tomar muy en cuenta estas variables o indicadores, si se quiere lograr un adecuado mantenimiento pero sin dejar de lado lo que es la mantenibilidad.

1.3.8.5 Implantación de Recomendaciones y Seguimiento de Resultados

Las tareas basadas en una planificación acertada, deben generar en la programación de mantenimiento un enfoque que sugiera recomendaciones y se inserten en el sistema, a fin de solucionar las falencias y establecer parámetros concretos en relación al costo/riesgo que implica el mantenimiento.

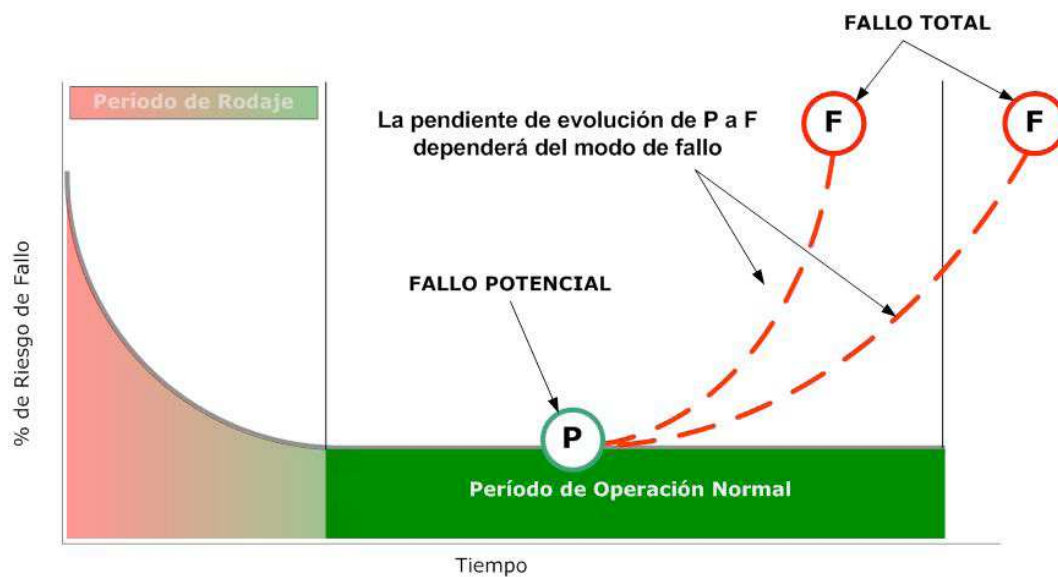
Con la implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad y con el Análisis Causa Raíz, la herramienta que es el análisis de criticidad, puede generar soluciones tales como:

- Cambios de diseño.
- Tareas preventivas.

- Tareas de Inspección (detección y predicción).
- Tareas correctivas.

De lo expuesto, el seguimiento de resultados, garantiza que los niveles de fallas de los equipos sean analizados y se tomen las medidas correctivas a tiempo, para lo cual se utilizan herramientas gráficas que permiten visualizar las incidencias de forma clara y llevar registros periódicos.

FIGURA 1.7.- PENDIENTE DE EVOLUCIÓN SEGÚN EL MODO DE FALLO



FUENTE: RAYO, J. P.; PREDITEC IRM
 ELABORADO POR: PREDITEC IRM

1.3.9 Servicio Técnico

1.3.9.1 Grupo de Mantenimiento

Se crea un grupo de trabajo o comisión de mantenimiento (CM) para ser encargado de los diferentes aspectos del servicio de mantenimiento y sean los responsables del mantenimiento cuyo propósito es estudiar diferentes aspectos de los problemas, elaborando propuestas y sugerencias para solucionarlos. Esta CM debe estar integrada por personal con poder de decisión.

1.3.9.2 Características del Grupo de Mantenimiento

El grupo de mantenimiento debe cumplir con las siguientes características:

- Estar capacitado intelectual como psicológicamente para ejecutar tareas técnicas de servicio de mantenimiento de equipos.
- Aplicar las normas de Seguridad Industrial dentro de los trabajos de mantenimiento.
- Ejecutar tareas de inspección de los equipos a su cargo.
- Cumplir con el plan de mantenimiento establecido.
- Llevar las órdenes y reportes de los trabajos, en el historial de mantenimiento.
- Proponer adecuadas mejoras en cuanto al mantenimiento de los equipos de la empresa.
- Solicitar asistencia técnica en caso de desconocimiento de ciertas actividades.

1.3.10 Metodología del Mantenimiento

1.3.10.1 Inspecciones

Las inspecciones son tareas o servicios de Mantenimiento Preventivo, caracterizados por la alta frecuencia (baja periodicidad) y corta duración, normalmente efectuada utilizando instrumentos de medición (termómetros, tacómetros, voltímetros, etc.) o los sentidos humanos sin provocar indisponibilidad del equipo.

Se realiza las inspecciones, para:

- Evaluar estado.
- Detectar anomalías.
- Conocer comportamiento.
- Prever accidentes.
- Reprogramar operaciones.

Los Criterios de inspección se los puede efectuar de forma:

- Diaria
- Semanal
- Quincenal
- Mensual
- Trimestral
- Revisiones (Cuando lo requiera)

Inspección Visual

Este tipo de mantenimiento se efectúa en forma mensual, sin desenergizar la línea, no utiliza herramientas ni instrumentos en la mayor parte de los casos, y como su nombre lo indica consiste sólo en inspecciones visuales.

Tiene la finalidad de revisar visualmente el estado exterior de los equipos, anotándose en una planilla los resultados de dicha inspección.

Inspección Basada en Riesgo

Un programa de inspección que está basado en riesgo es cuando se emplea una metodología capaz de sustentar la toma de decisiones aún cuando los datos con que se cuenta sean inciertos o incompletos. Se focaliza en el efecto sobre la probabilidad de falla, más que sobre sus consecuencias.

Nace con la intención de decidir cómo invertir mejor los recursos destinados a la inspección de equipos estáticos, lo cual significa una gran cantidad de dinero y a su vez un gran riesgo si no se hace. Sus primeras aproximaciones han sido exitosas, logrando disminuir en grandes medidas los costos de inspección e introducir los conceptos del riesgo industrial a lo largo de la organización.

1.3.10.2 Codificación

Consiste en la asignación de combinaciones alfa numéricas a cada equipo sujeto a acciones de mantenimiento, para su ubicación rápida, secuencial y lógica dentro del Sistema de Servicio, permitiendo su automatización o mecanización mediante el computador para el registro de la información referida a cada objeto.

1.3.10.3 Planificación

Básicamente, la planificación consiste en preparar adecuadamente la ejecución de las tareas. Los siguientes conceptos deben desarrollarse en esta etapa:

Etapas de la Planificación

1. Verificación que se ha agregado valor suficiente. Si esto no es así, puede devolverse la O.T. al emisor.
2. Luego se determinan las diferentes disciplinas técnicas que deben participar, asignando a cada una de ellas la parte que les corresponde y la oportunidad de su ejecución. En algunas empresas se desarrollan “hojas de ruta”.
3. Esta es la actividad técnica más importante. Expertos o conocedores de las diversas disciplinas técnicas, analizan en detalle las actividades que deberán realizarse, desarrollando los siguientes pasos:
 - Visita al lugar de ejecución de las tareas.
 - Análisis de riesgos: seguridad personal y de las instalaciones, cuidado de la salud y del medio ambiente.
 - Comprensión de los fenómenos técnicos involucrados en la falla.
 - Soporte técnico adecuado a la ejecución; por ejemplo procedimientos de trabajo anteriormente preparados para esta reparación. En algunas empresas no se prosigue adelante hasta que un procedimiento haya sido construido. En otras se establecen criterios para decidir si la tarea requiere de un procedimiento escrito, o no.

- Requerimientos de personal y de recursos materiales, insumos, repuestos, equipos auxiliares. Verificación que tales recursos están disponible y emisión de los requerimiento de adquisición de los faltantes.
- Estimación de tiempos y costos.

Estimación de Costos

Previo a su liberación, algunas veces una O.T. implica la realización de muchas actividades o el uso de recursos importantes para su programación y posterior ejecución. La estimación de costos podrá servir para tomar la decisión final de ejecución de las tareas o la búsqueda de otras soluciones.

La estimación de costos, habitualmente requiere de datos históricos de reparaciones similares realizadas o bases de datos con precios unitarios de recursos materiales y humanos. Si la reparación requiriera de una prestación de servicios por terceros, suele solicitarse estimaciones de costos a las compañías que pueden ofrecer el servicio.

1.3.10.4 Programación

La programación del mantenimiento está íntimamente relacionada con la organización y toma de decisiones oportunas que permitan correlacionar el buen ejercicio de las funciones laborales dentro de una empresa.

En el caso de planificación de mantenimiento programado, generalmente los programas cubren períodos de un año. Este tipo de programas son ejecutados por el personal de la Organización de Mantenimiento o por entes foráneos en el caso de actividades cuya ejecución es por contrato y los tipos de frecuencia son más comunes.

La programación puede ser llevada a períodos anuales, semestrales, mensuales, semanales o diarios, dependiendo de la dinámica del proceso y del conjunto

de actividades a ser programadas. Por eso es necesario llevar los registros del tipo de mantenimiento, así como de las tareas ejecutadas y observaciones. Estos registros son:

Orden de Trabajo (O.T.)

La orden de trabajo organiza la ejecución del trabajo y adjunta la información necesaria para la realización de las tareas de mantenimiento.

Cada O.T. de mantenimiento definirá la naturaleza general de trabajo y mostrará las responsabilidades de los diferentes grupos de trabajo quienes son responsables del cumplimiento de las tareas designadas en la orden.

La O.T. debe ser llenada en forma muy detallada tratando de que toda información requerida sea correcta. Esta define directamente parámetros como:

1. Ubicación de trabajo.
2. Jefe de trabajo.
3. Procedimientos que se debe utilizar para la ejecución de la O.T.
4. Descripción del trabajo.
5. Medidas de seguridad Industrial de mantenimiento, adicionales a las del instructivo realizado por la empresa.
6. Personal asignado al trabajo.
7. Ejecución del trabajo, fecha, hora de inicio y de su terminación.
8. Si el trabajo requiere consignación o no.
9. Novedades para la ejecución del trabajo (si las hubiese).

Puede existir algunos datos adicionales como:

- La unidad de trabajo que emite la O.T.
- El número de la O.T.
- Fecha de emisión.

- Firma del jefe disponible.
- Firma del jefe de trabajo.
- Nombre y firma del operador.

La O.T. permite realizar el control del mantenimiento y costos de trabajo y transporte, este documento sirve como medio de información para el grupo, y sirve como un documento historial que va al archivo técnico. En el anexo 1, se observará el modelo de las O.T.

Procedimiento de la orden de trabajo.

El procedimiento es un documento adicional para la O.T. que permite describir detalladamente las actividades que deben cumplir, así como también algunas condiciones que se debe dar para la realización de determinado trabajo.

Algunos de los datos que se deben describir en el procedimiento de la orden de trabajo, son:

- Subestación que emite la O.T.
- Actividades que se va a realizar.
- Equipo en el cual se va a intervenir.
- Código del equipo.
- Procedimientos para realizar la actividad, los pasos que se deben realizar para la ejecución de la actividad.
- Personal requerido.
- Materiales e insumos requeridos.
- Literatura para consultar si ocurre algún inconveniente o para verificar las condiciones del sistema.
- Repuestos y herramientas.
- Riesgos que debe tener el presente grupo de mantenimiento.
- Tiempo estimado para la ejecución del trabajo.
- Observaciones que se produzcan del programa.

Reporte de Trabajo

El reporte de trabajo es un documento adjuntado a las órdenes de trabajo que debe ser llevado al concluir la actividad de mantenimiento por parte del jefe de trabajo.

Este reporte de trabajo consta de:

1. Reporte de trabajo realizado.
2. Novedades.
3. Condiciones en la que deja la instalación.
4. Recomendaciones.
5. Entrega de equipo al personal de operación con los siguientes datos: fecha y la hora de entrega, nombre y firma del operador y jefe de trabajo.
6. Costes de la operación realizada.

NOTA: En el anexo 2, se observará el modelo de los R.T.

1.3.10.5 Ejecución

Cumplidas las etapas de planificación y programación de las O.T., estamos en condiciones de comenzar la ejecución de las tareas.

Aquí tenemos dos actores principales: el operador de las subestaciones que debe entregar el equipo en condiciones de ser intervenido y el operador o equipo de mantenimiento que debe realizar la tarea, establecida en la orden de trabajo, con la planificación (paquete de trabajo) agregada y en las oportunidades establecidas en el programa.

Flujo de las Tareas

Las actividades fluyen de la siguiente manera:

1. El equipo de trabajo o el operador de mantenimiento, analiza el contenido del paquete de trabajo. Una vez que ha comprendido el alcance de la tarea, solicita al operador la disponibilidad del equipo a intervenir.
2. El operador del área desvincula al equipo del proceso.
3. Luego verifica las condiciones del equipo o instalación, incluyendo su visualización en campo. Si fuera necesario, realiza controles de:
 - Presencia de gases explosivos o combustibles.
 - Atmósfera respirable.
 - Equipos desenergizados.
 - Limpieza y eliminación de fluidos propios del proceso.
 - Temperatura.
4. Emite el o los permisos de trabajo necesarios. En todos los casos habrá un permiso de trabajo seguro, que es el permiso básico para todo tipo de tareas dentro de las instalaciones eléctricas; cuando sea necesario agregará permisos especiales para:
 - Trabajos con fuego o en caliente.
 - Trabajos eléctricos de alto riesgo.
 - Trabajos en altura.
 - Excavaciones.
 - Trabajos que involucran radiaciones o riesgo de electrocución.
 - Trabajos que involucran presencia de agentes químicos.
 - Otros.
5. El equipo de trabajo o el operador de mantenimiento, realiza ahora un análisis de los riesgos de la tarea en base de la información recibida en el paquete de trabajo; en el los permisos de trabajo; condiciones climáticas y a su experiencia personal, los riesgos inherentes al trabajo a ejecutar.
6. Evaluado los riesgos adopta las medidas de prevención para evitar tales riesgos. Considerará los siguientes aspectos:

- Equipos de protección personal (EPP). Estos equipos son básicos y habitualmente aplican a todas las tareas dentro del área de proceso (casco, anteojos, protección auditiva, zapatos de seguridad, ropa antifuego, guantes).
 - Arnés de seguridad para trabajos en altura ó fajas de seguridad y trepadoras.
 - Trabajos con fuego o en caliente.
 - Señalizaciones para prevenir o impedir el paso por sectores cercanos.
 - Vallados para excavaciones.
 - Bloqueos mediante tarjetas o candados, para impedir el accionamiento de los equipos.
 - Ropa impermeable adecuada al uso o presencia de agentes químicos.
 - Otros.
7. Estudia el o los procedimientos de trabajo, para asegurarse de la correcta comprensión de los aspectos técnicos y prepara las herramientas, materiales, insumos y repuestos.
 8. Verifica que las condiciones sean adecuadas al trabajo.
 9. Ejecuta la tarea.
 10. Terminadas las tareas, procede a la limpieza del sector, retiro de las señalizaciones, equipos auxiliares, vallados, bloqueos de seguridad, entre otros y a la entrega del equipo, al operador de S/E, para el reinicio de la operación.
 11. El operador verifica la correcta entrega del equipo y procede al reinicio de la operación.
 12. El operador de mantenimiento procede al cierre del o de los permisos de trabajo; y al cierre de la orden de trabajo, incluyendo su reporte técnico y retro-alimentación a la planificación y programación.

1.3.10.6 Retroalimentación (feedback)

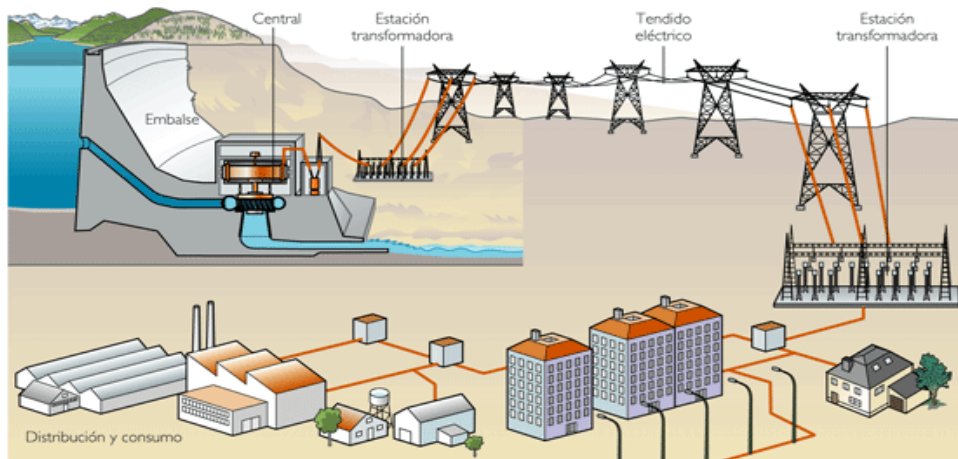
La retroalimentación o feedback se refiere a aquel flujo circular de información que vuelve a introducirse al sistema para informarle acerca de los efectos

de sus acciones anteriores con el objetivo de que se pueda controlar y corregir las acciones futuras, y lograr cumplir los propósitos establecidos.

1.4 SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

Un sistema eléctrico de potencia está compuesto por: la generación, transmisión y distribución (figura 1.8), podemos observar como existe una estrecha relación entre las subestaciones eléctricas, líneas de transmisión y centrales generadoras; por razones técnicas (aislamiento, enfriamiento, etc.), los voltajes de generación en las centrales generadoras son relativamente bajos en relación con los voltajes de transmisión, por lo que si la energía eléctrica se va a transportar a grandes distancias estos voltajes de generación resultarían antieconómicos, debido a que se tendría gran caída de voltajes. De aquí se presenta la necesidad de transmitir la energía eléctrica a voltajes más elevados que resulten más económicos.

FIGURA 1.8.- SISTEMA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO



FUENTE: COMMEL, GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA.

ELABORADO POR: COMMEL

1.4.1 Definición de una Subestación Eléctrica

Una subestación eléctrica (S/E) es el conjunto de elementos o dispositivos que nos permiten cambiar las características de energía eléctrica (voltaje, corriente,

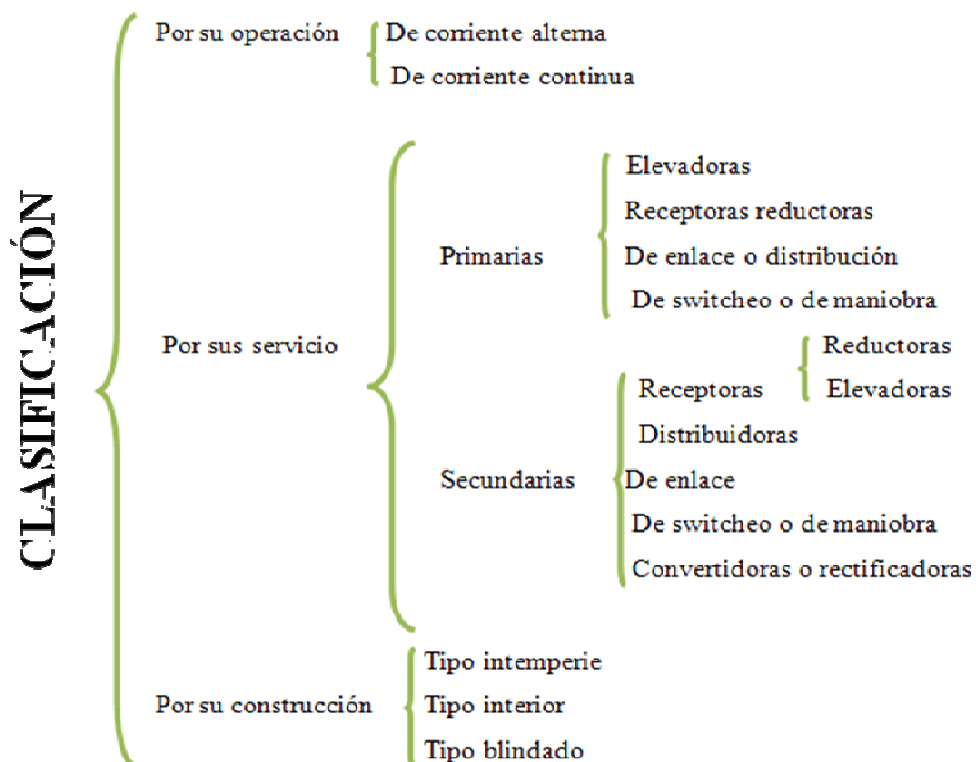
frecuencia, entre otros.), tipo C.A. a C.C., o bien, conservarle dentro de ciertas características. Una subestación eléctrica no es más que una de las partes que intervienen en el proceso de generación-consumo de energía eléctrica.

En la figura 1.9, se puede observar la clasificación de una subestación eléctrica.

1.4.2 Diagrama Unifilar

El diagrama unifilar de una S/E es el resultado de conectar en forma simbólica y a través de un solo hilo todo el equipo que forma parte de la instalación considerando la secuencia de operación de cada uno de los circuitos que resulta del estudio de las necesidades de carga; tomando en cuenta que tipo de esquema de barras o bahías se utiliza en las S/E. En el anexo 3, se observan los símbolos que se utilizan en el diagrama unifilar.

FIGURA 1.9.- CLASIFICACIÓN DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA



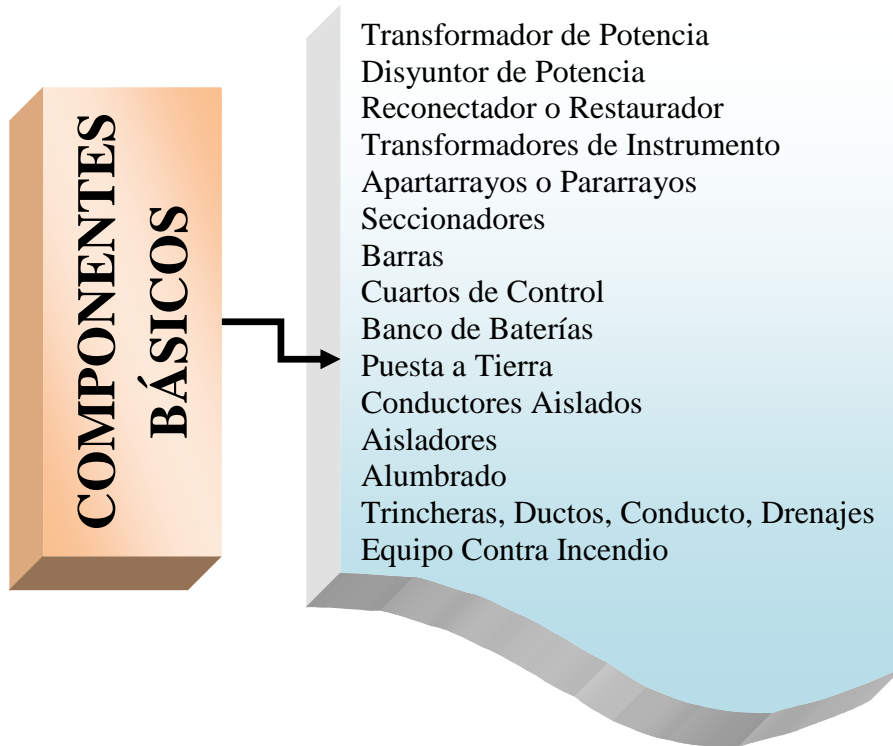
FUENTE: ENRÍQUEZ HARPER, GILBERTO; ELEMENTOS DE DISEÑO DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

1.4.3 Componentes Básicos de Una Subestación Eléctrica

Las S/E están constituidas por los siguientes componentes básicos que se describen en la figura 1.10:

FIGURA 1.10.- COMPONENTES BÁSICOS DE LAS S/E

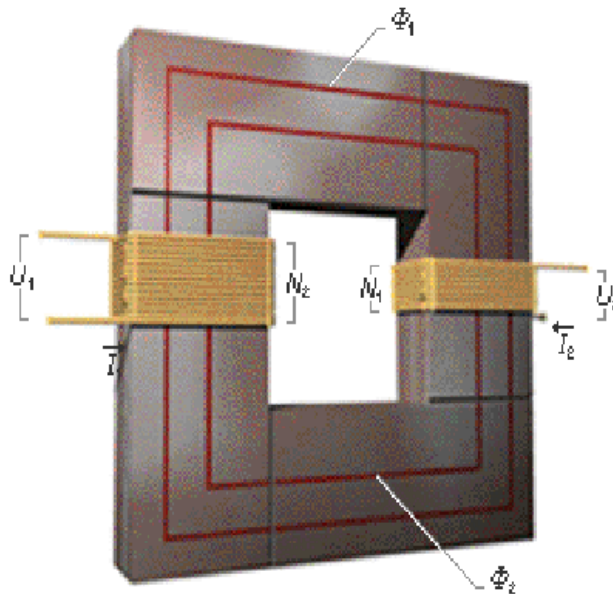


FUENTE: ENRÍQUEZ HARPER, GILBERTO; ELEMENTOS DE DISEÑO DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS
ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

1.4.3.1 Transformador de Potencia

El transformador (figura 1.11 y 1.12) es una máquina eléctrica de corriente alterna que no tiene partes móviles. Consta de dos bobinas de alambre no magnético aisladas entre sí y montadas estas en un núcleo magnético, todo esto sumergido en aceite aislante contenido en un tanque. (También se construyen transformadores de tipo seco). El transformador puede ser utilizado como elevador de tensión o reductor de tensión, dependiendo esto de la relación de vueltas entre el devanado primario y el devanado secundario (n_1/n_2).

FIGURA 1.11.- NÚCLEO DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA



FUENTE: ITESCAM, MAGNETISMO
ELABORADO POR: ITESCAM

Los valores nominales que definen a un transformador son:

- Potencia aparente (S).
- Tensión (V).
- Corriente (I).
- Frecuencia (f).

Un transformador es un dispositivo que:

- Transfiere energía eléctrica de un circuito a otro conservando la frecuencia constante.
- Lo hace bajo el principio de inducción electromagnética.
- Tienen circuitos eléctricos que están eslabonados magnéticamente y aislados eléctricamente.
- Usualmente lo hace con un cambio de voltaje, aunque esto no es necesario.

DONDE:

N = número de espiras.

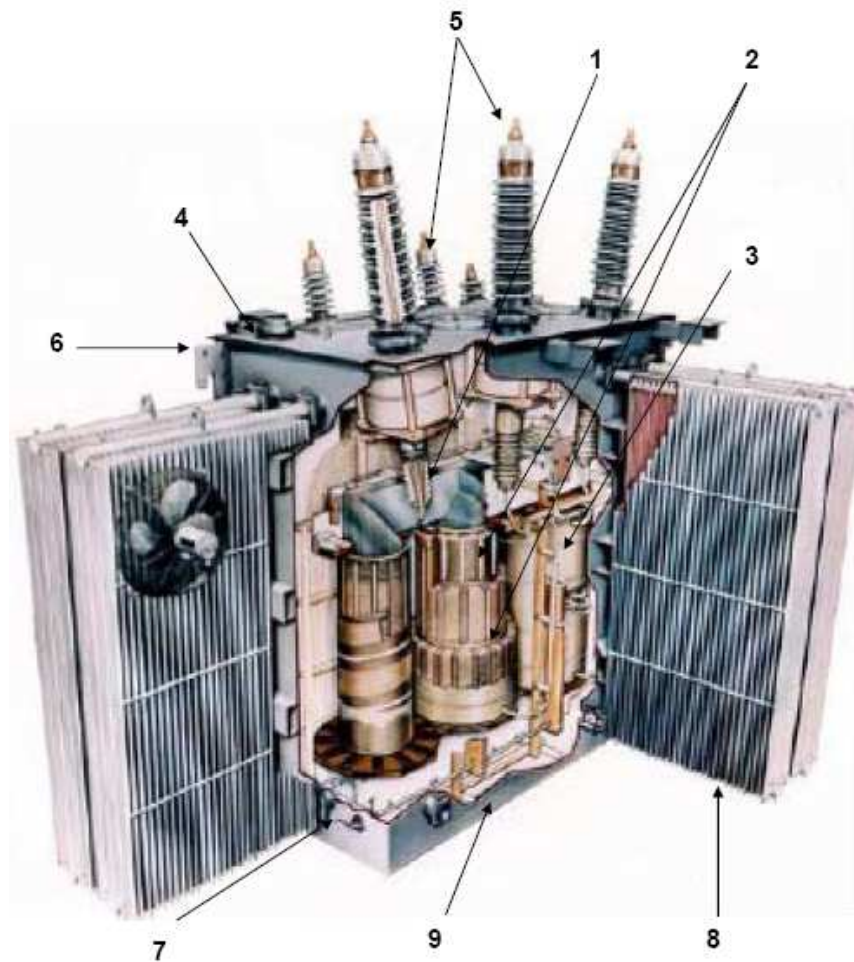
U = voltaje.

I = intensidad de corriente.

Φ = flujo magnético.

A continuación se observan las partes de un transformador de potencia, con sus respectivos elementos y accesorios constitutivos:

FIGURA 1.12.- TRANSFORMADOR DE POTENCIA



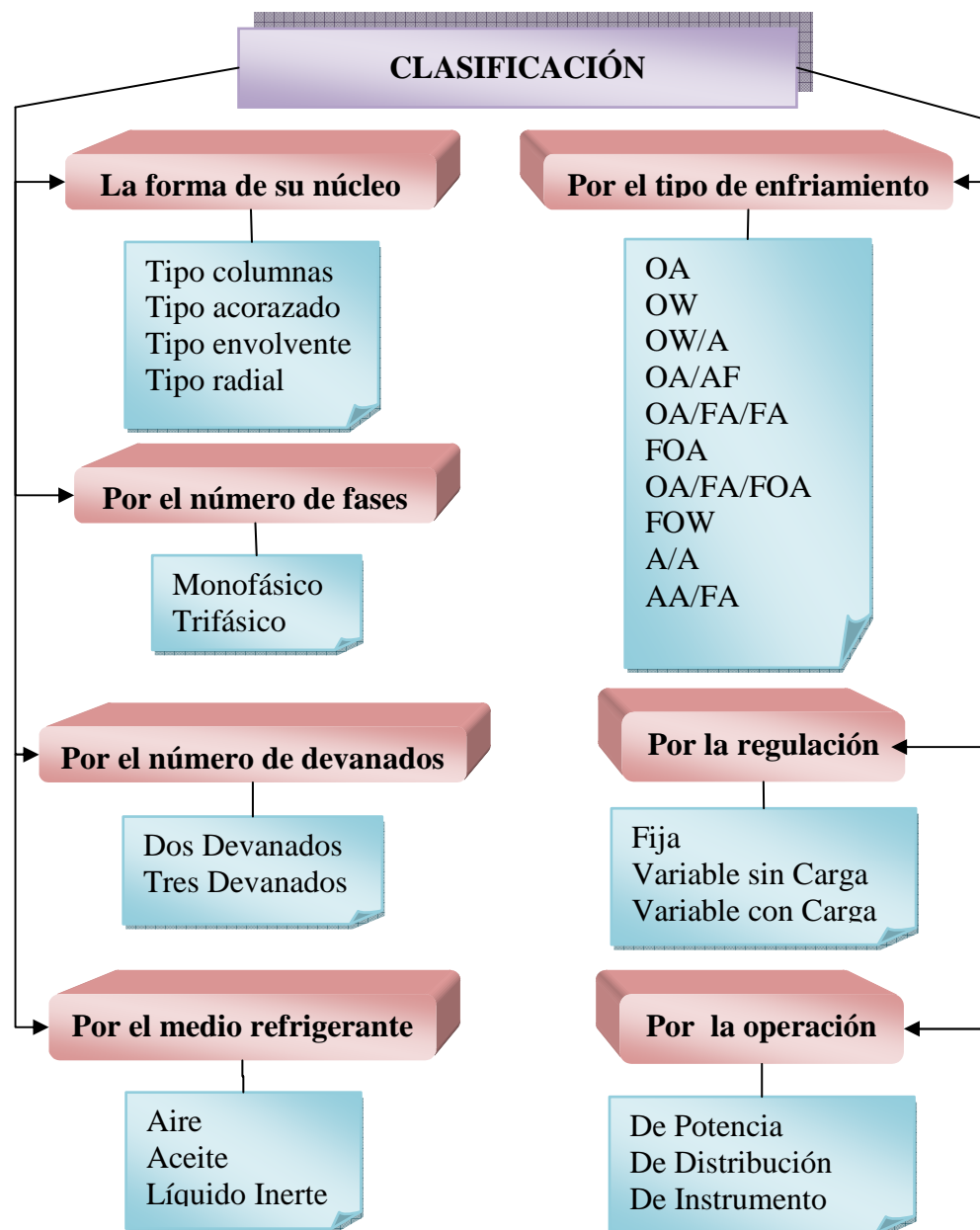
FUENTE: PRUEBAS PARA UNA S/E HIBRIDA EN SF6
ELABORADO POR: LUIS GUTIÉRREZ Y JOSÉ HERNÁNDEZ

- | | |
|------------------------------------|-------------------------|
| 1. Núcleo de circuitos magnéticos. | 3. Aislantes. |
| 2. Devanados de A.T. y B.T. | 4. Tanque o recipiente. |

5. Boquillas de A.T. y B.T.
6. Ganchos de sujeción.
7. Válvula de drenaje.
8. Tubos radiadores.
9. Base.

La clasificación de los transformadores se la puede observar en la figura 1.13.

FIGURA 1.13.- CLASIFICACIÓN DE LOS TRANSFORMADORES

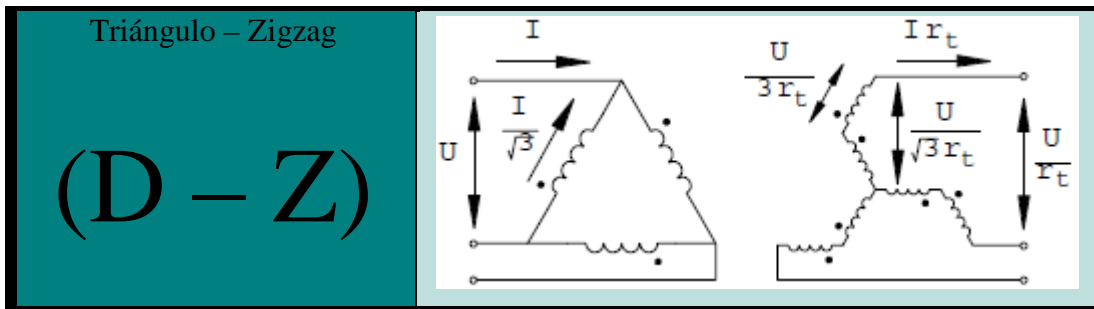


FUENTE: ENRÍQUEZ HARPER, GILBERTO; ELEMENTOS DE DISEÑO DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS
ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

A continuación se ilustran las conexiones típicas de los transformadores de potencia.

FIGURA 1.14.-CONEXIONES TÍPICAS DE LOS TRANSFORMADORES

CONEXIÓN Y SIMBOLO	DIAGRAMA
Estrella – Estrella (Y – Y)	
Estrella – Triángulo (Y – D)	
Triángulo – Estrella (D – Y)	
Triángulo – Triángulo (D – D)	
Estrella – Zigzag (Y – Z)	



FUENTE: ENRÍQUEZ HARPER, GILBERTO; ELEMENTOS DE DISEÑO DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS
ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

1.4.3.2 *Disyuntor de Potencia*

Un disyuntor o interruptor es un dispositivo cuya función es interrumpir y restablecer la continuidad en un circuito eléctrico.

Si la operación se efectúa sin carga (corriente), el disyuntor recibe el nombre de desconectador o cuchilla desconectadora.

Si en cambio la operación de apertura o cierre la efectúa con carga (corriente nominal) o con corriente de corto circuito (en caso de alguna perturbación), el interruptor recibe el nombre de disyuntor o interruptor de potencia. La interrupción la deben efectuar con carga o corriente de corto circuito. Se construyen en los tipos generales:

- Disyuntor de aceite.
- Disyuntor neumático.
- Disyuntor en vacío.
- Disyuntor en hexafluoruro de azufre (SF₆).

Disyuntor de Aceite

Los disyuntores o interruptores en aceite se pueden clasificar en tres grupos:

- Disyuntor de gran volumen de aceite.
- Disyuntor de gran volumen de aceite con cámara de extinción.
- Disyuntor de pequeño volumen de aceite.

Disyuntor en gran volumen de aceite.

Estos disyuntores o interruptores reciben ese nombre debido a la gran cantidad de aceite que contienen; generalmente se construyen en tanques cilíndricos y pueden ser monofásicos o trifásicos. Los trifásicos son para operar a voltajes relativamente pequeños y sus contactos se encuentran contenidos en un recipiente común, separados entre sí por separadores (aislantes).

Por razones de seguridad, en tensiones elevadas se emplean disyuntores monofásicos (uno por fase en circuitos trifásicos).

En general el tanque se construye cilíndrico, debido a las fuertes presiones internas que se presentan durante la interrupción. También el fondo del tanque lleva "costillas" de refuerzo, para soportar estas presiones.

Disyuntor en gran volumen de aceite con cámara de extinción.

Los disyuntores de grandes capacidades con gran volumen de aceite originan fuertes presiones internas que en algunas ocasiones pueden ocasionar explosiones. Para disminuir estos riesgos, se idearon dispositivos donde se forman las burbujas de gas, reduciendo las presiones a un volumen menor. Estos dispositivos reciben el nombre de "cámaras de extracción" y dentro de estas cámaras se extingue el arco.

El procedimiento de extinción es el siguiente:

- Al ocurrir una falla, se separan los contactos que se encuentran dentro de la cámara de extinción.

- Los gases que se producen tienden a escapar, pero como se hallan dentro de la cámara que contiene aceite, originan una violenta circulación de aceite que extingue el arco.
- Cuando el contacto móvil sale de la cámara, el arco residual se acaba de extinguir, entrando nuevamente aceite frío a la cámara.
- Cuando los arcos se han extinguido, se cierran los elementos de admisión de la cámara.

Los elementos principales de la cámara de extinción en los disyuntores de gran volumen de aceite lo constituyen los contactos móviles. Estos contactos se pueden accionar en general de tres maneras distintas:

- Mecánicamente, por medio de sistemas volante-bielas o engrane-bielas.
- Magnéticamente, por medio de un electroimán conocido como bobina de disparo que acciona el trinquete de retención de los contactos móviles al ser energizado; se puede energizar manualmente (por medio de botón) o automáticamente (por medio de relevador).
- La acción de conexión o desconexión se puede efectuar substituyendo el volante o los engranes con un motor eléctrico que puede operarse a control remoto.

Ventajas:

- Construcción sencilla.
- Alta capacidad de ruptura.
- Pueden usarse en operación manual y automática.
- Pueden conectarse transformadores de corriente en los bushings de entrada.

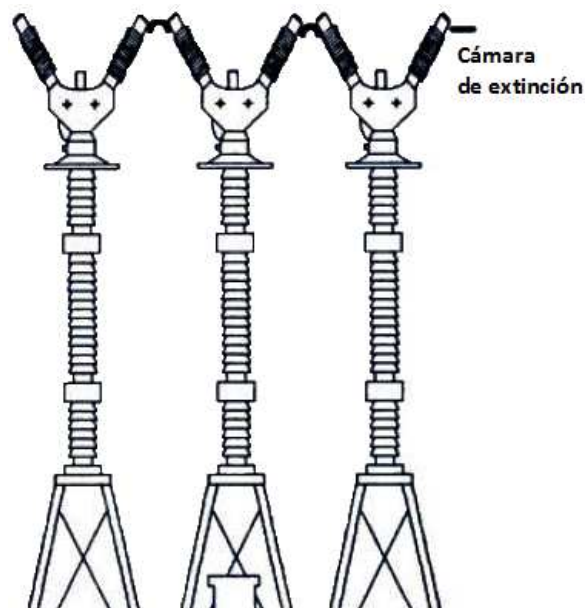
Desventajas:

- Posibilidad de incendio o explosión.
- Necesidad de inspección periódica de la calidad y cantidad de aceite en el estanque.
- Ocupan una gran cantidad de aceite mineral de alto costo.
- No pueden usarse en interiores.
- No pueden emplearse en conexión automática.
- Los contactos son grandes y pesados y requieren de frecuentes cambios.
- Son grandes y pesados.

Disyuntor de pequeño volumen de aceite.

Los disyuntores de reducido volumen de aceite reciben desde nombre debido a que su cantidad de aceite es pequeña en comparación con los del gran volumen. (Su contenido de aceite varía entre 1.5 y 2.5% del que contienen los gran volumen).

FIGURA 1.15.- DISYUNTOR DE PEQUEÑO VOLUMEN DE ACEITE



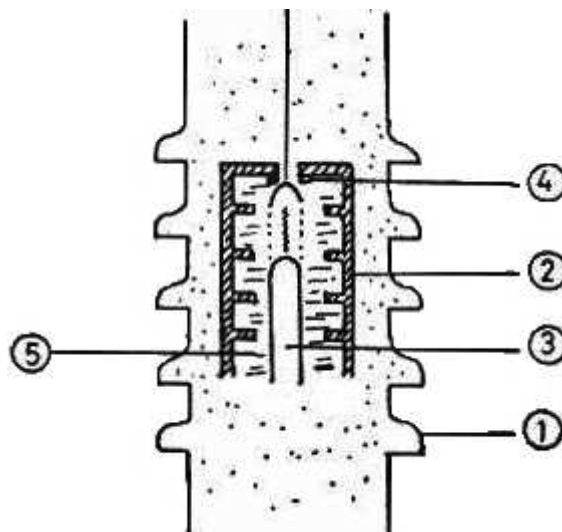
FUENTE: ENRÍQUEZ HARPER, GILBERTO; ELEMENTOS DE DISEÑO DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

ELABORADO POR: ENRÍQUEZ HARPER

Se construye para diferentes capacidades y voltajes de operación y su construcción es básicamente una cámara de extinción modificada que permite mayor flexibilidad de operación.

En este tipo de disyuntores la cámara de extinción del arco consiste fundamentalmente de las siguientes partes:

FIGURA 1.16.- CÁMARA DE EXTINCIÓN DEL ARCO



FUENTE: ENRÍQUEZ HARPER, GILBERTO; ELEMENTOS DE DISEÑO DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

ELABORADO POR: ENRÍQUEZ HARPER

1. Parte externa.
2. Cuerpo de la cámara.
3. Contacto móvil.
4. Contacto fijo arco eléctrico.
5. Aceite.

Disyuntor en Aire (Neumáticos)

Su diseño se origina ante la necesidad de peligro de inflamación y explosión del aceite. La extinción del arco se produce por la acción violenta de chorro de aceite que barre el aire ionizado por efecto del arco.

Ventajas:

- Ofrece mejores condiciones de seguridad, ya que evita explosiones e incendios.
- Interrumpe las corrientes de falla en menos ciclos (3 a 5).
- Disminuye la posibilidad de reencebados de arco.
- Es más barato.

Desventajas:

- Posee una compleja instalación debido a la red de aire comprimido, que incluye motor, compresor, tuberías, entre otros.
- Construcción más compleja.
- Mayor costo.
- Nivel de ruido alto al operar.

Disyuntor en Vacío

La alta rigidez dieléctrica que presenta el vacío (es el aislante perfecto) ofrece una excelente alternativa para apagar en forma efectiva el arco. En efecto, cuando un circuito en corriente alterna se desenergiza separando un juego de contactos ubicados en una cámara en vacío, la corriente se corta al primer cruce por cero o antes, con la ventaja de que la rigidez dieléctrica entre los contactos aumenta en razón de miles de veces mayor a la de un interruptor convencional (1 kV por μs para 100 A en comparación con 50 V/ μs para el aire). Esto hace que el arco no vuelva a reencenderse. Estas propiedades hacen que el interruptor en vacío sea más eficiente, liviano y económico.

FIGURA 1.17.- DISYUNTOR EN VACÍO



FUENTE: FIME, ELEMENTOS CONSTITUTIVOS S/E
ELABORADO POR: FIME

La presencia del arco en los primeros instantes después de producirse la apertura de los contactos se debe principalmente a:

- Emisión termoiónica.
- Emisión por efecto de campo eléctrico.

Ventajas:

- Tiempo de operación muy rápida, en general la corriente se anula a la primera pasada por cero.
- Rigidez dieléctrica entre los contactos se restablece rápidamente impidiendo la reignición del arco.
- Son menos pesados y más baratos.
- Prácticamente no requieren mantenimiento y tiene una vida útil mucho mayor a los interruptores convencionales.
- Especial para uso en sistemas de baja y media tensión.

Desventajas:

- Dificultad para mantener la condición de vacío.
- Generan sobretensiones, producto del elevado di/dt .
- Tienen capacidad de interrupción limitada.

Disyuntor de Hexafloruro de Azufre (SF6)

El hexafloruro de azufre (SF6) tiene excelentes propiedades aislantes y para extinguir arcos eléctricos, razón por la que ha sido usado exitosamente, por más de veinte años en la construcción de equipo en alta tensión. En el caso de los interruptores el uso del SF6 representa una solución ventajosa, funcional y económica. Otra gran ventaja es el mantenimiento relativamente reducido en comparación con otros interruptores. Actualmente se fabrican en tensiones de hasta 800 kV y corrientes de corto circuito de hasta 63 kA con dos cámaras de interrupción por polo; dependiendo del voltaje y de la capacidad interruptiva.

FIGURA 1.18.- DISYUNTORES HEXAFLORURO DE AZUFRE (SF6)



**FUENTE: HEAG, POWER TRANSMISSION
ELABORADO POR: HEAG**

Se encuentran disponibles en diferentes versiones:

- Con cámara sencilla hasta 245 kV y 50 kA.
- Con dos cámaras y columna sencilla entre 245-550 kV y 63 kA.
- Con cuatro cámaras y dos columnas hasta 800 kV y 63 kA.

Cada polo de un disyuntor consiste ya sea de una, dos o cuatro cámara interruptivas arregladas en serie. El uso de este tipo de interruptores se ha hecho extensivo en las subestaciones eléctricas de alta tensión, pero también en aquellas de mediana tensión usadas frecuentemente en aplicaciones industriales.

Ventajas:

- Alta rigidez dieléctrica que hace que sea un excelente aislante.
- Altamente estable, inerte, inodoro.
- Son menos pesados.
- Bajo mantenimiento.
- Bajo nivel de ruido.

Desventajas:

- El SF₆ es 2500 veces más potente que el CO₂ para producir efectos invernaderos.
- Pueden generar productos altamente tóxicos durante la extinción del arco, sin embargo dada su alta estabilidad estos productos tiene poca vida.

1.4.3.3 Reconectador o Restaurador

En los sistemas de distribución, además del problema de protección de los equipos eléctricos, se presenta el de la continuidad del servicio, es decir, la protección que se plantea en las redes de distribución se hace pensando en los dos factores mencionados anteriormente. Para satisfacer esta necesidad es ideo un interruptor

de operación automática que no necesita de accionamiento manual para sus operaciones de cierre y apertura (la operación manual se refiere al mando por control remoto), construido de manera que un disparo o cierre esta calibrado de antemano y operándolo bajo una secuencia lógica predeterminada y constituye un interruptor de operación automática con características de apertura y cierre regulables de acuerdo con las necesidades de la red de distribución que se va a proteger. Este interruptor recibe por tales condiciones el nombre de restaurador.

Un restaurador no es más que un interruptor en aceite con sus tres contactos dentro de un mismo tanque y que opera en capacidades interruptivas relativamente bajas y tensiones no muy elevadas.

FIGURA 1.19.- RECONECTADOR O RESTAURADOR



FUENTE: S/E ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

Los restauradores normales están contruidos para funcionar con tres operaciones de recierre y cuatro aperturas, con intervalo entre una y otra, calibrado anteriormente en la última apertura y el cierre se lo hace de manera manual, ya que indica que la falla es permanente.

El operador, maniobra semejante a un interruptor trifásico, ya que sus contactos móviles son accionados por un vástago común, conectado y desconectado en forma simultánea.

El proceso de apertura y cierre se puede describir brevemente como sigue:

- Cuando ocurre una falla la bobina de disparo se energiza y actúa sobre un trinquete mecánico que hace caer a los contactos móviles.
- Los contactos móviles disponen de resortes tensionados de tal forma que la apertura es rápida. Al caer los contactos móviles energiza la bobina de recierre que se encuentra calibrado para operar con cierto intervalo.
- La bobina de recierre acciona un dispositivo mecánico que opera los contactos móviles, conectado nuevamente con los contactos fijos.
- Si la falla es transitoria, el restaurador queda conectado y preparado para otra falla, si la falla es permanente, repetirá todo el proceso anterior hasta quedar fuera según sea el número de recierres para el cual se ha calibrado.

La interrupción del arco tiene lugar en una cámara de extinción que contiene a los contactos.

Los diferentes tipos de restauradores se describen a continuación:

Restaurador Tipo R

El restaurador tipo R es semejante en su construcción al tipo W, pero se emplea para capacidades menores. A continuación se da algunos datos de este tipo de restaurador.

- Voltaje nominal 2.4-14.4 kV.
- Corriente nominal 25-400 A.
- Voltaje de diseño 15.5 kV”.

Restaurador Tipo W

Se construye trifásico, en forma parecida al tipo R, pero es un poco más robusto.

- Voltaje nominal 2.4-14.4 kV.
- Corriente nominal 100-560 A.
- Voltaje de diseño 15.5 kV.

NOTA: Para obtener los amperes asimétricos multiplíquese los valores de corriente simétrica del restaurador R por 1.48 y los del tipo W por 1.51. En el anexo 4, se puede ver las capacidades interruptivas del restaurador tipo R y W.

1.4.3.4 Transformadores de Instrumento

Se denominan transformadores de instrumento a los que se emplean para la alimentación de equipos de medición, control o protección. Los transformadores para instrumento se dividen en dos clases:

1. Transformadores de corriente.
2. Transformadores de potencial.

Transformadores de Corriente (TC)

El transformador de corriente tiene como función cambiar el valor de la corriente de uno más o menos elevado a otro con el cual se puedan alimentar instrumentos de medición, control o protección, como amperímetros, wáttmetros, instrumentos registradores, relevadores de sobrecorriente, entre otros.

Su construcción es semejante a la de cualquier tipo de transformador, ya que fundamentalmente consiste de un devanado primario y un devanado secundario. La capacidad de estos transformadores es muy baja, se determina sumando

las capacidades de los instrumentos que se van a alimentar, y puede ser 15, 30, 50, 60 y 70 VA.

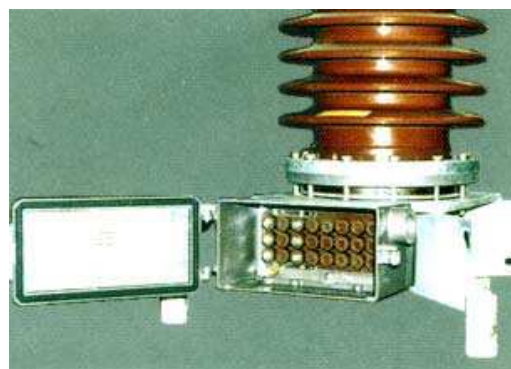
Estos transformadores son generalmente de tamaño reducido y el aislamiento que se emplea en su construcción tiene que ser de muy buena calidad, pudiendo ser en algunos casos resinas sintéticas (compound), aceite o líquidos no inflamables (piranol, clorextol, entre otros).

Como estos transformadores normalmente van a estar conectados en sistemas trifásicos, las conexiones que pueden hacerse con ellos son las conexiones normales trifásicas entre transformadores (delta-delta, delta-estrella, entre otras).

Es muy importante que en cualquier conexión trifásica se conecten correctamente los devanados de acuerdo con sus marcas de polaridad y siempre conectar el lado secundario a tierra.

Hay transformadores de corriente que operan con corrientes relativamente bajas; estos transformadores pueden construirse sin devanado primario, ya que el primario lo constituye la línea a la que va a conectarse. En este caso, a los transformadores se les denomina tipo dona.

FIGURA 1.20.- TRANSFORMADOR DE CORRIENTE



FUENTE: UTN, MATERIALES DE EQUIPOS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

ELABORADO POR: UTN

Las relaciones de transformación son de diferentes valores, pero la corriente en el devanado secundario normalmente es de 5 amperes.

Los transformadores de corriente pueden ser de medición, de protección, mixtos o combinados.

Transformador de medición.

Los transformadores cuya función es medir, requieren reproducir fielmente la magnitud y el ángulo de fase de la corriente. Su precisión debe garantizarse desde una pequeña fracción de corriente nominal del orden del 10%, hasta un exceso de corriente del orden del 20%, sobre el valor nominal.

Transformadores de protección.

Los transformadores cuya función es proteger un circuito, requieren conservar su fidelidad hasta un valor de 20 veces la magnitud de la corriente nominal, cuando se trata de grandes redes con altas corrientes puede ser necesario requerir 30 veces la corriente nominal.

En el caso de los relés de sobrecorriente, sólo importa la relación de transformación, pero en otro tipo de relés, como pueden ser los de impedancia, se requiere además de la relación de transformación, mantener el error del ángulo de fase dentro de valores predeterminados.

Transformadores mixtos.

En este caso, los transformadores se diseñan para una combinación de los dos casos anteriores, un circuito con el núcleo de alta precisión para los circuitos de medición y uno o dos circuitos más, con sus núcleos adecuados, para los circuitos de protección.

Transformadores combinados.

Son aparatos que bajo una misma cubierta albergan un transformador de corriente y otro de tensión. Se utilizan en estaciones de intemperie fundamentalmente para reducir espacios.

La potencia nominal de los TC es la potencia aparente secundaria expresada en VA bajo una corriente determinada y que se indica en la placa característica. Para escoger la potencia nominal de un TC, se suman las potencias de todos los aparatos conectados en serie en el devanado secundario y se escoge el inmediato superior.

Transformadores de Potencial (TP)

Se denomina transformador de potencial a aquel cuya función principal es transformar los valores de voltaje sin tomar en cuenta la corriente. Estos transformadores sirven para alimentar instrumentos de medición, control y protección que requieren señal de voltaje.

FIGURA 1.21.- TRANSFORMADOR DE POTENCIAL



FUENTE: UTN, MATERIALES DE EQUIPOS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

ELABORADO POR: UTN

Los TP se construyen con un devanado primario y otro secundario; su capacidad es baja, ya que se determina sumando las capacidades de los instrumentos de medición que se van alimentar y varían de 15 a 60 VA. Los aislamientos empleados son de buena calidad y en general los mismos que se usan en la fabricación de los transformadores de corriente.

Se construyen para diferentes transformaciones, pero el voltaje en el devanado secundario es normalmente 115 V. Para sistemas trifásicos se conecta en cualquiera de las conexiones trifásicas conocidas, según las necesidades. Debe tenerse cuidado que sus devanados estén conectados correctamente de acuerdo con sus marcas de polaridad.

Los TP tienen diferente precisión de acuerdo con el empleo que se les dé. A esta precisión se le denomina clase de precisión y se la selecciona con la siguiente lista:

1. Los pertenecientes a esta clase son generalmente transformadores patrones empleados en laboratorios para calibración por contrastación.
2. Los de esta clase se pueden emplear como transformadores patrones o para alimentar instrumentos que requieran mucha precisión, como son instrumentos registradores, controladores, aparatos integradores, entre otros.
3. Los transformadores pertenecientes a esta clase se emplean comúnmente para alimentar instrumentos de medición normal, como son ampérmetros, vóltmetros, wáttmetros, vármetros, etc.
4. Los transformadores para instrumento que pertenecen a esta clase son empleados normalmente para alimentar instrumentos de protección, como son relevadores. La tolerancia permitida en esta clase es de 2.5 al 10%.

La potencia en los TP, es la potencia secundaria expresada en VA que se obtiene a tensión y frecuencia nominal.

Para escoger la potencia nominal de un TP se suman las potencias que consumen las bobinas de todos los aparatos conectados en paralelo con los devanados secundarios más las pérdidas por el efecto de caída de tensión que se produce en los cables de alimentación sobre todo si son distancias importantes.

1.4.3.5 Pararrayos o Apartarrayos

El pararrayo o apartarrayo es un dispositivo que nos permite proteger las instalaciones contra sobretensiones de origen atmosférico o sobretensiones por fallas en el sistema.

FIGURA 1.22.- PARARRAYOS O APARTARRAYO



FUENTE: MACIAS, DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA
ELABORADO POR: MACIAS

Las ondas que se presentan durante una descarga atmosférica viajan a la velocidad de la luz y dañan el equipo si no se le tiene protegido correctamente; para la protección del mismo se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Descargas directas sobre la instalación.
- Descargas indirectas.

El apartarrayo es un dispositivo que se encuentra conectado permanentemente en el sistema y opera cuando se presenta una sobretensión de determinada magnitud, descargando la corriente a tierra.

Su principio general de operación se basa en la formación de un arco eléctrico entre dos explosores, cuya separación está determinada de antemano de acuerdo con la tensión a la que va a operar.

Se fabrican diferentes tipos de apartarrayos, basados en el principio general de operación; por ejemplo, los más empleados son los conocidos como "apartarrayos tipo autovalvular" y "apartarrayos de resistencia variable".

El Apartarrayos Tipo Autovalvular

Este tiene varias chapas de explosores conectados en serie por medio de las resistencias variables, cuya función es dar una operación más sensible y precisa. Se emplea en los sistemas que operan a grandes tensiones, ya que representa una gran seguridad de operación.

El Apartarrayos de Resistencia Variable

Su principio de operación es el principio general, es decir, con dos explosores conectados en serie a una resistencia variable. Se emplea en tensiones medianas y tiene mucha aceptación en sistemas de distribución.

La función del apartarrayos no es eliminar las ondas de sobretensión presentadas durante las descargas atmosféricas, sino limitar su magnitud a valores que no sean perjudiciales para las máquinas del sistema. Las ondas que normalmente se presentan son de 1.5 x 40 microsegundos (onda americana) y 1 x 40 microsegundos (onda europea). Esto quiere decir que alcanza su valor de frente en 1.5 a 1 microsegundos (tiempo de frente de onda). La figura 1.23, hace referencia al frente de onda.

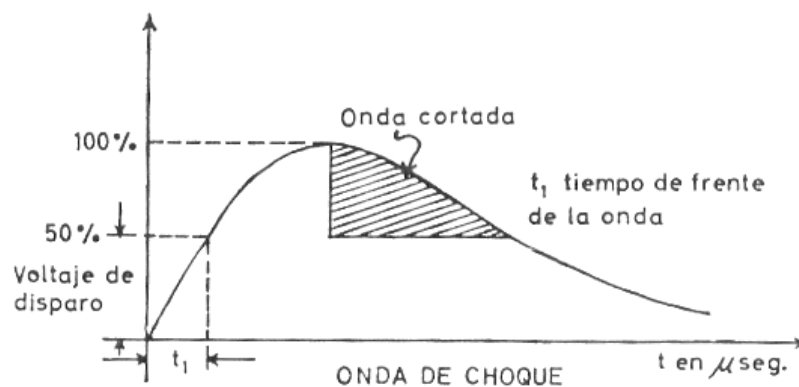
La función del apartarrayos es cortar su valor máximo de onda (aplanar la onda).

Las sobretensiones originadas por descargas indirectas se deben a que se almacenan sobre las líneas cargas electrostáticas que al ocurrir la descarga se parten en dos y viajan en ambos sentidos de la línea a la velocidad de la luz.

Los apartarrayos protegen también a las instalaciones contra descargas directas, para lo cual tiene un cierto radio de protección. Para dar mayor seguridad a las instalaciones contra descargas directas se instalan unas varillas conocidas como bayonetas e hilos de guarda semejantes a los que se colocan en las líneas de transmisión.

La tensión a la que operan los apartarrayos se conoce técnicamente como tensión de cebado del apartarrayo.

FIGURA 1.23.- FRENTE DE ONDA



FUENTE: ENRÍQUEZ HARPER, GILBERTO; ELEMENTOS DE DISEÑO DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS
ELABORADO POR: ENRÍQUEZ HARPER

1.4.3.6 Cuchillas Fusibles

La cuchilla fusible es un elemento de conexión y desconexión de circuitos eléctricos. Tiene dos funciones: como cuchilla desconectadora, para lo cual se conecta y desconecta; y como elemento de protección.

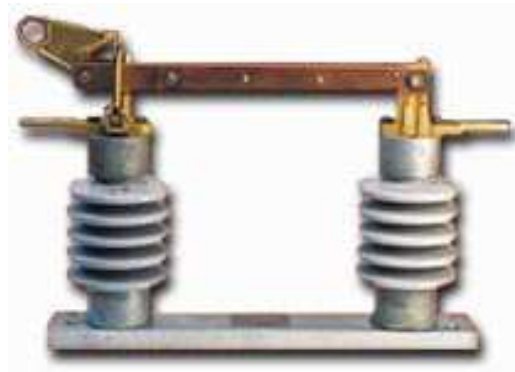
El elemento de protección lo constituye el dispositivo fusible, que se encuentra dentro del cartucho de conexión y desconexión. El dispositivo fusible

se selecciona de acuerdo con el valor de corriente nominal que va a circular por él, pero los fabricantes tienen el correspondiente valor de corriente de ruptura para cualquier valor de corriente nominal.

Los elementos fusibles se construyen fundamentalmente de plata (en casos especiales), cobre electrolítico con aleación de plata, o cobre aleado con estaño.

La cuchilla desconectadora es un elemento que sirve para desconectar físicamente un circuito eléctrico. Por lo general, se operan sin carga.

FIGURA 1.24.- CUCHILLA SECCIONADORA DE OPERACIÓN SIN CARGA



FUENTE: MACIAS, DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA
ELABORADO POR: MACIAS

Clasificación de Cuchillas Seccionadoras

Por su operación.

- Con carga (Tensión nominal).
- Sin carga (Tensión nominal).

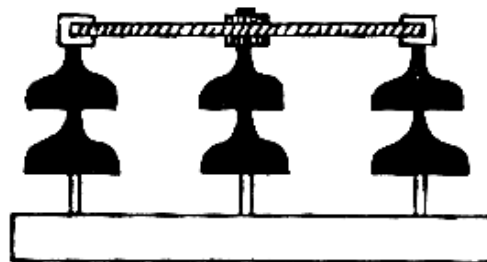
Por su accionamiento.

- Manual directo o con pértiga.
- Automático con motor eléctrico neumático.

Por su forma de desconexión.

- **Con tres aisladores: dos fijos y uno giratorio al centro (Horizontal) llamado de doble arco.**- Estas cuchillas se emplean sobre todo en subestaciones tipo intemperie con corrientes elevadas y tensiones del orden de 34.5 kV; son generalmente operadas en grupo, por mando eléctrico. No representan peligro para el operario, ya que es grande la separación entre polos.

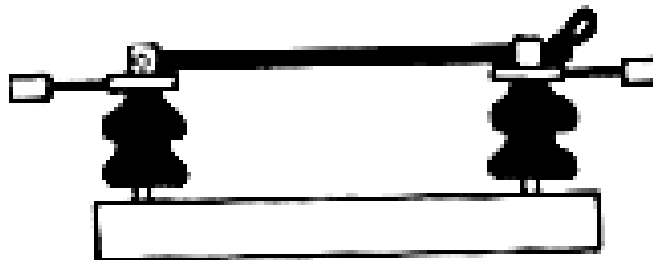
FIGURA 1.25.- CUCHILLA DE DOBLE ARCO



FUENTE: TOMAS & BETTS, JOSLYN™ HI-VOLTAGE
ELABORADO POR: FG. JOSLYN™ HI-VOLTAGE

- **Con dos aisladores (accionados por pértiga), operación vertical.**-Este tipo de cuchillas es de los más usuales por su operación simple, pueden emplearse en instalaciones interiores o a la intemperie. Para usos interiores se recomienda usarla en tensiones no mayores de 23 kV, para operación con pértiga, el lugar donde se pare el operario para efectuar la desconexión debe ser de acuerdo con las normas de seguridad (una madera con capa de hule).

FIGURA 1.26.- CUCHILLA DE OPERACIÓN VERTICAL



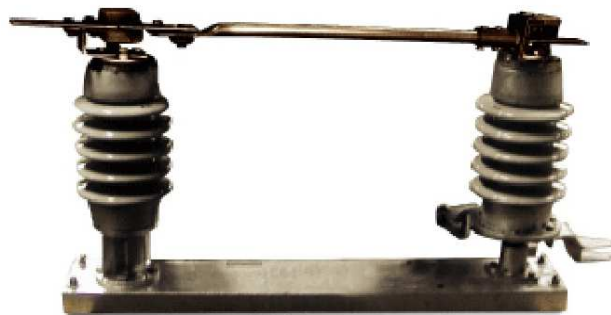
FUENTE: TOMAS & BETTS, JOSLYN™ HI-VOLTAGE
ELABORADO POR: FG. JOSLYN™ HI-VOLTAGE

Para montaje a la intemperie puede usarse en cualquiera de las tensiones normales de operación, con mando por barra o motor eléctrico.

- **Con dos aisladores: uno fijo y otro giratorio en el plano horizontal.-** Este tipo de cuchillas es de uso a la intemperie generalmente. Presentan muchas ventajas cuando son accionadas neumáticamente; por tal razón, es conveniente emplearlas cuando se disponga de aire comprimido. Se usan para cualquiera de las tensiones normales de operación. Pueden accionarse también por barra o motor eléctrico.

Tienen el inconveniente de que la hoja de desconexión se desajusta después de varias operaciones.

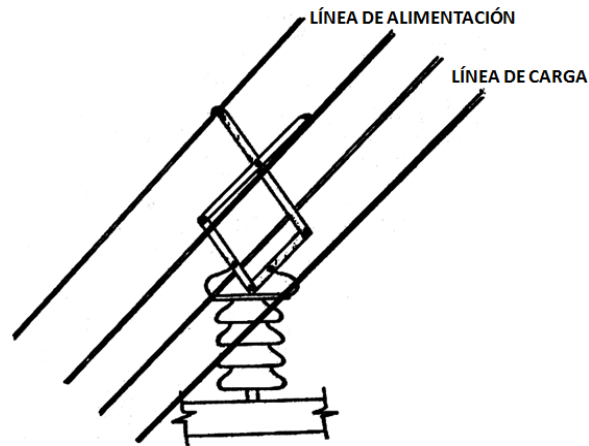
FIGURA 1.27.- CUCHILLA DE PLANO HORIZONTAL



FUENTE: BNVEVO IEON, S/E CUTUCLAN, MÉXICO
ELABORADO POR: ING. JIMÉNEZ MEZA OBED RENATO

- **Pantógrafo: Separador de tijeras.-** En la actualidad este tipo de cuchillas no se emplea con frecuencia, sobre todo en América. La razón es que su mecanismo de operación es complicado y falla en ocasiones; además su costo es elevado y ocupa mucho espacio, lo cual va en contra de la tendencia actual de reducir el espacio en las instalaciones.

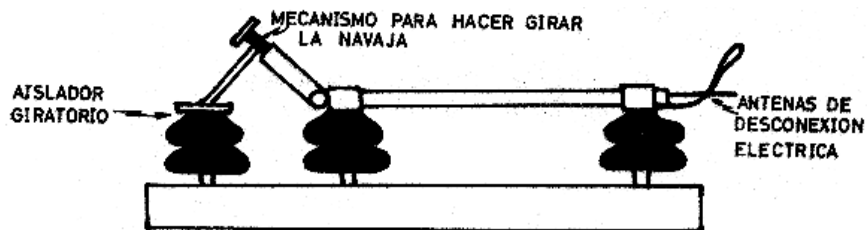
FIGURA 1.28.- CUCHILLA SEPARADORA DE TIJERAS



FUENTE: TOMAS & BETTS, JOSLYN™ HI-VOLTAGE
ELABORADO POR: FG. JOSLYN™ HI-VOLTAGE

- **Cuchillas Tipo "AV".**- Estas cuchillas se emplean en instalaciones de corrientes elevadas y tensiones medias; se operan generalmente por barra o motor eléctrico, pero también pueden accionarse con aire comprimido. En sistemas de distribución a 33 y 23 kV se usan para interconexión de líneas.

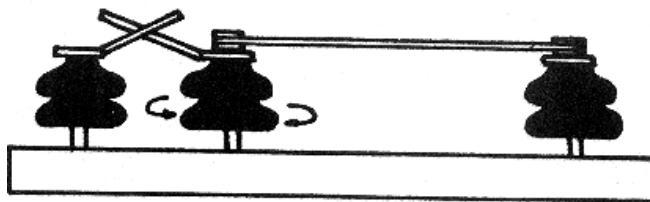
FIGURA 1.29.- CUCHILLA TIPO "AV"



FUENTE: TOMAS & BETTS, JOSLYN™ HI-VOLTAGE
ELABORADO POR: FG. JOSLYN™ HI-VOLTAGE

- **Cuchilla de tres aisladores (centro movable por cremallera).**- El rango de aplicación de estas cuchillas es semejante al de las cuchillas de operación vertical; debido a su tamaño, generalmente son accionadas por motor eléctrico, aunque se pueden accionar por barra o aire comprimido.

FIGURA 1.30.- CUCHILLA DE TRES AISLADORES

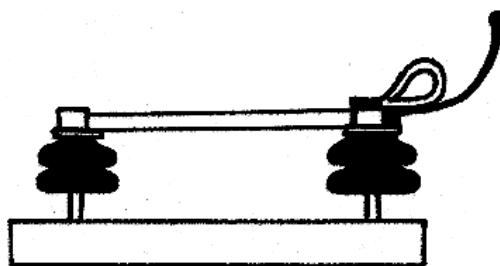


FUENTE: TOMAS & BETTS, JOSLYN™ HI-VOLTAGE
ELABORADO POR: FG. JOSLYN™ HI-VOLTAGE

- **Cuchilla desconectadora con cuernos de arqueo.-** Estas cuchillas pueden ser de operación horizontal o vertical. Se usan por lo general en sistemas que operan en tensiones muy elevadas, por ejemplo 66, 88, 115 kV, entre otras. Su empleo es indispensable en líneas largas. Los cuernos de arqueo sirven para que entre ellos se forme el arco, al desconectar las cuchillas y a la conexión a tierra para disipar la energía del arco.

El arco se forma debido a la energía residual que conservan las líneas largas al quedar en vacío después de la apertura del interruptor.

FIGURA 1.31.- CUCHILLA DESCONECTADORA CON CUERNO DE ARQUEO



FUENTE: TOMAS & BETTS, JOSLYN™ HI-VOLTAGE
ELABORADO POR: FG. JOSLYN™ HI-VOLTAGE

- **Cuchillas de operación con carga.-** Estas cuchillas reciben generalmente el nombre de seccionadores y son casi siempre cuchillas de operación vertical con accesorios especiales para desconexión rápida. Se fabrican para interrumpir corrientes hasta de 1000 A, a tensiones no mayores de 34.5 kV.

Los datos que se deben proporcionar para el pedido de cuchillas desconectoras son básicamente los siguientes:

- Tensión nominal de operación.
- Corriente nominal.
- Corriente de corto circuito simétrica
- Corriente de corto circuito asimétrica.
- Tipo de montaje (horizontal o vertical) y forma de mando.

NOTA: La alimentación de la cuchilla debe llegar por el lado de la mordaza.

1.4.3.7 Barras

Las barras son un medio de transmisión de la tensión, en una subestación o en un tablero, soportado por aisladores y estas pueden ser de cobre o de aluminio.

FIGURA 1.32.- BARRAS



FUENTE: S/E ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

1.4.3.8 Cuarto de Control

El cuarto de control contiene el sistema operativo compactado con visores y dispositivos de medida y protección que verifican el buen funcionamiento de los equipos que componen la subestación, así como también se encarga de mantener los parámetros normativos de confiabilidad en la distribución y transmisión de la energía eléctrica a través de las líneas hasta el consumidor.

FIGURA 1.33.- CUARTO DE CONTROL



FUENTE: S/E ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

1.4.3.9 Bancos de Baterías

Al igual que la planta generadora de diesel, los bancos de baterías se utilizan como alimentación de emergencia de las cargas y circuitos de servicios propios, cuando existen fallas o se dan mantenimiento a los cargadores de baterías o en las alimentaciones de corriente alterna de las S/E, con la única diferencia que estos se destinan para alimentar las cargas de corriente directa.

FIGURA 1.34.- BANCO DE BATERÍAS



FUENTE: S/E ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

Los servicios auxiliares (ver figura 1.35), deben ser diseñados de tal forma que tengan a lo menos la misma confiabilidad que exigen las S/E que ellos sirven.

FIGURA 1.35.- SERVICIOS AUXILIARES



FUENTE: S/E ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

Típicamente está conformado por:

- Banco de batería.
- Rectificador / Cargador.
- UPS.

Batería

Es una fuente independiente de energía, formada por un número determinado de celdas conectadas en serie para obtener la tensión en CC requerida, pueden ser de plomo-ácido o de níquel-cadmio.

Rectificador / Cargador

Dispositivo de estado sólido conectado a la red de CA que se utiliza para cargar y mantener en flotación el banco de batería.

FIGURA 1.36.- RECTIFICADOR/CARGADOR



FUENTE: S/E ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

UPS

Dispositivo de estado sólido conectado a un banco de batería que suministra energía eléctrica en AC tras un apagón.

1.4.3.10 Sistemas de Tierras

La red de tierras en una S/E es una de las principales herramientas para la protección contra sobre tensiones de origen atmosférico o por alguna maniobra, a ella se conectan los neutros de los aparatos, las bayonetas, los hilos de guarda, las estructuras metálicas, los tanques y todas aquellas partes metálicas que deben estar a potencial de tierra y para la seguridad del personal.

Resistividad y Resistencia del Suelo

Los parámetros de resistividad (ρ) y resistencia, tienen significados diferentes. Al considerar al suelo como un conducto rectilíneo y homogéneo de secciones S y la longitud L su resistencia eléctrica y resistividad (en el anexo 5, se encuentran las tablas con respecto a la resistividad del suelo).

$$S = RS/L = \Omega.m \qquad \qquad \qquad \text{[Ec. 1.1]}$$

El suelo es la mezcla de rocas, gases, agua y otros materiales orgánicos e inorgánicos. Esta mezcla hace que la resistividad del suelo a parte de depender de su composición interna dependa de otros factores externos como la temperatura, la humedad, el contenido de sales, entre otras; que pueden presentar diferentes resistividades con el tiempo.

La red debe cumplir:

- Proporcionar un camino de muy baja impedancia para la circulación de las corrientes de tierra, ya sean debidas a una falla de aislamiento o a la operación de apartarrayos.
- Evitar que durante la circulación de las corrientes de tierra, puedan producirse diferencias de potencial entre distintos puntos de la S/E., que pueden ser peligrosos para el personal.
- Dar mayor confiabilidad al servicio eléctrico.

Por lo general las normas internacionales dividen a las redes de tierras en las siguientes clases:

Puesta a Tierra para Protección

Partiendo de la base de que es necesario conectar eléctricamente al suelo todas aquellas partes de las instalaciones eléctricas que no se encuentran sujetas a tensión normalmente, pero que pueden tener diferencias de potencial a causas de fallas accidentales, tales partes pueden ser: los tableros eléctricos, el tanque de los transformadores o interruptores, la carcasa de las máquinas eléctricas, la estructura metálica de las subestaciones o de las líneas de transmisión y en general todos los soportes metálicos de equipos y aparatos (en el anexo 6, se encuentran los valores máximos RPT).

Puesta a Tierra para Funcionamiento

Partiendo de la base que es necesario establecer una conexión a tierra en determinados puntos de una instalación eléctrica con el fin de mejorar el funcionamiento, mayor seguridad o mejor regularidad de operación, estos puntos del sistema por conectar a tierra pueden ser por ejemplo la conexión a tierra de los neutros de los alternadores, de los transformadores en los devanados conectados en estrella, la conexión a tierra de los apartarrayos, de los hilos de guarda, de los transformadores de potencial y algunos otros.

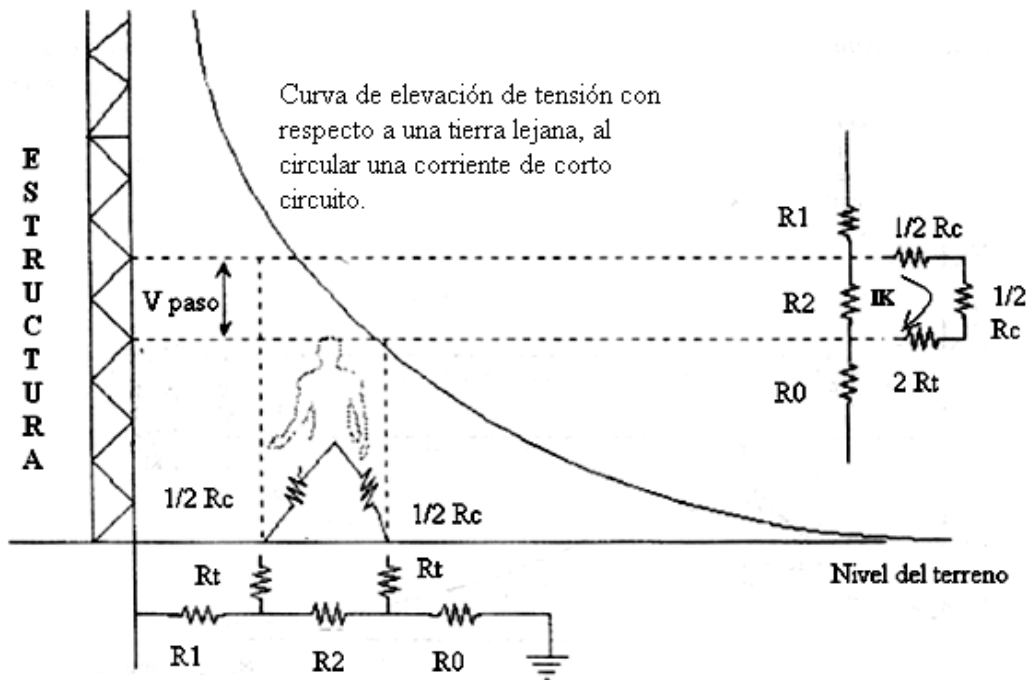
Puesta a Tierra para Trabajo

Con frecuencia durante las actividades de trabajo en una instalación eléctrica como son mantenimiento, ampliaciones, reparaciones, etc., es necesario realizar conexión a tierra temporales con partes de la instalación, fuera de servicio con el fin que sean accesibles sin peligro para los trabajos a realizar. En cualquiera de los casos de puesta a tierra mencionados anteriormente no se deben exceder las "tensiones de seguridad" establecidas e indicadas en el punto correspondiente:

Tensión de paso (V_p).

Se define como aquella diferencia de potencial máxima que experimenta un individuo entre sus pies cuando en el instante de una falla se encuentra en el área o inmediatamente fuera de la red de tierras. Es decir, es el voltaje entre dos puntos en la red separados por una distancia que ha sido normalizada a 1 m. Esto se puede observar en la siguiente figura:

FIGURA 1.37.- TENSIÓN DE PASO



FUENTE: SUT, SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

ELABORADO POR: SUT

DONDE:

R_c = Resistencia del cuerpo.

R_t = Resistencia de la tierra.

R₀, R₁, R₂ = Resistencia del electrodo.

S = Resistividad que toca el pie

$$\boxed{R_t = 3 \xi} \quad \boxed{R_c = 100 \Omega} \quad [\text{Ec. 1.2}]$$

$$IK^2 * t = K \quad [\text{Ec. 1.3}]$$

$$K = 0.116 (50 \text{ Kg})$$

$$K = 0.157 (70 \text{ Kg})$$

$$V_p = (R_c + 2R_t) * IK \quad [\text{Ec. 1.4}]$$

$$V_p = (100\Omega + 6 S) * IK \quad [\text{Ec. 1.5}]$$

$$V_p = (1000 + 6 S_c) * R / \sqrt{t} \quad [\text{Ec. 1.6}]$$

Tensión de contacto (V_t).

Es el valor a la cual se puede haber sometido el cuerpo humano por contacto con una carcasa o estructura metálica que normalmente no está en tensión de una máquina o aparato.

Como se sabe que una corriente que circula por el cuerpo humano puede producir un efecto grave e inclusive la muerte según sea su intensidad y duración, su naturaleza y las condiciones en la que se encuentre la persona afectada.

Esta fórmula establece el límite máximo de voltaje de toque o de contacto que se puede permitir en una malla de tierras.

La fórmula para esta tensión es la siguiente:

$$V_c = (R_c + RT/2) I * K \quad [\text{Ec. 1.7}]$$

$$V_c = (1000 + 1,5 S) K/\sqrt{t}$$

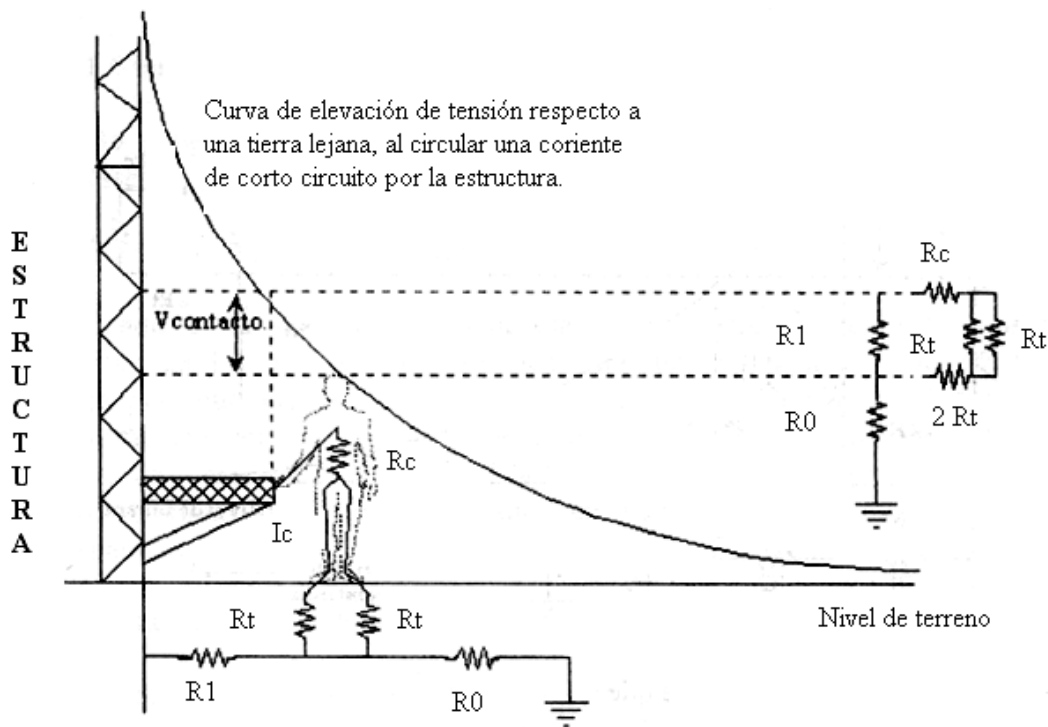
[Ec. 1.8]

Las características de la tensión de contacto se ilustran en la figura 1.38.

Tensión transferida.

Es aquella "llevada" por objetos metálicos hasta eventualmente fuera del área cubierta por la red de tierra. La obra eléctrica está construida sobre el suelo y en casos de fallas la corriente es drenada al suelo conductor. Se forma un campo de corrientes y de superficies equipotenciales.

FIGURA 1.38.- TENSIÓN DE CONTACTO



FUENTE: SUT, SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

ELABORADO POR: SUT

Umbral de Soportabilidad de la Corriente en el Cuerpo Humano

Umbral de percepción.

Es el valor mínimo de la corriente que provoca una sensación en una persona, a través de la que pasa esta corriente. En corriente alterna esta sensación de paso de la corriente se percibe durante todo el tiempo de paso de la misma; sin embargo, con corriente continua solo se percibe cuando varía la intensidad, por ello son fundamentales el inicio y la interrupción de paso de la corriente, ya que entre dichos instantes no se percibe el paso de la corriente, salvo por los efectos térmicos de la misma. Generalizando, la Norma CEI 479-11994 considera un valor de 0,5 mA en corriente alterna y 2 mA en corriente continua, cualquiera que sea el tiempo de exposición.

Umbral de reacción.

Es el valor mínimo de la corriente que provoca una contracción muscular.

Umbral de no soltar.

Cuando una persona tiene sujetos unos electrodos es el valor máximo de la corriente que permite a esa persona soltarlos. En CA se considera un valor máximo de 10 mA, cualquiera que sea el tiempo de exposición. En CC, es difícil establecer el umbral de no soltar ya que solo el comienzo y la interrupción del paso de la corriente provocan el dolor y las contracciones musculares.

Umbral de fibrilación ventricular.

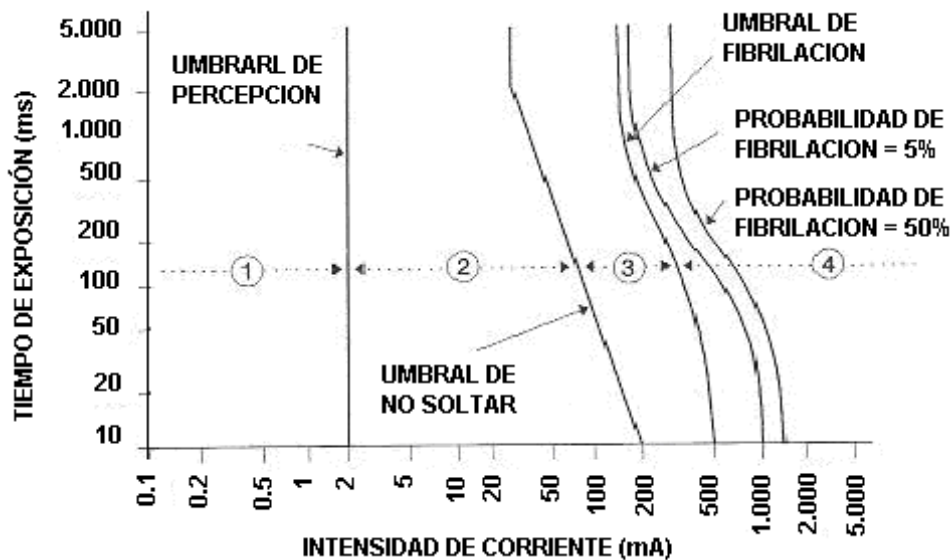
Es el valor mínimo de la corriente que puede provocar la fibrilación ventricular. En CA, el umbral de fibrilación ventricular decrece considerablemente si la duración del paso de la corriente se prolonga más allá de un ciclo cardíaco. Adecuando los resultados de las experiencias efectuadas sobre animales

a los seres humanos, se han establecido unas curvas, por debajo de las cuales no es susceptible de producirse. La fibrilación ventricular está considerada como la causa principal de muerte por choque eléctrico.

En CC, si el polo negativo está en los pies (corriente descendente), el umbral de fibrilación es de aproximadamente el doble de lo que sería si el polo positivo estuviese en los pies (corriente ascendente). Si en lugar de las corrientes longitudinales antes descritas fuese una corriente transversal, la experiencia sobre animales hace suponer que, solo se producirá la fibrilación ventricular con intensidades considerablemente más elevadas.

A continuación se representan los efectos de una CC ascendente con trayecto mano izquierda-los dos pies; se puede apreciar que para una duración de choque superior a un ciclo cardíaco el umbral de fibrilación en CC es muy superior que en CA.

FIGURA 1.39.- CORRIENTE CONTINUA, EFECTO EN EL ORGANISMO



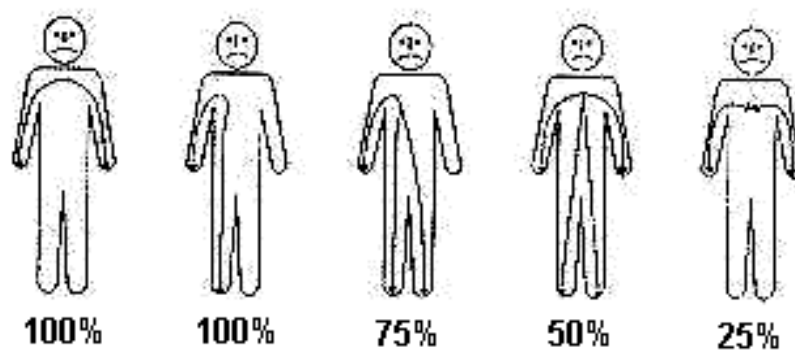
FUENTE: SUT, SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

ELABORADO POR: SUT

La impedancia interna del cuerpo puede considerarse esencialmente como resistiva (en el anexo 7, se encuentra la impedancia interna del cuerpo en CC, CA y la resistencia del cuerpo) con la particularidad de ser la resistencia de los brazos y las piernas mucho mayor que la del tronco. Además, para tensiones elevadas la impedancia interna hace prácticamente despreciable la impedancia de la piel. Para poder comparar la impedancia interna dependiendo de la trayectoria, en gráfico 1.29 se indican las impedancias de algunos recorridos comparados con los trayectos mano-mano y mano-pie que se consideran como impedancias de referencia (100%).

La resistencia del cuerpo admisible sirve para los cálculos convencionales se toman estos valores de la resistencia del cuerpo humano.

FIGURA 1.40.- IMPEDANCIA INTERNA DEL ORGANISMO



FUENTE: SUT, SUBESTACIONES ELÉCTRICAS
ELABORADO POR: SUT

Medida de la Resistencia Eléctrica del Suelo

Método de Frank Wenner.

Este método se basa en la aplicación del principio de caída de potencial donde se toma 4 electrodos (A, P1, P2, y B) ubicados sobre una línea recta separados a una distancia (a) igual entre ellos, enterrados a una distancia (b). En la figura 1.41, lo explica descriptivamente.

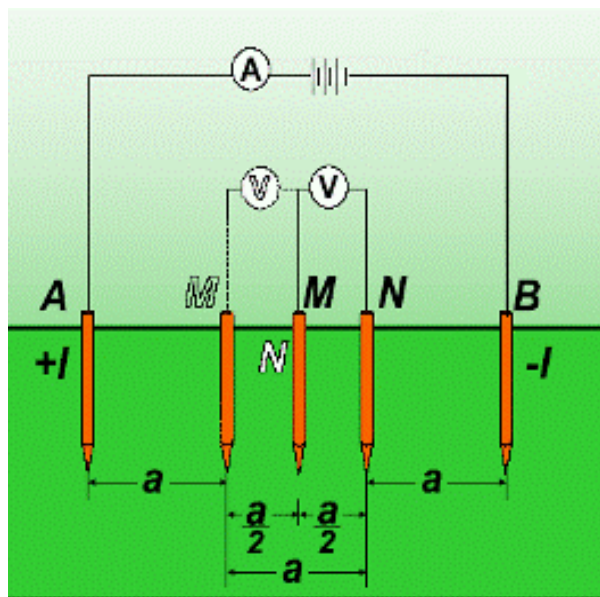
$$S = 4\pi\alpha R / (1 + 2\alpha/\sqrt{a^2 + 4b^2}) - (\alpha/\sqrt{a^2 + b^2}) \quad [\text{Ec. 1.9}]$$

DONDE:

$$b \ll a$$

$$S = 2\pi\alpha R \quad [\text{Ec. 1.10}]$$

FIGURA 1.41.- MÉTODO DE FRANK WENNER



FUENTE: TELERGIA, TÉCNICAS DE MEDICIÓN

ELABORADO POR: TELERGIA

Método de Schulumberger.

En este método los 4 electrodos se ubican sobre una línea y la distancia de los electrodos de voltaje P1 y P2 es mucho más menor que los electrodos de corriente A, B. En la figura 1.42, lo explica descriptivamente.

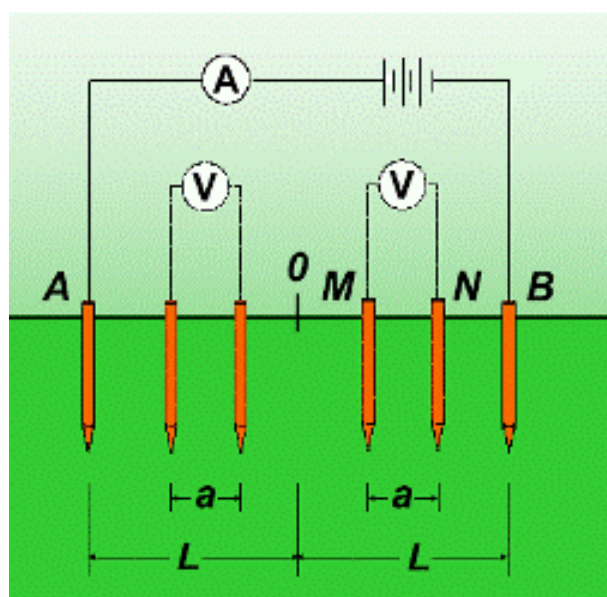
$$S = 4\pi R * [(b + a) * b / (\alpha)] \quad [\text{Ec. 1.11}]$$

DONDE:

$$b > a$$

$$S = 4\pi\alpha R \quad [\text{Ec. 1.12}]$$

FIGURA 1.42.- MÉTODO DE SCHULUMBERGER



FUENTE: TELERGIA, TÉCNICAS DE MEDICIÓN
ELABORADO POR: TELERGIA

El diseño de puesta a tierra para S/E deberá comprobarse por algún procedimiento de cálculo, que los valores máximos de la tensión de paso y contacto que puedan estar sometidos los seres humanos no superen los umbrales de Soportabilidad (en el anexo 8, se encuentra el tiempo de despeje de fallas).

1.4.3.11 Servicios Generales y Civiles

Conductores Aislados

Es un conductor envuelto dentro de un material de composición y espesor adecuado como aislamiento eléctrico para los niveles de tensión de trabajo.

En conductores sólidos o trenzados para cables de energía aislados con material termoestable o termoplástico, para uso de tensiones superiores a 2.000 V, debe usarse una pantalla del conductor, la cual deberá estar constituida por un material semiconductor aplicado sobre el conductor firmemente ligado o vulcanizado al aislante.

Para los casos de cables de energía o control, básicamente dos tipos de aislante:

- Termoplásticos.
- Termoestable.

Termoplástico.

Son compuestos que se plastifican deformando su diseño original al existir una elevación de temperatura sobre el límite de temperatura de cortocircuito. Posteriormente, una vez enfriados, adquieren nuevamente sus cualidades y características físicas y eléctricas, conservando las deformaciones ocasionadas por el calor.

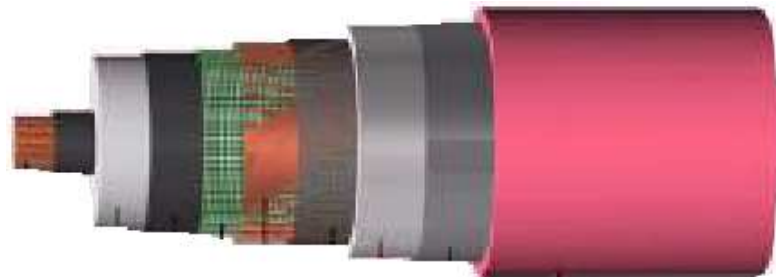
Entre los aislantes termoplásticos encontramos el Polietileno y el Cloruro de polivinilo (PVC).

Termoestable.

Son compuestos que no se deforma, ni altera al alcanzar un rango de temperatura sobre el límite de temperatura de cortocircuito.

Entre los aislantes termoestables encontramos el Polietileno Vulcanizado y el Etilen Propileno (EPR).

FIGURA 1.43.- CONDUCTORES AISLADOS



**FUENTE: ESP OIL- MANTENIMIENTO
ELABORADO POR: ESP OIL**

Aisladores

Es una pieza o estructura de material aislante, que tiene por objeto dar soporte rígido o flexible a los conductores de la subestación eléctrica y proporcionan el nivel de aislamiento requerido por el sistema. Deben soportar los diferentes estreses eléctricos y/o mecánicos a los que será sometida la subestación en condiciones normales de operación (sobretensiones atmosféricas, vientos, cortocircuitos, tracción mecánica, entre otros).

Están compuestos por una o más piezas aislantes en las cuales los accesorios de conexión (herrajes) forman parte del mismo.

La selección adecuada del tipo de aislador depende de los diferentes factores, como son:

- Tipo de arreglo del tendido del conductor o barra.
- Nivel de aislamiento.
- Esfuerzos mecánicos.
- Condiciones ambientales.

Los tipos de aisladores más usados son:

- Aisladores de espiga.
- Aisladores de suspensión.
- Aisladores rígidos (columna).
- Aisladores de carrete.

Los materiales aislantes más usados son la porcelana y el vidrio templado, aunque recientemente se usan compuestos poliméricos a base de EPDM y goma silicona.

Las características en general que debe tener estos materiales son:

- Alta resistencia eléctrica.

- Alta resistencia mecánica.
- Estructura muy densa.
- Cero absorciones de humedad.

FIGURA 1.44.- AISLADORES



**FUENTE: ESP OIL- MANTENIMIENTO
ELABORADO POR: ESP OIL**

Alumbrado

El alumbrado en las S/E deben estar en buen estado, evitando en especial el deslumbramiento a los efectos de lectura de las escalas de los aparatos que se encuentran para el buen funcionamiento del sistema.

El valor de la iluminación en las S/E será de 30 a 60 lux, según los locales que se traten de conformidad con lo establecido en el Reglamento de Iluminación en los Centros de Trabajo.

En las S/E de Distribución se deberá establecerse un alumbrado que permita ver con claridad suficiente las partes más importantes de la instalación. La instalación de este alumbrado debe ser totalmente independiente del alumbrado normal. Se recomienda alimentar la instalación de emergencia con batería situada en local adecuado y pudiendo servir la destinada a servicios auxiliares, señalización, mandos a distancia, entre otros.

Trincheras, Ductos, Conducto, Drenajes

Se debe evitar situar depósitos de agua en el interior de estos, ya que pueden tener instalaciones con tensión de tal forma que en su interior no provoquen averías y cortocircuitos que dañen las instalaciones eléctricas. No sólo por prevenir directamente los conductores sino por prevenir incendios que pueden ser perjudiciales, siempre se recomienda mantenerlo en buen estado evitando cualquier filtración perjudicial para la misma.

Equipos Contra Incendios

En las S/E existen extintores de incendios en sitios fácilmente accesibles que ayudan a extinguir en caso de incendio y que puede ser provocado por algún descuido de las personas que laboran dentro de ella, ya que se trabaja con corrientes altas y voltajes elevados el cual es un peligro para los operarios y trabajadores de mantenimiento.

Estos extintores deberán revisarse periódicamente con el fin de mantenerlos en perfecto estado de servicio, y se los descarga totalmente por lo menos una vez al año, a fin de comprobar la eficacia de su cometido.

FIGURA 1.45.- EQUIPOS CONTRA INCENDIOS



FUENTE: S/E ELEPCO S.A

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

CAPÍTULO II

ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LAS S/E DE LA ELEPCO S.A.

2.1 ENFOQUE

El análisis interpretativo obtenido mediante entrevistas dirigidas a las autoridades y jefes departamentales, área administrativa y jefatura; así como las encuestas realizadas a los operarios y empleados encargados del área de mantenimiento de las Subestaciones Eléctricas de Distribución, “El Calvario”, “La Cocha” y “San Rafael” de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A.; permitieron obtener una estimación real de los criterios sobre los cuales está enfocado el manual de mantenimiento electromecánico.

Los índices estadísticos tanto de encuestas como entrevistas, abordan las directrices de vialidad y confiabilidad dentro del proceso investigativo; la incidencia dentro del servicio de mantenimiento y el criterio técnico-práctico del personal inmerso en el mantenimiento de las S/E, el alcance de la planificación y programa de mantenimiento, sus falencias y oportunas soluciones previamente estudiadas a fin de garantizar el servicio eléctrico las 24 horas del día, los 365 días del año.

2.2 TAMAÑO DE LA MUESTRA

La muestra será aplicada a toda la población participante, debido a que se trata de una población menor de cien contribuyentes, y está conformada de la siguiente manera (ver tabla 2.1):

TABLA 2.1.- RESUMEN DE POBLACIÓN Y MUESTRA

SECTOR	POBLACIÓN	MUESTRA
Autoridad	1	1
Administrativos	3	3
Jefes Departamentales	5	5
Operarios	9	9
Empleados	2	2
Tesistas	2	2
Asesor	1	1
Director	1	1
Auxiliares de Investigación	2	2
TOTAL	26	26

FUENTE: GRUPO INMERSO EN LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

2.2.1 Entrevistas a las Autoridades y Jefes Departamentales de la ELEPCO S.A.

A fin de obtener información del estado actual de la empresa, se redactaron cuestiones intrínsecas al mantenimiento de las S/E.

La focalización de la entrevista, fue dirigida a las autoridades y jefes departamentales de la ELEPCO S.A., con el propósito de establecer la factibilidad del diseño e implementación del manual de mantenimiento electromecánico para las subestaciones de distribución El Calvario, La Cocha y San Rafael, que ayudará a tener una mejor confiabilidad del Servicio Eléctrico.

El contenido de las entrevistas se denota en el anexo 9.

En la tabla 2.2, se muestran los resultados de las entrevistas realizadas: al Presidente Ejecutivo, 3 administrativos, 5 Jefes Departamentales y 1 asesor, los mismos que se encuentran laborando activamente dentro de la empresa.

TABLA 2.2.- TABULACIÓN DE LA ENTREVISTA APLICADA A AUTORIDADES Y JEFES DEPARTAMENTALES DE ELEPCO S.A.

OPCIONES	FRECUENCIA			PORCENTAJE (%)		
	SI	NO	NO SÉ	SI	NO	NO SÉ
Pregunta 1	9	0	1	90%	0%	10%
Pregunta 2	7	3	0	70%	30%	0%
Pregunta 3	3	3	4	30%	30%	40%
Pregunta 4	9	1	0	90%	10%	0%
Pregunta 5	7	3	0	70%	30%	0%
Pregunta 6	8	2	0	80%	20%	0%
Pregunta 7	6	4	0	60%	40%	0%

FUENTE: AUTORIDADES Y JEFES DEPARTAMENTALES DE ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

PREGUNTA N° 1.- ¿Considera Ud. que el mantenimiento de las S/E se lo debe tomar como parte fundamental para el Servicio Eléctrico?

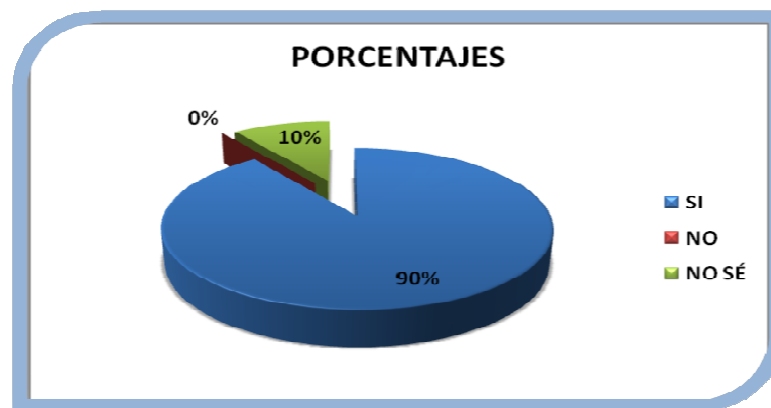
TABLA 2.3.- TABULACIÓN DE LA PRIMERA PREGUNTA

OPCIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJES
SI	9	90%
NO	0	0%
NO SÉ	1	10%

FUENTE: PRESIDENTE EJECUTIVO, 3 ADMINISTRATIVOS, 5 EXPERTOS Y 1 ASESOR.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

FIGURA 2.1.- REPRESENTACIÓN DE LA 1^{RA} PREGUNTA



FUENTE: PRESIDENTE EJECUTIVO, 3 ADMINISTRATIVOS, 5 EXPERTOS Y 1 ASESOR.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

Análisis e Interpretación:

Los entrevistados manifestaron (SI) en un 90% que se debe tomar en cuenta como parte sustancial el mantenimiento en el servicio de energía eléctrica y en un 10% pudieron responder (NO SÉ), si esto viabilizaba o no el servicio dentro de la provincia; lo que nos ayuda a tener una idea clara que el mantenimiento es una base importante dentro de cualquier empresa.

PREGUNTA N° 2.- *¿Usted cree que el mantenimiento de las S/E es una inversión?*

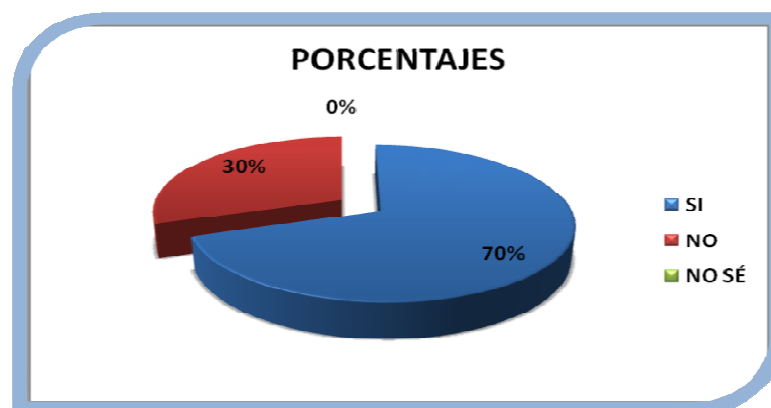
TABLA 2.4.- TABULACIÓN DE LA SEGUNDA PREGUNTA

OPCIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJES
SI	7	70%
NO	3	30%
NO SÉ	0	0%

FUENTE: PRESIDENTE EJECUTIVO, 3 ADMINISTRATIVOS, 5 EXPERTOS Y 1 ASESOR.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

FIGURA 2.2.- REPRESENTACIÓN DE LA 2^{DA} PREGUNTA



FUENTE: PRESIDENTE EJECUTIVO, 3 ADMINISTRATIVOS, 5 EXPERTOS Y 1 ASESOR.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

Análisis e Interpretación:

El mantenimiento dentro de los criterios de los entrevistados se considera en un 70% que SI es una inversión para la empresa y un 30% NO, debido a que se le toma como parte de un costo empresarial.

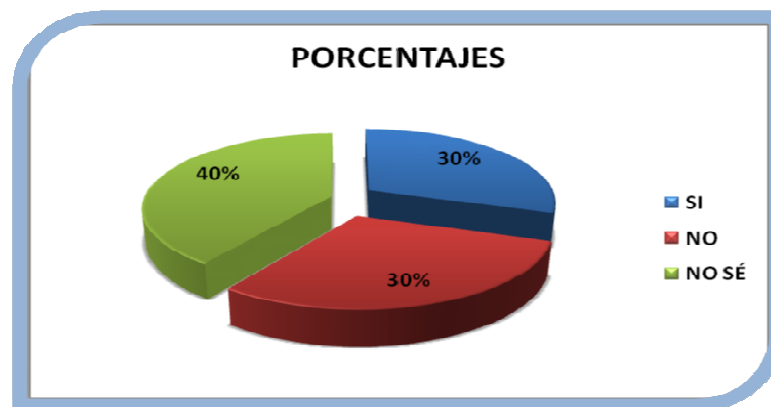
PREGUNTA N° 3.- ¿Conoce usted si las subestaciones eléctricas cuentan con un programa de mantenimiento?

TABLA 2.5.- TABULACIÓN DE LA TERCERA PREGUNTA

OPCIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJES
SI	3	30%
NO	3	30%
NO SÉ	4	40%

FUENTE: PRESIDENTE EJECUTIVO, 3 ADMINISTRATIVOS, 5 EXPERTOS Y 1 ASESOR.
ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

FIGURA 2.3.- REPRESENTACIÓN DE LA 3^{RA} PREGUNTA



FUENTE: PRESIDENTE EJECUTIVO, 3 ADMINISTRATIVOS, 5 EXPERTOS Y 1 ASESOR.
ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

Análisis e Interpretación:

Un margen de los entrevistados respondió con un 30% que SI, en un 30% que NO, y un 40% que NO SABEN si se cuenta o no con un programa de mantenimiento dentro de las S/E de Distribución que están siendo modo de estudio, lo que nos ayuda a plantear de mejor manera el manual de mantenimiento para que sirva también como medio informático dentro de la empresa.

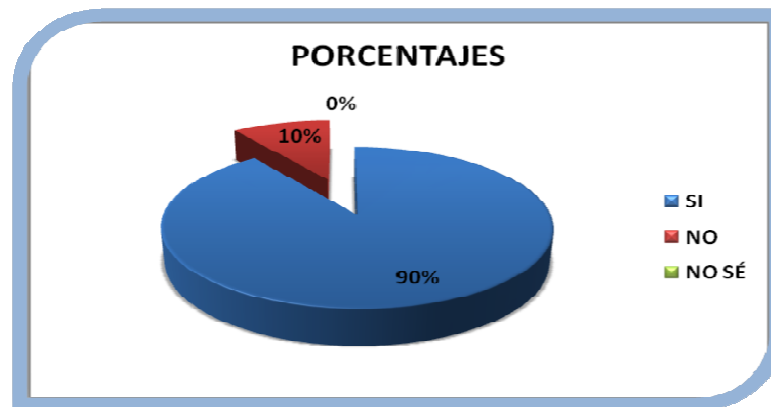
PREGUNTA N° 4.- *¿Para las funciones que usted desempeña, es importante conocer sobre el programa de mantenimiento de las S/E?*

TABLA 2.6.- TABULACIÓN DE LA CUARTA PREGUNTA

OPCIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJES
SI	9	90%
NO	1	10%
NO SÉ	0	0%

FUENTE: PRESIDENTE EJECUTIVO, 3 ADMINISTRATIVOS, 5 EXPERTOS Y 1 ASESOR.
ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

FIGURA 2.4.- REPRESENTACIÓN DE LA 4^{TA} PREGUNTA



FUENTE: PRESIDENTE EJECUTIVO, 3 ADMINISTRATIVOS, 5 EXPERTOS Y 1 ASESOR.
ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

Análisis e Interpretación:

La mayoría de los entrevistados consideran en un 90% que es importante conocer el programa de mantenimiento y en un 10% que no es necesario el conocimiento, ya que se desempeñan en un área que no tiene incidencia laboral, con lo referente a S/E.

PREGUNTA N° 5.- ¿Cree Ud. que un programa de mantenimiento para las S/E, sirva en el mejoramiento del servicio de energía eléctrica dentro de la Provincia?

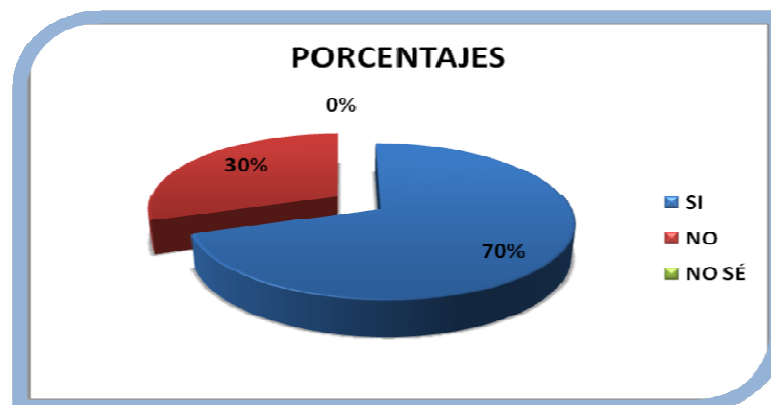
TABLA 2.7.- TABULACIÓN DE LA QUINTA PREGUNTA

OPCIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJES
SI	7	70%
NO	3	30%
NO SÉ	0	0%

FUENTE: PRESIDENTE EJECUTIVO, 3 ADMINISTRATIVOS, 5 EXPERTOS Y 1 ASESOR.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

FIGURA 2.5.- REPRESENTACIÓN DE LA 5^{TA} PREGUNTA



FUENTE: PRESIDENTE EJECUTIVO, 3 ADMINISTRATIVOS, 5 EXPERTOS Y 1 ASESOR.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

Análisis e Interpretación:

Dentro de un conocimiento de mantenimiento supieron responder con un 70% que ayuda en la confiabilidad de servicio de energía eléctrica, al contar con un programa de mantenimiento de las S/E, y un 30% que No es necesario contar con dicho programa.

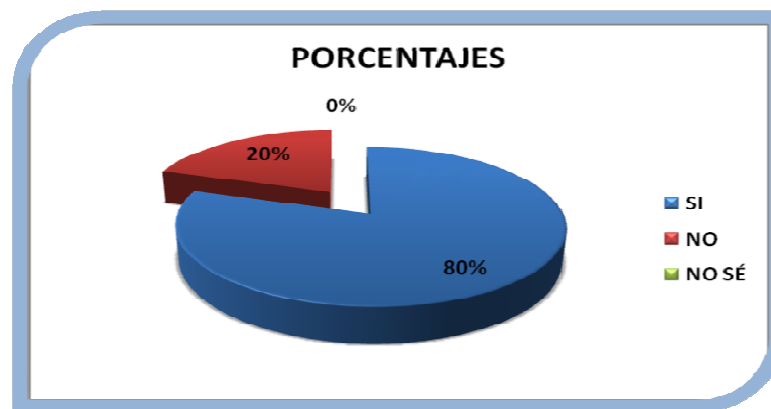
PREGUNTA N° 6.- ¿Para el trabajo que usted desempeña, es necesario una base de datos de los trabajos efectuados del mantenimiento de las S/E?

TABLA 2.8.- TABULACIÓN DE LA SEXTA PREGUNTA

OPCIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJES
SI	8	80%
NO	2	20%
NO SÉ	0	0%

FUENTE: PRESIDENTE EJECUTIVO, 3 ADMINISTRATIVOS, 5 EXPERTOS Y 1 ASESOR.
ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

FIGURA 2.6.- REPRESENTACIÓN DE LA 6^{TA} PREGUNTA



FUENTE: PRESIDENTE EJECUTIVO, 3 ADMINISTRATIVOS, 5 EXPERTOS Y 1 ASESOR.
ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

Análisis e Interpretación:

El conjunto entrevistado concluye en un 80% que es necesario tener una base de datos de los diferentes trabajos efectuados como parte operativa del mantenimiento de las S/E, y un 20% que no, porque su función se refiere única y exclusivamente al área financiera.

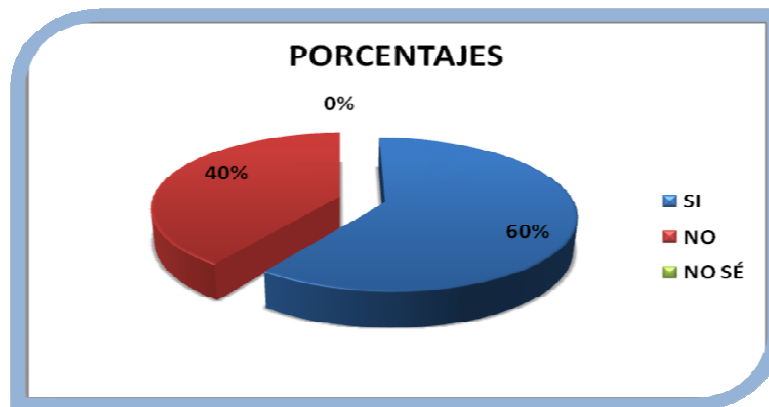
PREGUNTA N° 7.- ¿Para el trabajo que usted desempeña, le beneficiaría que se implemente un Manual de Mantenimiento dentro de las S/E?

TABLA 2.9.- TABULACIÓN DE LA SEPTIMA PREGUNTA

OPCIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJES
SI	6	60%
NO	4	40%
NO SÉ	0	0%

FUENTE: PRESIDENTE EJECUTIVO, 3 ADMINISTRATIVOS, 5 EXPERTOS Y 1 ASESOR.
ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

FIGURA 2.7.- REPRESENTACIÓN DE LA 7^{MA} PREGUNTA



FUENTE: PRESIDENTE EJECUTIVO, 3 ADMINISTRATIVOS, 5 EXPERTOS Y 1 ASESOR.
ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

Análisis e Interpretación:

Consecuentemente con las respuestas que obtuvimos, un 60% mencionan que la implementación de un manual de mantenimiento ayudaría a optimizar los trabajos que ellos desempeñan, mientras que un 40% estima una no aceptación del mismo como base de las tareas asignadas dentro de la empresa.

2.2.1.1 Análisis de Resultados de las Entrevistas

Mediante los resultados obtenidos de la tabulación de la presente entrevista se pudo analizar que por parte de las autoridades y jefes departamentales existe una mayoritaria aceptación en la implementación del manual de mantenimiento electromecánico de las S/E, ya que este permitirá elaborar un plan de mantenimiento integral con una base de datos medibles en tiempo y espacio real, y la adecuada organización, planeación y ejecución de los trabajos de mantenimiento.

2.2.2 Encuestas a los Operarios y Empleados del Área de Mantenimiento de las S/E El Calvario, La Cocha y San Rafael de la ELEPCO S.A.

Los datos obtenidos como soporte investigativo, realizados a los operarios y empleados del área de mantenimiento de las S/E antes mencionadas, nos ayudarán a corroborar la necesidad e importancia del manual de mantenimiento.

El modelo de las encuestas, se encuentra en el anexo 10. En la tabla 2.9, se muestran los resultados de las encuestas realizadas.

TABLA 2.10.- DATOS DE LA ENCUESTA APLICADA A OPERARIOS Y EMPLEADOS DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LAS S/E DE ELEPCO S.A.

OPCIONES	FRECUENCIA		PORCENTAJE (%)	
	SI	NO	SI	NO
Pregunta 1	7	4	63,64%	36,36%
Pregunta 2	4	7	36,36%	63,64%
Pregunta 3	3	8	27,27%	72,73%
Pregunta 4	10	1	90,91%	9,09%
Pregunta 5	-	-	-	-
Pregunta 6	10	1	90,91%	9,09%
Pregunta 7	-	-	-	-

FUENTE: OPERARIOS Y EMPLEADOS DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LAS S/E DE ELEPCO S.A.
ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

PREGUNTA N° 1.- *¿Considera Ud. que las actividades de mantenimiento deberían contar con una guía específica de los trabajos que se van a realizar durante el año dentro de las S/E?*

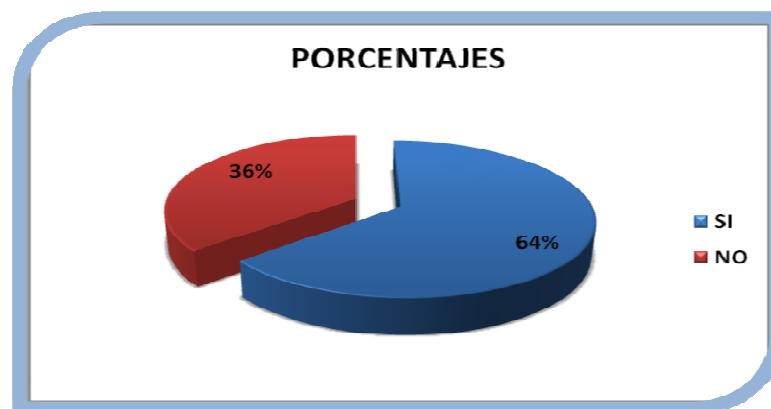
TABLA 2.11.- TABULACIÓN DE LA PRIMERA PREGUNTA

OPCIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJES
SI	7	64%
NO	4	36%

FUENTE: OPERARIOS Y EMPLEADOS DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LAS S/E DE ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

FIGURA 2.8.- REPRESENTACIÓN DE LA 1^{RA} PREGUNTA



FUENTE: OPERARIOS Y EMPLEADOS DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LAS S/E DE ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

Análisis e Interpretación:

Con respecto a la guía de mantenimiento los encuestados responden con un 64% que se debería tenerlo, y en un 36% manifiestan que no; lo que nos ayuda a entender que los trabajos se realizarían de mejor manera si se tiene una guía para el mantenimiento a ejecutar durante el año en los elementos que constituyen las S/E.

PREGUNTA N° 2.- *¿Considera que el Área de Mantenimiento de S/E, se encuentra dotada de quipos y herramientas adecuadas?*

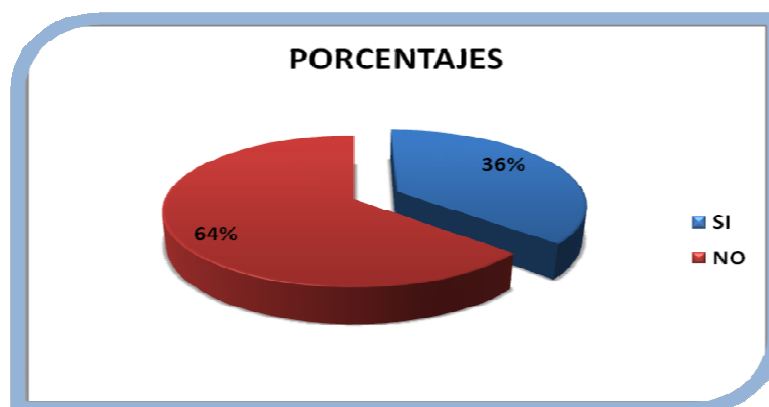
TABLA 2.12.- TABULACIÓN DE LA SEGUNDA PREGUNTA

OPCIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJES
SI	4	36%
NO	7	64%

FUENTE: OPERARIOS Y EMPLEADOS DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LAS S/E DE ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

FIGURA 2.9.- REPRESENTACIÓN DE LA 2^{DA} PREGUNTA



FUENTE: OPERARIOS Y EMPLEADOS DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LAS S/E DE ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

Análisis e Interpretación:

Los encuestados nos dan un margen de respuestas donde manifiestan que si con un 36% y un no con 64%; el cual nos da una idea clara que antes de cualquier mantenimiento tendríamos que analizar que equipos y herramientas se debería tener en la empresa para realizar el mantenimiento dentro de las S/E.

PREGUNTA N° 3.- ¿Conoce si el Área de Mantenimiento de las S/E, posee una base de datos de los trabajos efectuados?

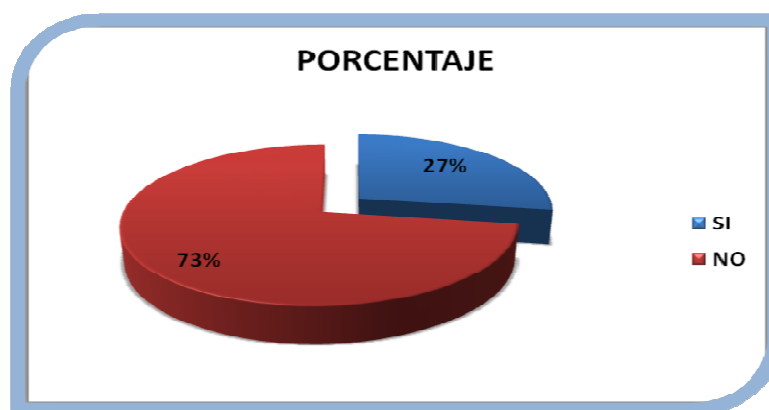
TABLA 2.13.- TABULACIÓN DE LA TERCERA PREGUNTA

OPCIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJES
SI	3	27%
NO	8	73%

FUENTE: OPERARIOS Y EMPLEADOS DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LAS S/E DE ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

FIGURA 2.10.- REPRESENTACIÓN DE LA 3^{RA} PREGUNTA



FUENTE: OPERARIOS Y EMPLEADOS DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LAS S/E DE ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

Análisis e Interpretación:

De los encuestados el 27% nos dice que sí y el 73% que no, lo que nos ayuda a verificar que si es importante tener un manual de mantenimiento y dentro de este manual un plan de mantenimiento preventivo para las S/E.

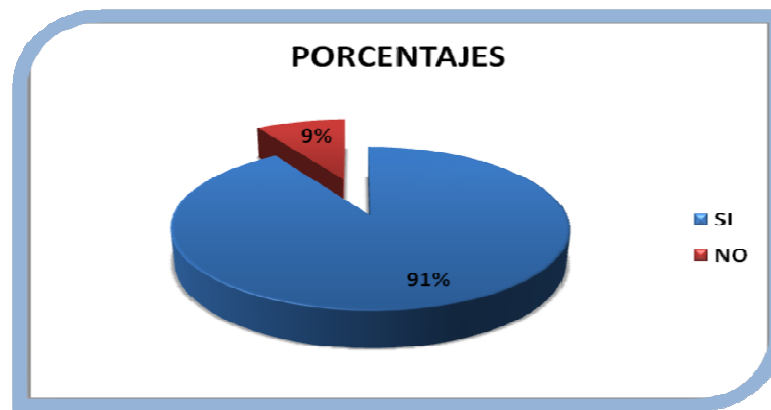
PREGUNTA N° 4.- ¿Cree Ud. que la empresa debería implementar una base de datos de Mantenimiento en las S/E El calvario, La Cocha y San Rafael de la ELEPCO S.A.?

TABLA 2.14.- TABULACIÓN DE LA CUARTA PREGUNTA

OPCIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJES
SI	10	91%
NO	1	9%

FUENTE: OPERARIOS Y EMPLEADOS DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LAS S/E DE ELEPCO S.A.
ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

FIGURA 2.11.- REPRESENTACIÓN DE LA 4^{TA} PREGUNTA



FUENTE: OPERARIOS Y EMPLEADOS DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LAS S/E DE ELEPCO S.A.
ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

Análisis e Interpretación:

Un 91% nos dicen que si y un 9% que no; lo cual permite observar que se debe implementar una base de datos que ayude al personal del área de mantenimiento al mejoramiento de sus actividades laborales.

PREGUNTA N° 5.- ¿Cómo califica la labor del Área de Mantenimiento de las S/E?

Excelente *Mala*
Buena *Regular*

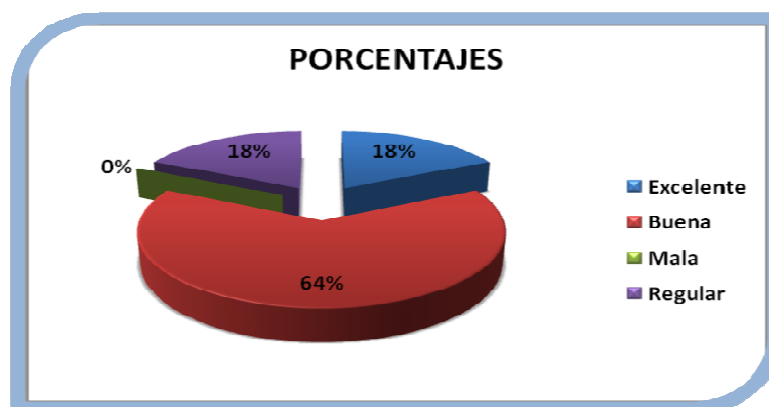
TABLA 2.15.- TABULACIÓN DE LA QUINTA PREGUNTA

OPCIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJES
Excelente	2	18%
Buena	7	64%
Mala	0	0%
Regular	2	18%

FUENTE: OPERARIOS Y EMPLEADOS DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LAS S/E DE ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

FIGURA 2.12.- REPRESENTACIÓN DE LA 5^{TA} PREGUNTA



FUENTE: OPERARIOS Y EMPLEADOS DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LAS S/E DE ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

Análisis e Interpretación:

De las encuestas realizadas podemos observar que en un 18% califican que es excelente, en un 64% que es buena y un 18% que es regular. En conjunto las respuestas nos dan a conocer que la labor que realiza el área de mantenimiento es buena, lo cual requiere implementar mejoras continuas en su labor, con el propósito de llegar a la excelencia.

PREGUNTA N° 6.- *¿Estaría de acuerdo que nosotros como egresados de Ingeniería Electromecánica aportemos con un manual de mantenimiento en las S/E antes mencionadas?*

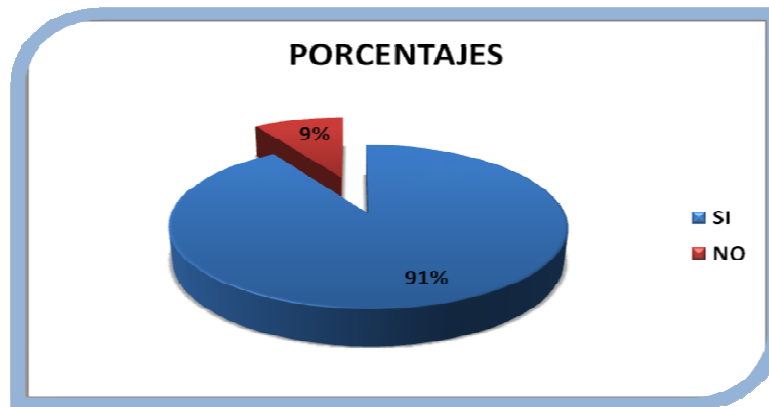
TABLA 2.16.- TABULACIÓN DE LA SEXTA PREGUNTA

OPCIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJES
SI	10	91%
NO	1	9%

FUENTE: OPERARIOS Y EMPLEADOS DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LAS S/E DE ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

FIGURA 2.13.- REPRESENTACIÓN DE LA 6^{TA} PREGUNTA



FUENTE: OPERARIOS Y EMPLEADOS DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LAS S/E DE ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

Análisis e Interpretación:

El 91% de los encuestados supieron responder que estarían de acuerdo en la implementación del manual de mantenimiento para las S/E mencionadas, mientras que existe una no aceptación, apenas del 9%. Estas incidencias permiten corroborar la aceptación de nuestro trabajo investigativo.

PREGUNTA N° 7.- *¿Al implementar este manual como considera Ud. que aportaríamos nosotros para el desempeño de las S/E?*

Bases teóricas y prácticas del mantenimiento

Registro de mantenimiento

Procedimientos de mantenimiento

Coordinación del mantenimiento

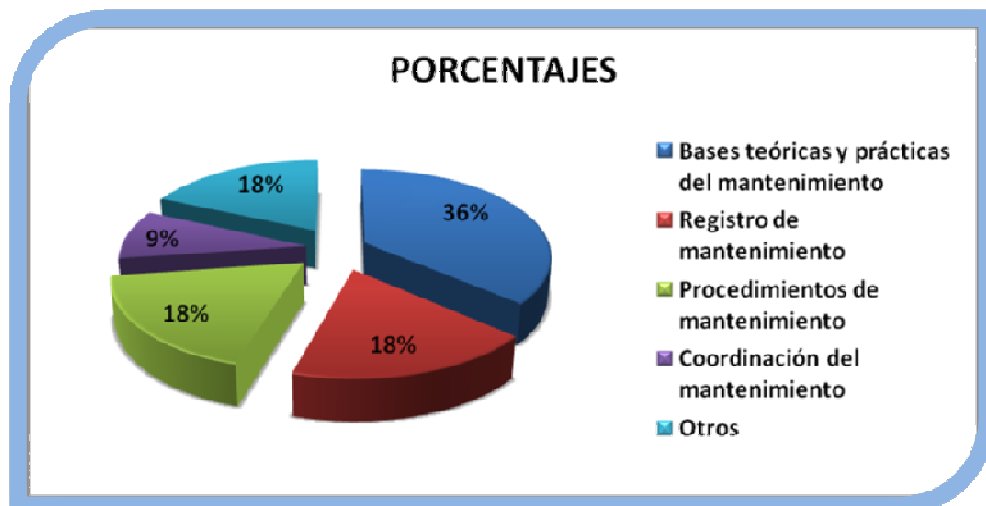
Otros

TABLA 2.17.- TABULACIÓN DE LA SEPTIMA PREGUNTA

OPCIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJES
Bases teóricas y prácticas del mantenimiento	4	36%
Registro de mantenimiento	2	18%
Procedimientos de mantenimiento	2	18%
Coordinación del mantenimiento	1	9%
Otros	2	18%

FUENTE: OPERARIOS Y EMPLEADOS DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LAS S/E DE ELEPCO S.A.
ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

FIGURA 2.14.- REPRESENTACIÓN DE LA 7^{MA} PREGUNTA



FUENTE: OPERARIOS Y EMPLEADOS DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LAS S/E DE ELEPCO S.A.
ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

Análisis e Interpretación:

El 36% de los encuestados estimó que la implementación del manual de mantenimiento aportaría en el establecimiento de bases teóricas y prácticas, mientras que el 18% cree que se aportaría con la estructuración de registros y procedimientos enfocados a un apropiado mantenimiento de las S/E, en tanto en cuanto el 9% manifiesta que se debería contribuir con la coordinación de los trabajos. Además hay que considerar que el 18% considera oportuno que se incurriera en la elaboración de los cronogramas de ejecución y tiempo de mantenimiento de los equipos de las S/E, así como el mantenimiento que requieren los equipos de medición tales como los relés.

2.2.2.1 Análisis de Resultados de las Encuestas

Los resultados obtenidos de la tabulación de la presente encuesta, nos dieron un criterio puntual de la situación actual de las S/E y de las expectativas que tienen los operadores y empleados del área de mantenimiento de la ELEPCO S.A., referente al diseño e implementación del manual de mantenimiento electromecánico de las S/E. El fundamento que sustenta nuestro trabajo investigativo es el de buscar estrategias adecuadas de procedimientos de mantenimiento e introducir en la empresa una conducta laboral responsable y segura.

2.3 COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

2.3.1 Manifiesto de la Hipótesis

El diseño e implementación de un manual de mantenimiento electromecánico para las Subestaciones Eléctricas de Distribución El Calvario, La Cocha y San Rafael de la ELEPCO S.A., permitirá ayudar al personal de mantenimiento a tener una herramienta de soporte técnico mejorando el Servicio Eléctrico y un claro

entendimiento de los equipos y herramientas para el buen funcionamiento de las Subestaciones.

2.3.2 Comprobación

Mediante los parámetros medidos con las encuestas y entrevistas se constata que la hipótesis planteada como marco investigativo cuasi-experimental es factible de ejecutar, puesto que servirá al personal de mantenimiento a tener una herramienta de soporte técnico mejorativo del Servicio Eléctrico con un claro entendimiento técnico-práctico de los equipos y herramientas de las S/E, bajo los estándares de calidad, requeridos.

2.3.3 Disponibilidad del Mantenimiento

Los indicadores de mantenimiento, ayudan a dar una mejor percepción de la capacidad en la que se encuentran funcionando los equipos de las S/E y por ende el servicio que brinda la empresa a sus clientes.

La importancia que tiene la planificación y programación de mantenimiento dentro de las aspiraciones empresariales de la ELEPCO S.A., es la de establecer estrategias que incidan a tener un costo/riesgo favorable y mantenibilidad de los equipos de las S/E.

El mecanismo de información asigna a las S/E un valor agregado de organización y establece en los empleados una conducta de prevención/mantenimiento apropiada. El mantenimiento de los equipos de las S/E de distribución, se fundamenta en el análisis de los criterios de criticidad y estrategias, los mismos que permiten maximizar la disponibilidad de la instalación, al menor costo posible.

CAPITULO III

PROPUESTA

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO DE LAS SUBESTACIONES DE DISTRIBUCIÓN EL CALVARIO, LA COCHA Y SAN RAFAEL DE LA ELEPCO S.A.”

3.1 PRESENTACIÓN

Sin dudas, el desarrollo de nuevas tecnologías ha marcado sensiblemente la actualidad de la industria a nivel mundial. En los últimos años, las empresas de servicio eléctrico, se ha visto bajo la influencia determinante de nuevas tendencias tecnológicas, exigiendo mayor preparación en el personal, no sólo desde el punto de vista de la operación de equipos, sino desde el punto de vista del mantenimiento industrial.

Cada equipo de alta tensión instalados en las subestaciones eléctricas de distribución, cumplen con una función específica de importancia dentro del mismo. De tal manera que gran parte de la confiabilidad del sistema, depende de las condiciones en que se encuentren los componentes, de su correcta instalación y recepción como del análisis interno propiamente dicho del mantenimiento.

Las pruebas e inspecciones eléctricas, son los métodos aplicados para evaluar las condiciones actuales en las que se encuentra el sistema de un equipo. El término mantenimiento correctivo-preventivo-predictivo de S/E, tiene la finalidad de garantizar la operación continua, segura y compatible con el medio ambiente y brindar disponibilidad óptima de funcionamiento y una vida útil prolongada. El mantenimiento actual está caracterizado por la búsqueda de tareas que permitan eliminar o minimizar la ocurrencia de fallas y/o disminuir las consecuencias de las mismas.

La propuesta se centró en la elaboración de un manual de mantenimiento electromecánico para las S/E, teniendo en consideración que los componentes eléctricos encontrados no detallaban los procedimientos técnicos y de seguridad, de control de los trabajos programados y no programados. Este manual permitirá generar un ambiente laboral plenamente organizado, estructurado e informado, muchas veces requerida por las autoridades, jefes departamentales y empleados, para visualizar el crecimiento empresarial.

3.2 JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA

El control de mantenimiento es uno de los problemas más recurrentes que ha enfrentado la ingeniería eléctrica, electrónica y mecánica en los últimos tiempos, en áreas de: generación, transmisión y distribución, entre otras.

El fallo de cualquier equipo eléctrico en una subestación eléctrica causa generalmente muy altos costos para la empresa, ya que además de los costos asociados con la reparación del equipo, se deben agregar los costos ocasionados por las pérdidas de la continuidad del servicio eléctrico por paradas no deseadas, que pueden llegar a ser más altos que el costo del equipo.

El estudio que se presenta a continuación proporcionará las bases técnicas que justifican la creación del manual de mantenimiento electromecánico, basadas en el análisis de ponderaciones numéricas y estadísticas, y los costos implícitos en la realización del mantenimiento en el sistema.

El diseño e implementación del manual de mantenimiento electromecánico para las subestaciones eléctricas de distribución El Calvario, La Cocha y San Rafael de la ELEPCO S.A., tiene como fin la acertada organización, planeación, programación, ejecución de las tareas de mantenimiento de los equipos y aplicación del plan de mantenimiento preventivo electromecánico como medio de soporte técnico-práctico, dirigida al personal que labora dentro del área de mantenimiento de las S/E, el cual procurará garantizar el funcionamiento de los equipos. El plan de mantenimiento preventivo incluirá los procedimientos para la ejecución de los trabajos de mantenimiento.

3.3 OBJETIVOS

3.3.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un manual de mantenimiento electromecánico para las Subestaciones Eléctricas de Distribución El Calvario, La Cocha y San Rafael de la ELEPCO S.A., que permita contribuir al soporte técnico de prestación de servicio eléctrico.

3.3.2 Objetivos Específicos

- Estudiar la distribución con la que está construida en las S/E, los dispositivos y equipos que posee, como la realización de un manual de mantenimiento que admita tener un buen sistema de control, vida útil y manutención de los mismos.
- Diseñar un manual de mantenimiento de los equipos de las S/E de distribución que ayude a los empleados de la ELEPCO S.A., a tener una información con criterios basales de mantenimiento.
- Implementar el manual de mantenimiento electromecánico que permita brindar un adecuado funcionamiento de los equipos, corrobore y valide los resultados teóricos, bajo un amplio criterio técnico de mantenimiento.

3.4 ALCANCE

El alcance del proyecto es diseñar e implementar el manual de mantenimiento electromecánico para las Subestaciones El Calvario, La Cocha y San Rafael, de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A., el cual contendrá información técnica de las S/E, pruebas e inspecciones de los equipos y un plan de mantenimiento que sirva como ayuda para tener un historial de mantenimiento utilizando las ordenes, procedimientos y reportes de trabajo.

3.5 SUBESTACIONES ELÉCTRICAS EL CALVARIO, LA COCHA Y SAN RAFAEL DE LA ELEPCO S.A.

3.5.1 Subestación Eléctrica “El Calvario”

La S/E “El Calvario”, se encuentra ubicada al Este de la ciudad de Latacunga, en el barrio del mismo nombre y sus límites geográficos son: Al Norte avenida Oriente, al sur Isla Floreana, al este San Salvador y; al oeste avenida Oriente y calle Fernandina. Tiene un patio de 22/13,8/6,3 kV. Existen dos llegadas; la primera la central Illuchi 1 a 22 kV por el este y la segunda Illuchi 2 a 13,8 kV por el norte. A la vez la S/E se encuentra interconectada con la S/E San Rafael con un nivel de voltaje de 13,8 kV.

En 22 kV se tienen 3 transformadores de 1750 kVA cada uno de 6,4% de impedancia de corriente continua y una conexión estrella/estrella (Y/Y) aislado de tierra, los mismos que son reducidos a 6,3 kV para su distribución en el sector centro de la ciudad de Latacunga.

En 13,8 kV se encuentra un transformador de 4/5,2 MVA con 5,81% de impedancia de corriente continua y una conexión delta/estrella (Δ/Y) a tierra, funcionando como elevador o reductor según la necesidad.

La salida de 13,8 kV dispone de dos salidas; la salida 1 del alimentador oriental y centro sur; la salida 2 del alimentador Industrial Sur y Av. Sur. Mientras que la salida 3 del alimentador centro norte-la estación; la salida 4 del alimentador norte y la FAE. (En el anexo 11, se puede ver el diagrama unifilar).

3.5.2 Subestación Eléctrica “La Cocha”

La S/E “La Cocha”, se encuentra ubicada al Oeste de la ciudad de Latacunga, en la parroquia Juan Montalvo, perteneciente al sector Isimbo N° 2. La llegada

desde la S/E Mulaló a 69 kV se interconecta con la barra de 13,8 kV lo realiza por el norte, mientras la salida de los tres alimentadores lo realiza por el este.

Tiene un patio de 69/13,8 kV, con un transformador de 10/12,5 MVA y 6,78% de impedancia de corto circuito con una conexión delta/estrella (Δ/Y) a tierra. Tiene una interconexión con la S/E El Calvario a 13,8 kV.

Esta S/E dispone de la salida 1 del alimentador Yugsiloma y San Buena Aventura; la salida 2 del alimentador centro y norte de Latacunga; la salida 4 del alimentador base aérea de Cotopaxi; la salida 5 del alimentador norte y rural de Latacunga. (En el anexo 12, se puede ver el diagrama unifilar).

3.5.3 Subestación Eléctrica “San Rafael”

La S/E “San Rafael”, se encuentra ubicada al Sur-Este del Cantón Latacunga, sector urbanización Las Fuentes y sus límites geográficos son: Al Norte la calle Río Pumancunchi, al sur calle Bolívar, al este la calle Río Tigre y al oeste Avenida Río Cutuchi. La llegada desde la S/E Mulaló a 69 kV es por el oeste, mientras la salida de los tres alimentadores lo realiza por el este.

Tiene un patio de a 69/13,8 kV, con un transformador de 10/13 MVA y 6,78% de impedancia de corto circuito con una conexión delta/estrella (Δ/Y) a tierra. Tiene una interconexión con la S/E El Calvario a 13,8 kV.

Esta S/E cubre la demanda de los cantones Pujilí, Saquisilí como de los sectores rurales y parte del sector Occidental de la ciudad de Latacunga. (En el anexo 13, se puede ver el diagrama unifilar).

3.6 PLAN DE MANTENIMIENTO DE LAS S/E DE LA ELEPCO S.A BASADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)

Al no contar con datos (historial de mantenimiento, catálogos de los fabricantes y placas de identificación de los equipos) que nos ayuden en la elaboración del plan de mantenimiento, se realizó una entrevista al personal de mantenimiento para resumir las distintas etapas que intervienen en el mantenimiento, las cuales están descritas de la siguiente manera:

3.6.1 Clasificación e Identificación de Equipos de las S/E

En el anexo 14, 15 y 16 se encuentra el inventario de las placas características, con su respectiva codificación, las que nos ayudan a identificar los equipos que contienen las S/E El Calvario, La Cocha y San Rafael, respectivamente.

3.6.2. Descripción del Funcionamiento de los Equipos de las S/E

El funcionamiento de los equipos de las S/E se los puede apreciar de manera detallada a continuación:

3.6.2.1 Mantenimiento en los Transformadores de Potencia

El mantenimiento para el transformador, sigue un programa estricto de actividades y depende de su capacidad, del lugar de instalación de su sistema, de la temperatura ambiente, polvo, neblina y de las condiciones de operación.

A continuación veremos si el equipo debe estar energizado o desenergizado.

Energizado:

- Verificar que no existan grietas o manchas en la porcelana de los aisladores.

- Escuchar si el equipo se encuentra produciendo un sonido anormal, también determinar la presencia de oxidación, polvo, otros dispositivos que afecten con las condiciones eléctricas del aislante de porcelana.

Desenergizado:

- Eliminar manchas o grietas en la cuba del transformador.
- Calibración del termómetro.

NOTA: En el anexo A, se muestra el cuadro de inspecciones de los transformadores con sus respectivas acciones correctivas y los procedimientos de trabajo de cada periodo de mantenimiento.

3.6.2.2 Mantenimiento en los Disyuntores (52)

Siguen un programa de mantenimiento estricto debido a que estos aparatos son los que se encargan de impedir o permitir el paso de la corriente en condiciones normales y de cortocircuito en los sistemas eléctricos de potencia.

A continuación veremos si el equipo debe estar energizado o desenergizado.

Energizado:

- Verificar la existencia de grietas o manchas en la porcelana, escuchar si el equipo se encuentra produciendo un sonido anormal.
- Ver si hay algún aflojamiento de anillos de resorte y de cada perno de la unidad de enlace de la varilla de operación.
- Controlar el buen movimiento del contador de operaciones, apriete y reajuste de los terminales de alambrado del circuito de control y de fuerza (*si es necesario desenergizar*).
- Corrección de fallas de pintura (*si es necesario desenergizar*).

Desenergizado:

- Determinar la presencia de oxidación, polvo, entre otros dispositivos que afecten con las condiciones eléctricas del aislante de porcelana.
- Lubricar las partes móviles de la unidad del mecanismo de enlace, así como constatar el nivel de aceite si es necesario su remplazo (*S/E El Calvario*).
- Verificar la medición de la presión de gas en el sistema y la temperatura, el tapón de orificio de admisión de alimentación y la posible existencia de una fuga de gas, debe ser reparada de inmediato y de ser necesario se recargará el gas SF6 (*S/E La Cocha y San Rafael*).
- Verificar el funcionamiento y condiciones de la bobina de cierre y disparo; luego de ello la limpieza de núcleos, contactos de contadores y relés auxiliares.
- Se debe eliminar cualquier indicio de humedad de los paneles de control del patio, los puntos de óxido con productos destinados (removedor o desplazador de óxido) para este fin, al igual que cambiar los pernos que se encuentran deteriorados, terminales, cables, reconectores y regletas rotas o en mal estado.
- Debe existir una buena condición de la empaquetadura de la puerta y las condiciones de apriete de cada perno con la inspección del mecanismos de ingreso de cierre y disparo, se debe chequear los bushings y realizar una limpieza exterior como el reajuste de puesta a tierra.

A parte de estos puntos de inspección y mantenimiento se realizan pruebas, como son:

1. Prueba funcional de operación, recomendable cierre y apertura, local y remoto, si el equipo se encuentra consignado.
2. Pruebas de medición de tiempo de cierre y apertura.
3. Pruebas de resistencia de contactos, de cooperación por protecciones.
4. Pruebas de megger, factor de potencia y termografía.

NOTA: En el anexo B, se muestra el cuadro de inspecciones de los disyuntores con sus respectivas acciones correctivas y los procedimientos de trabajo de cada periodo de mantenimiento.

3.6.2.3 Mantenimiento en los Transformadores de Corriente (TC)

El mantenimiento e inspección a los transformadores de corriente no deben cumplir con un programa de mantenimiento complejo, excepto por una normal limpieza externa dependiendo del medio ambiente y de acuerdo a las prácticas de mantenimiento.

Energizado:

- Realizar una inspección visual del exterior del equipo.
- Cerciorar que el indicador de vidrio este siempre lleno de aceite (*S/E El Calvario y San Rafael*).
- Verificar que la superficie del cobertizo del aislamiento permanece cubierto con depósitos como polvo, sales, entre otros; los cuales disminuyen su potencial dieléctrico exterior, en consecuencia se debe limpiar la superficie del aislamiento de cerámica con agua y comprobar la no presencia de elementos extraños.
- Chequear el aislamiento de porcelana y determinar la presencia de resquebrajaduras, posibles goteras de aceite entre la empaquetadura y el aislamiento de cerámica (*deben ser corregidas cuidadosamente apretando los tornillos de sujeción con herramientas de torque*).

Desenergizado:

- Los TC que no utilizan aceite, se les debe realizara pruebas de aislamiento y bobinados, de saturación cada 5 años o cuando las operaciones de cortocircuito superen las 100 actuaciones para lo cual se basará en los informes de actuación de relés de los partes de operación diarios.

NOTA: En el anexo C, se muestra el cuadro de inspecciones de los transformadores de corriente con sus respectivas acciones correctivas y los procedimientos de trabajo de cada periodo de mantenimiento.

3.6.2.4 Mantenimiento en los Transformadores de Potencial (TP)

El mantenimiento e inspección a los transformadores de corriente no deben cumplir con un programa de mantenimiento complejo, excepto por una normal limpieza externa dependiendo del medio ambiente y de acuerdo a las prácticas de mantenimiento.

Energizado:

- El chequeo exterior es necesario para el control de las condiciones deseables, durante el mantenimiento del nivel de aceite. El nivel de aceite en el interior es visible por medio de una ventanilla de inspección colocada en la cámara de expansión (*S/E El Calvario y San Rafael*).

Desenergizado:

- En dicha ejecución, herramientas especiales no son requeridas para limpiar el polvo del aislador de cerámica; la sal, el polvo y algunos materiales pequeños no son aconsejable, ya que estos reducen las características dieléctricas del aislamiento, por lo cual se debe realizar la limpieza utilizando agua y verificando la no presencia de elementos extraños.
- Chequear el aislamiento de porcelana y determinar si existen resquebrajaduras, posibles goteras de aceite entre la empaquetadura y el aislamiento de cerámica deben ser corregidas cuidadosamente apretando los tornillos de sujeción con herramientas de torque (*si es necesario desenergizar*).

NOTA: En el anexo D, se muestra el cuadro de inspecciones de los transformadores de potencial con sus respectivas acciones correctivas y los procedimientos de trabajo de cada periodo de mantenimiento.

3.6.2.5 Mantenimiento en los Pararrayos (PY)

Los pararrayos necesitan de una limpieza externa dependiendo del medio ambiente.

Realizar la inspección visual exterior del equipo para verificar las condiciones en que se encuentra, durante este proceso debe asegurarse que no existan desperdicios acumulados en el aislamiento.

Energizado:

- Efectuar una inspección visual del contador de descargas para tener conocimiento de su funcionamiento.
- Ver el conexionado de la puesta a tierra.

Desenergizado:

- Eliminar los puntos de oxidación y pernos sulfatados.

Para realizar el mantenimiento se debe tener presente el contador de descargas y conexionado. Al realizar la prueba con el contador de descargas se debe verificar los ajustes de los anillos equipotenciales y de las conexiones aéreas.

NOTA: En el anexo E, se muestra el cuadro de inspecciones de los pararrayos con sus respectivas acciones correctivas y los procedimientos de trabajo de cada periodo de mantenimiento.

ADVERTENCIA: Para el ajuste del conexionado y puesta a tierra deberá tomarse en consideración que el sistema este aterrizado para evitar sobretensiones.

3.6.2.6 Mantenimiento en los Seccionadores (89)

La inspección y mantenimiento de los seccionadores se basa en los siguientes puntos:

Energizado:

- Ver el estado de funcionamiento.

Desenergizado:

- Eliminar los puntos de humedad de los paneles de control.
- Cambiar los tornillos oxidados o dañados, regletas rotas, limpiar los núcleos de los contactores y relés auxiliares.
- Verificar y limpiar la conexión de malla a tierra.

Se debe ejecutar pruebas de operación eléctrica, local y remota:

1. Pruebas de medición de tiempo de cierre y apertura.
2. Pruebas de resistencia de contactos, de cooperación por protecciones.
3. Pruebas de megado, medición de corriente.

NOTA: En el anexo F, se muestra el cuadro de inspecciones de los seccionadores con sus respectivas acciones correctivas y los procedimientos de trabajo de cada periodo de mantenimiento.

3.6.2.7 Mantenimiento en los Transformadores de Servicios Auxiliares

La programación del mantenimiento debe proveer los siguientes puntos de inspección y mantenimiento:

Energizado:

- Verificar si existe un exceso de recalentamiento en alguna parte del Transformador.

Desenergizado:

- Limpiar los bushings de residuos de suciedad, polvo, grasa y sustancias varias, reajustar los terminales de los circuitos de control y de fuerza, además revisar la tensión de los circuitos.
- Eliminar puntos de óxido y retirar las partes que no lo necesiten.
- Limpieza y reajuste de la puesta a tierra.

Realizar pruebas de medición de resistencia de aislamiento y pruebas dieléctricas del aceite.

3.6.2.8 Mantenimiento en los Barrajes, Estructuras y Servicios Auxiliares

El mantenimiento a los barrajes, estructuras y servicios auxiliares, se detallan a continuación:

Barrajes

La inspección y mantenimiento de barrajes, conlleva un trabajo peligroso por lo que debe proveerse de un programa que contemple las medidas de seguridad de los empleados y del equipo.

Cuando se trabaja con barrajes, líneas, terminales, entre otros, el mismo debe ejecutarse después de haber constatado que estas partes se encuentran debidamente desenergizadas, verificando que los interruptores estén en posición abierto, con un detector de circuitos. La omisión de estas verificaciones, puede ocasionar graves accidentes laborales.

Estructuras

Se debe empezar realizando una inspección general de las estructuras, puestas a tierra y barras.

Energizado:

- Limpiar todas las estructuras hasta la franja de seguridad (no existe riesgo para el personal de mantenimiento).

Desenergizado:

- Revisar minuciosamente las conexiones de puestas a tierra, corregir las fallas de pintura de las estructuras, y eliminar puntos de óxido y cambiar pernos si es necesario.

A parte de estos puntos de inspección y mantenimiento se realizan pruebas, como:

- Pruebas de medición de resistencia de puesta a tierra.
- Pruebas de termografía de las conexiones eléctricas y barras.

Servicios Auxiliares

Se debe realizar una limpieza de polvo, ya que impide trabajar correctamente en este tipo de equipos y además contienen materiales conductores que pueden causar cortocircuitos.

Desenergizado:

- La presencia de polvo en los contactores auxiliares puede impedir el cierre del circuito, la grasa, el aceite y la suciedad pegajosa se pueden remover fácilmente con un solvente para limpiar partes pequeñas. Se utiliza un pequeño pincel mojado con solvente y apto para llegar a los rincones y ranuras.
- Chequear los bushings y los porta fusibles; aunque algunos de estos posean partes metálicas cadmiadas para soportar la corrosión.
- Limpiar frecuentemente la superficie de contacto.
- Limpiar los contactos de los conductores de cobre y de plata ya que estos se oxidan rápidamente con las elevadas temperaturas y lentamente a temperatura normal, por lo que es indispensable chequear la resistencia de calefacción dentro de los paneles.
- Limpiar y ajustar las conexiones de los circuitos, chequear los interruptores, limpiar los aparatos de medida, revisar las lámparas indicadoras y accesorios eléctricos.

NOTA: En el anexo G, se muestra el cuadro de inspecciones de los barrajes, estructuras y servicios auxiliares con sus respectivas acciones correctivas y los procedimientos de trabajo de cada periodo de mantenimiento.

3.6.2.9 Banco de Baterías

Se debe primeramente realizar una inspección del banco de baterías, rectificadores y de las celdas.

Energizado:

- Efectuar un mantenimiento a la sala de baterías, limpiando con los productos indicados para estantes y pisos (polvax).

Desenergizado:

- Eliminar la humedad del panel de control, y puntos y pernos sulfatados.
- Realizar la limpieza de los bornes, cubiertas y placas de conexiones.

3.6.2.10 Mantenimiento en los Servicios Generales y Civiles

Sistema de Iluminación

Se refiere al chequeo de la red de corriente continua (DC) y corriente alterna (AC).

Revisar la toma de corriente del edificio y del patio de maniobra para la utilización de los diferentes trabajos de mantenimiento.

Cambiar iluminarias y accesorios defectuosos, constatando que el sistema funciona con total normalidad.

Sistema Contra Incendios

Se debe limpiar y eliminar la humedad, también puntos de óxido, fallas de pintura y cambiar pernos oxidados.

Evitar que existan productos inflamables y cortocircuitos que puedan producir incendios.

Cables, Canaletas y Ductos

El mantenimiento de estos elementos se rige bajo los siguientes parámetros:

- a) Inspección visual del aislamiento de los cables, canaletas y ductos.
- b) Ajuste de conexiones a tierra en soportes y canaletas del cable.

- c) Limpieza de las canaletas, evitando la entrada de agua en las mismas y en los pozos.
- d) Limpieza de los desagües y sumideros.
- e) Fumigación y desratización.
- f) Repintado de los códigos de identificación.

Otros Servicios

Existen otras instalaciones que se les debe brindar mantenimiento, pero que no necesitan un procedimiento estructural bajo criterios descritos, como son las edificaciones, áreas verdes y drenajes; ya que de estos trabajos se encarga personal contratado para efectuarlos (obreros y personal de limpieza).

3.6.3 Planteamiento del Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE)

El análisis AMFE, realizado a los equipos de las S/E de la ELEPCO S.A., trata de identificar las causas de fallos aún no producidos, evaluando su criticidad (es decir, teniendo en cuenta su frecuencia de aparición y su gravedad). Permite definir preventivamente los fallos potenciales, lo que orienta sobre las políticas de mantenimiento a adoptar y las políticas de repuestos.

En la tabla 3.1, se muestra la valoración utilizada en el análisis AMFE. En el anexo 17, se muestran las hojas estructuradas del AMFE de los equipos de las S/E de la ELEPCO S.A.

TABLA 3.1.- AMFE

	GRAVEDAD (1-10)	VALORES
G	Insignificante	1-2
	Moderado	3-4
	Importante	5-6
	Crítico	7-8
	Catastrófico	9-10

O	OCURRENCIA (1-10)	VALORES
	Imposible	1-2
	Remoto	3-4
	Ocasional	5-6
	Frecuente	7-8
	Muy frecuente	9-10
DETECCIÓN (1-10)		
D	DETECCIÓN (1-10)	VALORES
	Probabilidad de detección muy elevada	1-2
	Probabilidad de detección elevada	3-4
	Probabilidad de detección moderada	5-6
	Probabilidad de detección escasa	7-8
Probabilidad de detección muy escasa	9-10	

FUENTE: HOR DAGO. ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS
ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

3.6.4 Análisis de Criticidad (AC)

El análisis de criticidad de las S/E “El Calvario”, “La Cocha” y “San Rafael”, pretende estimar la magnitud del problema que ocasiona la falla de un módulo o de los equipos y mediante su nivel de incidencia dentro del servicio eléctrico y establecer las estrategias de mantenimiento para solucionar las fallas potenciales encontradas.

3.6.4.1 Definición del Alcance y Objetivo del Estudio

En las S/E El Calvario, La Cocha y San Rafael de la ELEPCO S.A, esta herramienta se hace vital a la hora de priorizar órdenes de trabajo y proyectos de inversión, ya que el número de equipos que se encuentran funcionando son considerables como para implementar una política o estrategia de mantenimiento en tan poco tiempo.

La elaboración del estudio de Análisis de Criticidad se realizó a partir de un formato de encuesta que permite recoger la información de los ingenieros, técnicos y operarios de las S/E, ya que no se ha implementado aún un programa de mantenimiento que permita recolectar este tipo de investigación.

3.6.4.2 Selección del Personal a Entrevistar

El personal seleccionado para contestar las encuestas del estudio de Análisis de Criticidad en cada S/E, es el siguiente:

- Jefe de Subestaciones
- Jefe de Mantenimiento y Operación
- Jefe de Mantenimiento de S/E
- Ayudante Técnico de Mantenimiento de S/E (uno por subestación)
- Operadores de las S/E (uno por subestación)
- Auxiliares de Ingeniería (uno por subestación)

3.6.4.3 Importancia del Estudio

A todas las personas involucradas en el estudio se les realiza una presentación completa del tema donde se explica la metodología, los alcances y la importancia de los resultados. Se dan las instrucciones sobre cómo diligenciar el formato de encuesta. Además se puntualiza el compromiso que se debe tener para que el estudio arroje los mejores resultados.

3.6.4.4 Recolección de Datos

La recolección de la información fue realizada a partir de las encuestas contestadas por los ingenieros, técnicos y operarios involucrados con el funcionamiento de las S/E y según el organigrama mostrado en la tabla 3.5.

Para establecer los niveles de criticidad se utiliza la siguiente expresión matemática:

$$\mathbf{CRITICIDAD = FRECUENCIA DE FALLO * CONSECUENCIA} \quad \mathbf{[Ec. 3.1]}$$

DONDE:

$$\mathbf{Consecuencia = a + b}$$

a = Costo reparación + Impacto en Seguridad + Impacto Ambiental +
Impacto Satisfacción Cliente

b = Impacto en el servicio x Tiempo Promedio para reparar MTTR.

Esta encuesta está compuesta por 7 preguntas. Cada pregunta tiene una serie de respuestas con una ponderación diferente, esta ponderación se presenta en la tabla 3.2 y le asigna un valor específico a cada valor o parámetro dependiendo de las características del equipo a evaluar (ver el formato de puntaje para las entrevistas de criticidad, en tabla 3.3).

TABLA 3.2.- FORMATO DE LAS ENCUESTAS, ANÁLISIS DE CRITICIDAD S/E ELEPCO S.A.

ENCUESTA ANÁLISIS DE CRITICIDAD

PERSONA: _____ ÁREA O SECCIÓN: _____

EQUIPO: _____ FECHA: _____

<p>1. FRECUENCIA DE FALLA (Falla que impacte servicio del sistema S/E)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 20px;"></td><td>No más de 1 por año</td></tr> <tr><td></td><td>Entre 2 y 15 por año</td></tr> <tr><td></td><td>Entre 16 y 30 por año</td></tr> <tr><td></td><td>Entre 31 y 50 por año</td></tr> <tr><td></td><td>Más de 50 por año</td></tr> </table>		No más de 1 por año		Entre 2 y 15 por año		Entre 16 y 30 por año		Entre 31 y 50 por año		Más de 50 por año	<p>2. TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 20px;"></td><td>Menos de 4 horas</td></tr> <tr><td></td><td>Entre 4 y 8 horas</td></tr> <tr><td></td><td>Entre 8 y 24 horas</td></tr> <tr><td></td><td>Entre 24 y 48 horas</td></tr> <tr><td></td><td>Más de 48 horas</td></tr> </table>		Menos de 4 horas		Entre 4 y 8 horas		Entre 8 y 24 horas		Entre 24 y 48 horas		Más de 48 horas
	No más de 1 por año																				
	Entre 2 y 15 por año																				
	Entre 16 y 30 por año																				
	Entre 31 y 50 por año																				
	Más de 50 por año																				
	Menos de 4 horas																				
	Entre 4 y 8 horas																				
	Entre 8 y 24 horas																				
	Entre 24 y 48 horas																				
	Más de 48 horas																				
<p>3. IMPACTO SOBRE EL SERVICIO(Asociado a las S/E)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 20px;"></td><td>No afecta al servicio eléctrico</td></tr> <tr><td></td><td>25% de Impacto</td></tr> <tr><td></td><td>50% de Impacto</td></tr> <tr><td></td><td>75% de Impacto</td></tr> <tr><td></td><td>La Impacta Totalmente</td></tr> </table>		No afecta al servicio eléctrico		25% de Impacto		50% de Impacto		75% de Impacto		La Impacta Totalmente	<p>4. COSTO DE REPARACIÓN (Dólares)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 20px;"></td><td>Menos de \$ 250,00</td></tr> <tr><td></td><td>Entre \$ 250,00 a \$ 500,00</td></tr> <tr><td></td><td>Entre \$ 500,00 a \$ 1 000,00</td></tr> <tr><td></td><td>Más de \$ 1 000,00</td></tr> </table>		Menos de \$ 250,00		Entre \$ 250,00 a \$ 500,00		Entre \$ 500,00 a \$ 1 000,00		Más de \$ 1 000,00		
	No afecta al servicio eléctrico																				
	25% de Impacto																				
	50% de Impacto																				
	75% de Impacto																				
	La Impacta Totalmente																				
	Menos de \$ 250,00																				
	Entre \$ 250,00 a \$ 500,00																				
	Entre \$ 500,00 a \$ 1 000,00																				
	Más de \$ 1 000,00																				
<p>5. IMPACTO AMBIENTAL</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 20px;"></td><td>No origina ningún impacto ambiental</td></tr> <tr><td></td><td>Contaminación ambiental baja, el impacto se manifiesta en un espacio reducido dentro de los límites de la S/E</td></tr> <tr><td></td><td>Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la S/E</td></tr> </table>			No origina ningún impacto ambiental		Contaminación ambiental baja, el impacto se manifiesta en un espacio reducido dentro de los límites de la S/E		Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la S/E														
	No origina ningún impacto ambiental																				
	Contaminación ambiental baja, el impacto se manifiesta en un espacio reducido dentro de los límites de la S/E																				
	Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la S/E																				

	Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas, quejas de la comunidad, procesos sancionatorios
6. IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	
	No origina heridas ni lesiones
	Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes
	Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días
	Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente
7. IMPACTO EN SATISFACCIÓN AL CLIENTE (Departamento de Mantenimiento S/E)	
	No ocasiona pérdidas económicas en otras áreas de la empresa
	Puede ocasionar pérdidas económicas hasta de \$ 25 000,00
	Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de \$ 35 000,00 y menores de \$ 50 000,00
	Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de \$ 50 000,00

FUENTE: PDVSA E & P OCCIDENTE, MANTENIMIENTO AMFE Y AC
ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

Una vez realizada la encuesta los resultados se clasifican en una hoja de cálculo, donde se obtiene el valor de criticidad para cada equipo y por cada una de las personas entrevistadas. Finalmente se realiza un promedio con los resultados obtenidos para determinar la criticidad final del equipo.

Los criterios o parámetros que se utilizaron para la elaboración de las encuestas, las tablas de ponderación y el cálculo de los valores de criticidad de los sistemas fueron los siguientes:

Frecuencia de Fallas.- Representa las veces que falla cualquier componente del sistema que produzca la pérdida de su función, es decir, que implique una parada, en un periodo de un año.

Nivel de Producción.- Representa la producción aproximada por día de la instalación y sirve para valorar el grado de importancia de la instalación a nivel económico.

Tiempo Promedio para Reparar.- Es el tiempo promedio por día empleado para reparar la falla, se considera desde que el equipo pierde su función hasta que esté disponible para cumplirla nuevamente. El MTTR, mide la efectividad que se tiene para restituir la unidad o unidades del sistema en estudio a condiciones óptimas de operación.

Impacto en la Producción.- Representa la producción aproximada porcentualmente que se deja de obtener (por día), debido a fallas ocurridas (diferimiento de la producción). Se define como la consecuencia inmediata de la ocurrencia de la falla, que puede representar un paro total o parcial de los equipos de las S/E y al mismo tiempo el paro del proceso productivo de la empresa.


Costo de Reparación.- Se refiere al costo promedio por falla requerido para restituir el equipo a condiciones óptimas de funcionamiento, incluye labor, materiales y transporte.

Impacto en la Seguridad Personal.- Representa la posibilidad de que sucedan eventos no deseados que ocasionen daños a equipos e instalaciones y en los cuales alguna persona pueda o no resultar lesionada.

Impacto Ambiental.- Representa la posibilidad de que sucedan eventos no deseados que ocasionen daños a equipos e instalaciones produciendo la violación de cualquier regulación ambiental, además de ocasionar daños a otras instalaciones.

Impacto Satisfacción al Cliente.- Se evalúa el impacto que la ocurrencia de una falla afectaría a las expectativas del cliente. En este caso se considera cliente a los usuarios a los cuales se les suministran el servicio de energía eléctrica.

TABLA 3.3.- PARÁMETROS DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD

 EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI ÁREA DE MANTENIMIENTO DE S/E PONDERACIONES DE LOS PARÁMETROS DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD	
1. FRECUENCIA DE FALLA (Falla que impacte servicio del sistema S/E)	Puntaje
No más de 1 por año	1
Entre 2 y 15 por año	2
Entre 16 y 30 por año	3
Entre 31 y 50 por año	3
Más de 50 por año	5
2. TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	
Menos de 4 horas	1
Entre 4 y 8 horas	2
Entre 8 y 24 horas	3
Entre 24 y 48 horas	3
Más de 48 horas	5
3. IMPACTO SOBRE EL SERVICIO (Por el número de fallas al año)	
No afecta al servicio eléctrico	0,05 F
25% de Impacto	0,30 F
50% de Impacto	0,50 F
75% de Impacto	0,80 F
La Impacta Totalmente	1,00 F
4. COSTO DE REPARACIÓN (Dólares)	
Menos de \$ 250,00	3
Entre \$ 250,00 a \$ 500,00	5
Entre \$ 500,00 a \$ 1 000,00	10
Más de \$ 1 000,00	25
5. IMPACTO AMBIENTAL	
No origina ningún impacto ambiental	0
Contaminación ambiental baja, el impacto se manifiesta en un espacio reducido dentro de los límites de la S/E	5
Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la S/E	10
Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas, quejas de la comunidad, procesos sancionatorios	25
6. IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	
No origina heridas ni lesiones	0
Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes	5
Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días	10
Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente	25
7. IMPACTO EN SATISFACCIÓN AL CLIENTE (Departamento de Mantenimiento S/E)	
No ocasiona pérdidas económicas en otras áreas de la empresa	0
Puede ocasionar pérdidas económicas hasta de \$ 25 000,00	5

Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de \$ 35 000,00 y menores de \$ 50 000,00	10
Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de \$ 50 0000,00	20

FUENTE: PDVSA E & P OCCIDENTE, MANTENIMIENTO AMFE Y AC

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

3.6.4.5 Verificación y Análisis de Datos

Los resultados alcanzados avalaron la cuantía del estudio y de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo dentro de las S/E de la ELEPCO S.A. y contaron con la aceptación de su proceso de estudio.

3.6.4.6 Resultados del Estudio

El primer paso para obtener los resultados del Análisis de Criticidad es establecer los puntajes de los parámetros medidos de las respuestas de las personas entrevistadas. Este promedio se ingreso a una hoja de cálculo para obtener la criticidad final.

TABLA 3.4.- EJEMPLO DE PUNTAJES FINALES DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA S/E EL CALVARIO

PARÁMETROS	PUNTAJE FINAL
1. Frecuencia de falla	2,67
2. Tiempo promedio para Reparar	4,17
3. Impacto sobre el servicio	0,57
4. Costo de reparación	22,50
5. Impacto ambiental	3,33
6. Impacto en la salud y seguridad personal	2,50
7. Impacto en satisfacción al cliente	9,17

FUENTE: PERSONAL ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

TABLA 3.5.- CRITICIDAD NUMÉRICA EMPLEANDO LA FÓRMULA MATEMÁTICA

TRANSFORMADOR DE POTENCIA S/E EL CALVARIO	
CRITICIDAD = [2,67] x [(22,5+4,17+2,50+9,17) + (3,33+0,57)]	
CRITICIDAD = 102,36	

FUENTE: PERSONAL ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

A continuación se presentan los resultados logrados de las tres S/E de la ELEPCO S.A.:

TABLA 3.6.- PUNTAJES FINALES ANÁLISIS DE CRITICIDAD S/E EL CALVARIO

EQUIPOS		PUNTAJES FINALES
1	Transformador de Potencia	102,36
2	Disyuntor de Potencia	51,66
3	Reconectador	45,07
4	Transformador de Corriente	40,45
5	Transformador de Potencial	40,45
6	Pararrayos o Apartarrayos	44,29
7	Seccionador	44,91
8	Barras y Estructuras	29,15
9	Banco de Baterías	39,49
10	Puesta a Tierra	34,51

FUENTE: PERSONAL ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

TABLA 3.7.- PUNTAJES FINALES ANÁLISIS DE CRITICIDAD S/E LA COCHA

EQUIPOS		PUNTAJES FINALES
1	Transformador de Potencia	76,78
2	Disyuntor de Potencia	79,42
3	Transformador de Corriente	38,34
4	Transformador de Potencial	35,37
5	Pararrayos o Apartarrayos	37,13
6	Seccionador	39,57
7	Barras y Estructuras	22,76
8	Banco de Baterías	26,79
9	Puesta a Tierra	21,04

FUENTE: PERSONAL ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

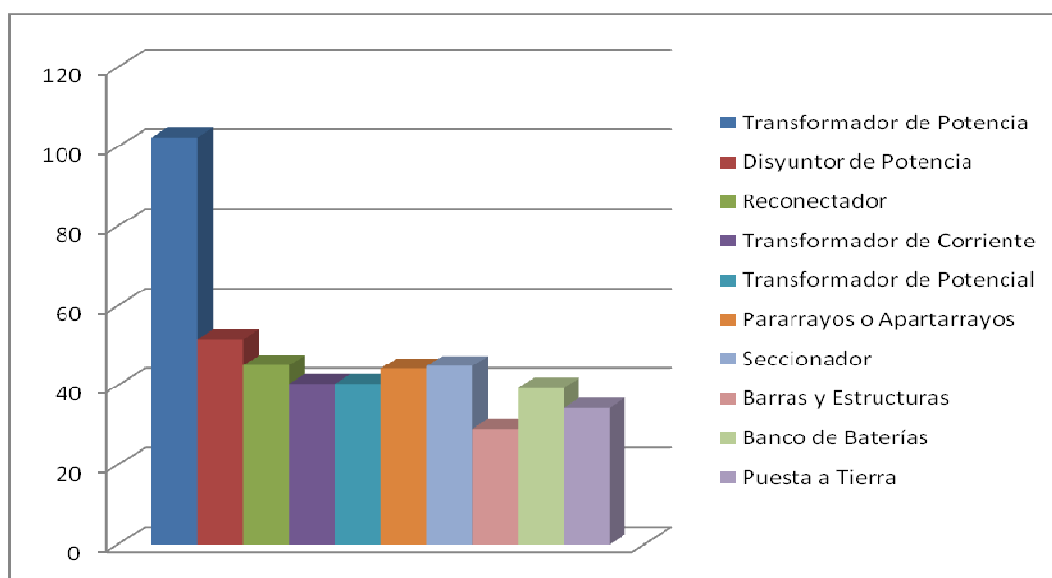
TABLA 3.8.- PUNTAJES FINALES ANÁLISIS DE CRITICIDAD S/E SAN RAFAEL

EQUIPOS		PUNTAJES FINALES
1	Transformador de Potencia	67,34
2	Disyuntor de Potencia	61,60
3	Transformador de Corriente	70,54
4	Transformador de Potencial	70,54
5	Pararrayos o Apartarrayos	70,54
6	Seccionador	53,35
7	Barras y Estructuras	20,46
8	Banco de Baterías	22,73
9	Puesta a Tierra	18,95

FUENTE: PERSONAL ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

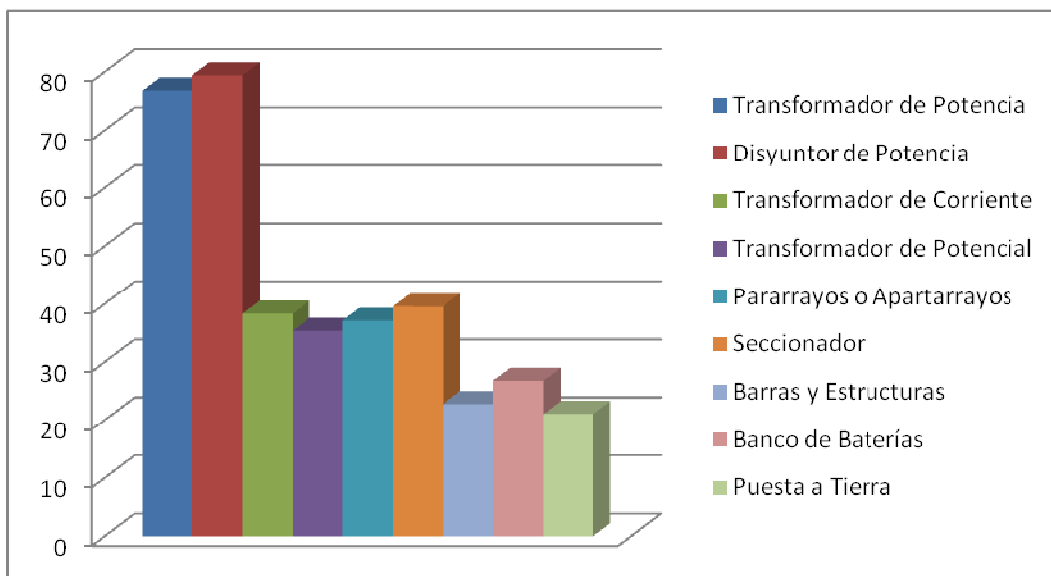
FIGURA 3.1.- DIAGRAMA DE BARRAS DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LA S/E EL CALVARIO



FUENTE: PERSONAL ELEPCO S.A.

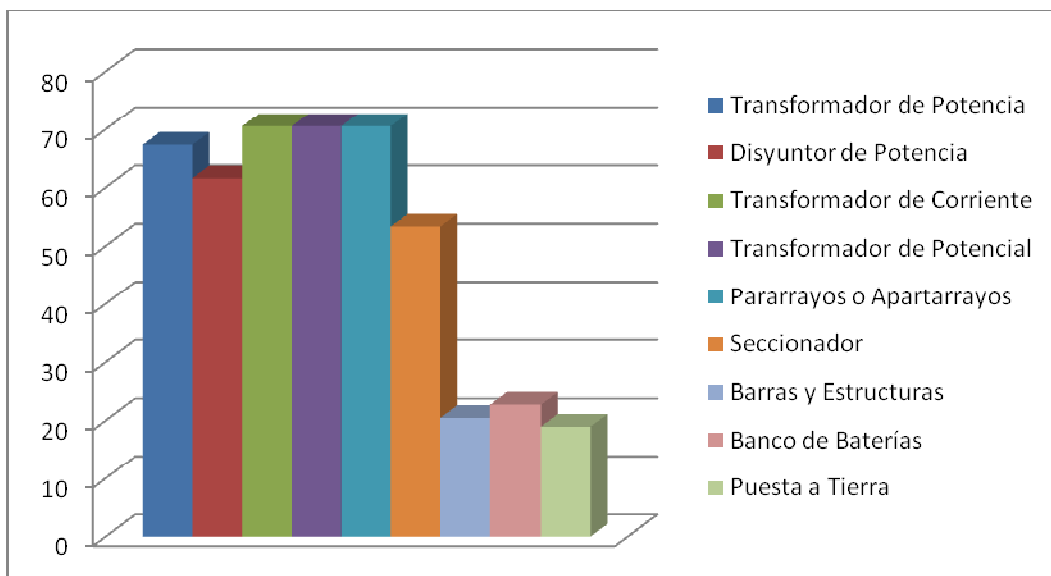
ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

FIGURA 3.2.- DIAGRAMA DE BARRAS DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LA S/E LA COCHA



FUENTE: PERSONAL ELEPCO S.A.
ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

FIGURA 3.3.- DIAGRAMA DE BARRAS DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LA S/E SAN RAFAEL



FUENTE: PERSONAL ELEPCO S.A.
ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

3.7 PLAN GENERAL DE MANTENIMIENTO BASADO EN EL ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE) Y ANÁLISIS DE CRITICIDAD (AC)

Los resultados obtenidos del AMFE y AC de las S/E de la ELEPCO S.A., permitieron establecer que el plan de mantenimiento preventivo general, admite reducir las paradas imprevistas, los costos de mantenimiento y un mejor control del personal, materiales y equipos.

3.7.1 Plan de mantenimiento Preventivo de las S/E de ELEPCO S.A.

El plan de mantenimiento preventivo pretende con el diseño de rutas de inspección, proporcionar la información necesaria del estado actual de los componentes que hacen parte de los equipos críticos de las S/E.

Esta información es necesaria para planear trabajos programados que puedan prevenir paros imprevistos y daños severos en los equipos. Estas rutas de inspección fueron diseñadas bajo la supervisión de ingenieros de mantenimiento y operación, de tal forma que el operario o empleado revise los puntos vulnerables de las componentes de los equipos de las S/E.

3.7.1.1 Formato del Plan de Mantenimiento Preventivo

Dentro del formato del plan de mantenimiento preventivo diseñado para las S/E de distribución de la ELEPCO S.A., se puede encontrar información de los equipos. Esta información hace fácil la búsqueda de las características del componente en la base de datos o en las hojas de registro internas de la empresa.

3.7.3.2 Programa Anual

El programa anual de mantenimiento de las S/E de distribución de la ELEPCO S.A., tienen como objetivo primordial el lograr que sus unidades constitutivas

trabajen económicamente en forma normal durante todo su periodo de vida útil. Forman parte del programa el registro de datos, la programación de las actividades, las normas técnicas, los recursos humanos y materiales y los controles necesarios para su desarrollo y la evaluación correspondiente.

En el manual anexo al trabajo investigativo, se puede apreciar el plan de mantenimiento anual de las S/E El Calvario, La Cocha y San Rafael de la ELEPCO S.A., respectivamente.

3.7.3.3 Costos de Mantenimiento

Los costos de mantenimiento determinan el beneficio económico que tendría la empresa al reducir las fallas o paradas imprevistas que pueden suceder en cada S/E, tomando como criterio a los costos anteriores vs. los costos generados al implementar el plan de mantenimiento preventivo y en los cuales intervienen los costos de reparación y el costo de satisfacción al cliente.

Para realizar este tipo de costos se contó con la ayuda del jefe de S/E, el personal de mantenimiento e información recolectada de cada S/E.

A continuación se detalla de mejor manera el estimado de los costos promedios de mantenimiento durante un año de servicio.

$$\text{COSTO REPARACIÓN} = \text{MANO DE OBRA} + \text{MATERIALES Y HERRAMIENTAS} + \text{TRANSPORTE} + \text{REPUESTOS} \quad [\text{Ec. 3.2}]$$

Un ejemplo claro, se denota, utilizando la ecuación 3.2 y los datos obtenidos de las S/E:

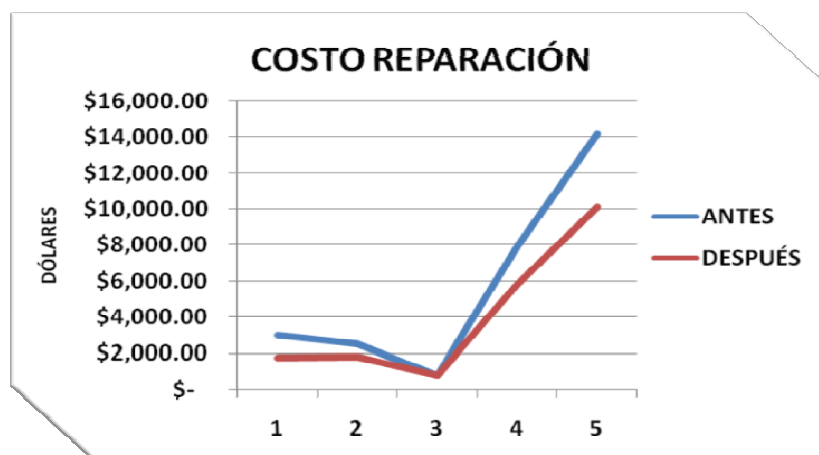
TABLA 3.9.- S/E EL CALVARIO

COSTO REPARACIÓN		
ANTES	DESPUÉS	
\$ 3,000.00	\$ 1,750.00	
\$ 2,500.00	\$ 1,800.00	
\$ 800.00	\$ 800.00	
\$ 7,000.00	\$ 5,400.00	
\$ 13,300.00	\$ 9,750.00	TOTAL

FUENTE: ARCHIVOS ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

FIGURA 3.4.- EVOLUCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO S/E EL CALVARIO



FUENTE: ARCHIVOS ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

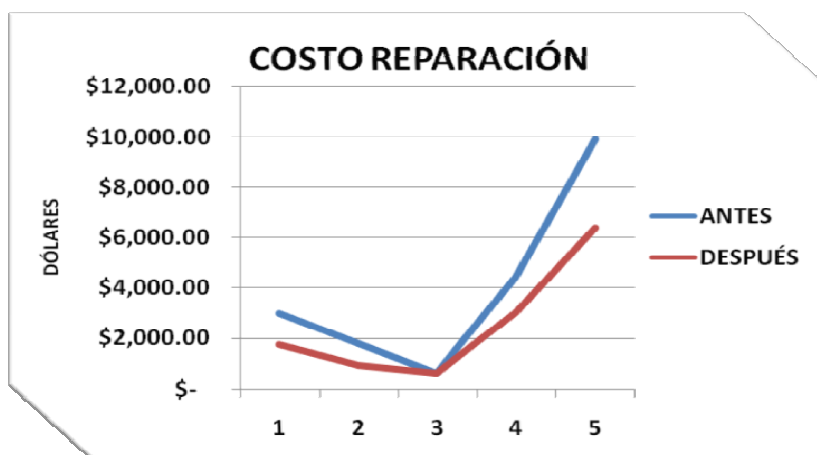
TABLA 3.10.- S/E LA COCHA

COSTO REPARACIÓN		
ANTES	DESPUÉS	
\$ 3,000.00	\$ 1,750.00	
\$ 1,800.00	\$ 985.03	
\$ 654.34	\$ 654.34	
\$ 4,439.07	\$ 3,002.87	
\$ 9,893.41	\$ 6,392.24	TOTAL

FUENTE: ARCHIVOS ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

FIGURA 3.5.- EVOLUCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO S/E LA COCHA



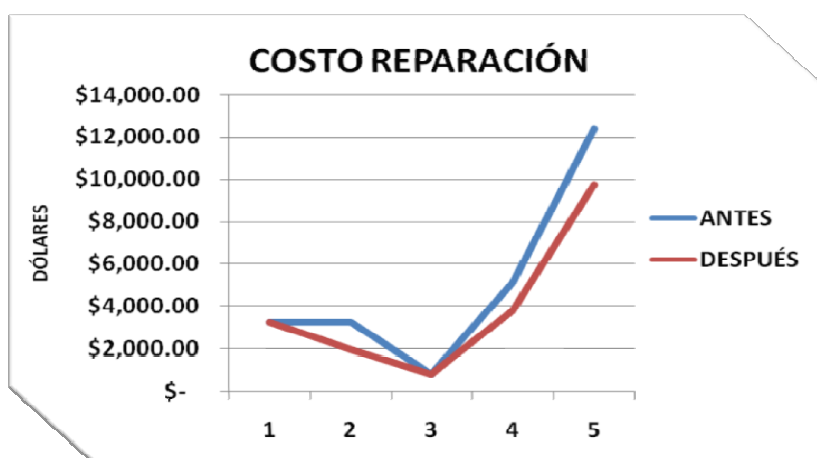
FUENTE: ARCHIVOS DE LA ELEPCO S.A.
ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

TABLA 3.11.- S/E SAN RAFAEL

COSTO REPARACIÓN		
ANTES	DESPUÉS	
\$ 3,220.00	\$ 3,220.00	
\$ 3,238.56	\$ 1,956.87	
\$ 809.80	\$ 809.80	
\$ 5,103.32	\$ 3,765.21	
\$ 12,371.68	\$ 9,751.88	TOTAL

FUENTE: ARCHIVOS DE LA ELEPCO S.A.
ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

FIGURA 3.6.- EVOLUCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO S/E SAN RAFAEL



FUENTE: ARCHIVOS DE LA ELEPCO S.A.
ELABORADO POR: GRUPO INVESTIGADOR

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Una vez realizada la inducción de las S/E El Clavario, La Cocha y San Rafael de la ELEPCO S.A., procedimos al levantamiento técnico de los equipos y mecanismos existentes, relacionando: planos, códigos y repuestos debido a que esta información no existía en los archivos de la empresa.
- La Empresa Eléctrica Provincial de Cotopaxi S.A., requiere establecer criterios más amplios en mantenimiento, que permitan estructurar una buena organización y tendencias confiables y ágiles en la entrega de servicio eléctrico de calidad.
- Inicialmente se estableció que las S/E de la ELEPCO S.A., no tenía una manual de mantenimiento electromecánico, para los equipos y elementos que poseen las S/E. Por tanto la propuesta fue el de diseñar e implementar el manual de mantenimiento electromecánico, para orientar al personal que labora dentro de las S/E, planteando una guía flexible para la ejecución del mantenimiento, con el fin de prevenir accidentes y ayudar a tener una mayor confiabilidad eléctrica.
- Se hizo, indispensable el empleo del Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) y Análisis de Criticidad (AC) para consolidar criterios cuantificables y medibles del estado actual de las S/E en estudio de la ELEPCO S.A., y permitan direccionar los esfuerzos hacia los equipos más críticos.
- Las directrices encaminadas al mantenimiento preventivo-correctivo, se detallan en el manual electromecánico de las subestaciones de distribución El Calvario, La Cocha y San Rafael, con miras a disponer de un documento práctico y oportuno para el diario quehacer laboral.

- El manual de mantenimiento representa un aporte importante para las S/E de la ELEPCO S.A., ya que un gran porcentaje de pérdidas o costos era por causas de desperfectos en los equipos. También el mantener las áreas y ambientes de trabajo con adecuado orden, limpieza, iluminación, entre otros.
- Dentro de la implementación del manual de mantenimiento se hace necesario incluir un plan de mantenimiento electromecánico preventivo que ayude a mejorar el conocimiento del personal en los temas de mantenimiento industrial, frecuencia del mantenimiento y tareas a realizar en el equipo durante un período de mantenimiento.
- La realización de inspecciones como de pruebas a los equipos durante periodos de tiempo, permitirá observar y vigilar el regular funcionamiento de los equipos de las S/E, con el propósito de tomar medidas preventivas de mantenimiento.
- El adecuado empleo de los procedimientos en un trabajo de mantenimiento, permite garantizar la vida útil de los equipos de las subestaciones y su constante funcionamiento, así como la acertada planificación de los recursos humanos y económicos.
- Las estrategias de mantenimiento de las S/E servirán como un modelo accesible y confiable, en la organización, planificación y orientación acertada de las exigencias planteadas como empresa y de los organismos de control eléctrico, incursionando para su efecto en actualizaciones técnicas-tecnológicas.
- El éxito y valía del plan de mantenimiento preventivo diseñado dependerá en gran parte del empeño y honestidad con que el personal de las S/E de la ELEPCO S.A., realice los trabajos programados, así como de la elaboración de los informes de mantenimiento desarrollados.

RECOMENDACIONES

- Las autoridades de la ELEPCO S.A., conjuntamente con la Dirección Técnica; deben comprometerse a dar la importancia necesaria al mantenimiento de las S/E que componen su sistema de distribución de manera que se generen costos/beneficios sustanciales para la empresa.
- Para establecer un mantenimiento electromecánico apropiado de las S/E, es necesario que los empleados cumplan con las medidas de seguridad laboral con el propósito de resguardar su integridad y de los equipos a mantener.
- El manual de mantenimiento, contribuirá al cumplimiento de las estrategias planteadas para mantener en buen estado los equipos que dentro de ella se incluyen, estableciendo ambientes de trabajo seguros y, por medio de las técnicas implementadas lograr una mejora continua en aspectos de servicio eléctrico.
- Al departamento de mantenimiento le corresponderá mantener actualizado los trabajos de mantenimiento efectuados, de manera que cualquier cambio generado, posea un historial documentado de mantenimiento. Así como también la continua actualización de los cambios que se le dé a las S/E, con el fin de tener la información exacta ante cualquier eventualidad.
- Los integrantes del Área de Mantenimiento de las S/E de la ELEPCO S.A., deben plantear mejoras en la organización, planificación y programación del mantenimiento para su efecto se pueden utilizar herramientas computacionales y memorias documentadas.
- El área de mantenimiento, debe realizar una revisión periódica del manual, conjuntamente con el comité de seguridad industrial y la administración de la ELEPCO S.A., con el fin de actualizar las normas y reglamentos incluidos dentro del mismo y eliminar aquellos que se consideren obsoletos.

- Se pide a la Empresa Eléctrica (ELEPCO S.A.), capacitar al personal de subestaciones en nuevas tendencias de mantenimiento e innovaciones tecnológicas con la intención de tener perfeccionamientos en el proceso del servicio eléctrico.
- Renovar la codificación interna de la empresa de cada S/E, para unificar el listado de los equipos que operan actualmente y así evitar confusiones y retrasos en las tareas de mantenimiento.
- Se recomienda cumplir el programa de mantenimiento, tomando en consideración la criticidad de cada S/E y el grado de severidad que influyen en su funcionamiento.
- En la S/E El Calvario y La Cocha, se debe priorizar en dar mantenimiento al transformador de potencia, ya que tiene mayor grado de criticidad por sus años de servicio, pero sin menospreciar las actividades de mantenimiento de los demás equipos.
- En la S/E San Rafael, se debe prevalecer en dar mantenimiento a los transformadores de corriente y potencial; y relé de protección que tienen mayor grado de criticidad por sus años de servicio, pero sin menospreciar las actividades de mantenimiento de los demás equipos.

BIBLIOGRAFÍA

CITADA

- BROUGH, New E.T. *Adiestramiento de Mantenimiento Industrial*. Amburgo: Editorial DIANA, 2002. 405 p.
- DE VITO, Wildi. *Experimentos y Ensayos con Equipo Eléctrico*. Traducción: España. Italia: Editorial Limusa, 2002. 856 p.
- DURÁN, José Bernardo. *Nuevas Tendencias del Mantenimiento en la Industria Eléctrica*. Cartagena: Editorial SIMCE-CER, 2003. 200 p.
- GARIK, WHIPLPLE. *Máquinas de Corriente Alterna*. Traducción: México. E.E.U.U.: Editorial C.E.C.S.A. 2001. Primera Edición. 188 p.
- GINGRICH, Harold W. *Máquinas Eléctricas, Transformadores y Controles*. Traducción: Colombia. Canadá: Editorial Prentice Hall. Primera Edición. 2005. 887 p.
- KOSOW, Irvin L. *Máquinas Eléctricas y Transformadores*. Traducción: México. Rusia: Editorial Reverte, 2003. Edición II. 760 p.
- MASON, C. *El Arte y la Ciencia de la Protección por Relevadores*. México: Editorial ISBN, 2004. 136 p.
- MORROW, L.C. *Manual de Mantenimiento Industrial*. Traducción: España. Alemania: Editorial C.E.C.S.A. 2004. Quinta Edición. 200 p.
- PÉREZ MONROY, Juan. *Mantenimiento Preventivo de Subestaciones*. Caracas-Venezuela: Editorial CAMEI, 2001. 154 p.
- ROSALER, P.E.; CINTER, Robert. *Manual de Mantenimiento Industrial*. México: Editorial McGraw Hill, 2004. 536 p.
- SISKIND, Charles. *Máquinas Eléctricas*. Argentina: Editorial McGraw Hill, 2002. Tercera Edición 756 p.
- SNAJURJO, Rafael. *Máquinas electromagnéticas y electromecánicas*. México: Editorial Representaciones y Servicios de Ingeniería, 2005. Tomos 1, 2 y 3. 760 p.

CONSULTADA

- BECERRA SOLÓRZANO, Guillermo. Diseño de un Sistema Integrado de Confiabilidad Operacional para el Área de Servicios Industriales de Bavaria S.A. Cervecería de Boyacá. U.P.T.C. Escuela de Ingeniería Electromecánica. Duitama, 2005, Capítulo 3, p. 88-199.
- CHAPMAN, Stephen J. *Máquinas Eléctricas*. Traducción: México. Rusia: Editorial McGraw Hill, 2002. Edición III. p. 534-734.
- DONALD G., Fink; H. WAYNE Beaty. *Manual de Ingeniería Eléctrica Tomo I, II*. México: Editorial McGraw Hill., 2008, p. 250-380.
- ENRIQUEZ HARPER, Gilberto. *El ABC de las Máquinas Eléctricas S.A.* Editorial. Continental, 2003. p. 200-740.
- ENRIQUEZ HARPER, Gilberto. *Elementos de diseño de Subestaciones Eléctricas*. México: Editorial LIMUSA, 2004. Tercera Edición. p. 123- 529.
- ENRIQUEZ HARPER, Gilberto. *Líneas de Transmisión Tomos 1 y 2*. México: Editorial LIMUSA, 2002. Tercera Edición. p. 788-856.
- ENRIQUEZ HARPER, Gilberto. *Manual del Técnico En Subestaciones Eléctricas, Industriales y Comerciales*. México: Editorial LIMUSA, 2009. Primera Edición. p. 8-429.
- GARCÍA PALENCIA, Oliverio Ing. MSc. Estrategias de Mantenimiento Basadas en Confiabilidad. Primer Congreso Internacional de Ingeniería Electromecánica Villa del Rosario de Cúcuta, 2004, p. 55-423.
- GUILLEN, José. *Plan de Mantenimiento Preventivo a la Subestación los Tanques del C.A.* Electricidad del Centro ELECENRO. Instituto Universitario Tecnológico de Seguridad Industrial. México: I.U.T.S.I., p. 5-32
- HUERTA R. Confiabilidad Operacional Técnicas, Métodos y Herramientas de trabajo. Curso Internacional, DataStream, Customer Care. Engiering Reliability and Management. Bogotá: Febrero 2004, p. 322-434.
- MENDOZA, R. H. *Análisis de Criticidad*, una metodología para mejorar la Confiabilidad Operacional. Mantenimiento Mundial. Revista N° 9, Septiembre 2009, p.122-300.

- MOLINA SÁNCHEZ, Hugo; FARIAS DE LA PEÑA, Ricardo. “*Manual de Mantenimiento a Equipos e Instalaciones de Subestaciones Eléctricas*. México: Editorial Sociedad Hipotecaria Federal, 2003, p. 37-582
- MONTAÑA RIVEROS, Leonardo.; ROSAS NIÑO, Elkin Gustavo, Diseño de un Sistema de Mantenimiento con Base en Análisis de Criticidad y Análisis de Modos y Efectos de Falla en la planta de Coque de Fabricación Primaria en la Empresa ACERÍAS PAZ DEL RÍO S.A. Escuela de Ingeniería Electromecánica. DUITAMA-Colombia: 2006, p. 52-128.
- MORALES, Julio S. *Mantenimiento Industrial I*. Tecnicatura Superior en Mantenimiento Industrial. Materia Integradora del Primer Año, 2006, Temas 1 a 4, p. 4-88.
- NÚÑEZ FORESTIERI, Juan. *Guía para el Mantenimiento de Transformadores de Potencia*. Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación. Guayaquil-Ecuador: ESPOL, 2004, p. 37-355.
- RAMIREZ CAVASSA, Cesar. *Seguridad Industrial*. México: Editorial LIMUSA, 2004, p. 90-121.
- STEVENSON, W. D. *Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia*. Traducción: México. Alemania: Editorial McGraw Hill, 2003, Segunda Edición, p. 300-333.
- *Administración y Control de Mantenimiento*. Editorial ARMO, 2000, p. 20-34.
- CONSULTORIA DE MANTENIMIENTO. *Mantenimiento de Subestaciones y Tableros Eléctricos*. Subdirección de Producción, 2008, Nueva Edición, p. 244-454.
- *Mantenimiento de Transformadores de Potencia MT/MT*. Montevideo-Uruguay: Editorial URUMAN, 2008, p. 8-15.
- *Manual de Procedimientos de Pruebas a Equipos Eléctrico*. Guatemala: Editorial C.F.E., 2003, p. 299-388.

VIRTUAL

- ABB AB. Transformadores de medida para aplicaciones exteriores. Productos de Alta Tensión. LUDVIKA, Suecia. Disponible en <http://www.abb.com>.

- A.F.M.E. Asociación de Fabricantes de Material Eléctrico. Disponible en <http://www.afme.es>.
- AIMARETTI, Ricardo. Ingeniero Staff. Tadeo Czerweny S.A. Disponible en <http://www.tadeoczerweny.com.ar>.
- Biblioteca de Schneider Electric. Disponible en <http://www.schneiderelectric.es>.
- BICC General Cable (cables). Disponible en <http://www.generalcable.es>.
- CIRCUTOR. Disponible en <http://www.circutor/es>.
- Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Albacete. Disponible en <http://www.coitiab.es>.
- Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A. Disponible en <http://www.elepcosa.com>.
- Fouad Brikci, 2006. Disponible en <http://www.zensol.com>.
- Transformer Maintenance, Bureau of Reclamation, United States of Department of interior, Denver Colorado, October 2009. Disponible en <http://www.fist.org>.
- Transporte de Energía Eléctrica. Disponible en <http://bdd.unizar.es>.
- SIG Oleícola Español. Disponible en http://w3.mapya.es/dinatierra_v3/SIGPAC.
- RCM (Mantenimiento Basado en la Confiabilidad). Disponible en <http://www.ereabilitym.com>.
- Red Eléctrica de España. Disponible en <http://www.ree.es>.
- Mantenimiento Mundial. Disponible en <http://www.mantenimientomundial.com>.
- Mantenimiento Total. Disponible en <http://www.mantenimientototal.com>.
- TABERNERO GARCÍA, Andrés. Director de Proyectos Unitronics S.A. Disponible en <http://www.unitronics.es>.
- UNESA. Asociación Española de la Industria Eléctrica. Disponible en <http://www.unesa.es>.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Ampérmetros o Amperímetro: Es un instrumento que sirve para medir la intensidad de corriente que está circulando por un circuito eléctrico. El amperímetro es un simple galvanómetro (instrumento para detectar pequeñas cantidades de corriente) con una resistencia en paralelo, llamada shunt.

Armónicos: En una onda periódica, cualquiera de sus componentes sinusoidales, cuya frecuencia sea un múltiplo entero de la frecuencia fundamental.

Asintótico: Dicho de una curva; que se acerca de continuo a una recta o a otra curva sin llegar nunca a encontrarla.

Cárter: En los automóviles y otras máquinas, pieza o conjunto de piezas que protege determinados mecanismos y a veces contiene el lubricante.

Confiabilidad: Capacidad de un ítem para realizar su función específica en determinadas condiciones, durante un periodo de tiempo determinado. También se puede denominar probabilidad que un ítem funcione correctamente en las condiciones operativas de proyecto durante un determinado periodo de tiempo.

Chispómetro: Sirve para medir la rigidez dieléctrica de un aislante líquido o sólido. Para medir la rigidez dieléctrica vamos aplicando poco a poco una tensión con un regulador, que iremos aumentando hasta que de ione el aceite y se produzca una chispa al romperse la rigidez dieléctrica. (**Dielectro:** aislante y refrigerante).

Deflectar: Es la deformación producida por una sollicitación de flexión (doblar).

Diales: Superficies graduadas, de forma variable, sobre la cual se mueve un indicador, ya sea una aguja, un punto luminoso, etc., que mide o señala

una determinada magnitud, como voltaje, corriente, potencia, factor de potencia, frecuencia, entre otras.

Falla: Interrupción de función de la operación desempeñada por máquinas o componentes; pérdida de la función específica de la máquina.

Grasa Grafitada: El agregado de un cierto porcentaje de grafito confiere a esta grasa características que la hacen particularmente apta para lubricación de mecanismos cuyo engrase se efectúa con grandes intervalos de tiempo debido a la dificultad de accesos a los graseros.

Homeostasis: Conjunto de fenómenos de autorregulación, que conducen al mantenimiento de la constancia en la composición y propiedades del medio interno de un organismo.

Mantenibilidad: Facilidad con que se puede efectuar una intervención de mantención. Probabilidad que un ítem averiado pueda volver a su estado operativo en cierto período de tiempo, cuando la mantención se realiza en condiciones determinadas y con medios y procedimientos establecidos.

Manutención: Conjunto de operaciones de almacenaje, manipulación y aprovisionamiento de piezas, mercancías, etc., en un recinto industrial.

Megger: Es un medidor de aislamiento (mide los valores de resistencia de aislamiento) y se utiliza para hallar el aislamiento entre conductores y máquinas electrotécnicas.

Null: Es un valor especial aplicado a un puntero (o referencia) usado para indicar que el puntero no apunta a un objeto o dato válido. Usualmente se utiliza el valor 0 (cero) para significar null, debido a que muchos sistemas operativos consideran el intentar acceder a una dirección de memoria tan baja como un error.

Ohmímetro: Es un arreglo de los circuitos del Voltímetro y del Amperímetro, pero con una batería y una resistencia. Dicha resistencia es la que ajusta en cero el instrumento en la escala de los Ohmios cuando se cortocircuitan los terminales. En este caso, el voltímetro marca la caída de voltaje de la batería y si ajustamos la resistencia variable, obtendremos el cero en la escala.

Pinza Amperimétrica: Es un tipo especial de amperímetro que permite obviar el inconveniente de tener que abrir el circuito en el que se quiere medir la intensidad de la corriente.

Ponderación: Atención, consideración, peso y cuidado con que se dice o hace algo. Exageración de algo. Acción de pesar algo. Compensación o equilibrio entre dos pesos.

Rigidez Dieléctrica: Entendemos por rigidez dieléctrica o rigidez electrostática el valor límite de la intensidad del campo eléctrico en el cual un material pierde su propiedad aisladora y pasa a ser conductor. Se mide en voltios por metro V/m (en el SI). También podemos definirla como la máxima tensión que puede soportar un aislante sin perforarse. A esta tensión se la denomina tensión de rotura de un dieléctrico.

Taps: Cantidad y valores de las derivaciones en el primario y secundario para disponer de una mayor flexibilidad para optimizar los niveles de la tensión secundaria

Tensión Interfacial: La energía por unidad de área presente en el límite de dos líquidos inmiscibles. Es usualmente expresada en dinas/cm (designación ASTM D971).

Torcómetro: Herramienta utilizada para dar un ajuste adecuado a tornillos y tuercas según su aplicación. También se lo conoce como llave dinamométrica o tensiómetro.

TTR: Relación de transformación (TTR de “Transformer Turn Ratio”) es el cociente entre la Tensión en alta / tensión en baja. Se debe de corresponder con los valores del protocolo del transformador / placa de características.

Transitorios: Es la perturbación armónica que aparece en una onda sinusoidal debido a una variación de corriente y voltaje.

Vármetros o Voltímetro: Es un instrumento que sirve para medir la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico.

Wáttmetros: Sirve para la medición de una a tres fases de magnitudes eléctricas en la red de corriente alterna. Además de detectar las magnitudes de medición "normales" como tensión, corriente, frecuencia, potencia y energía, también indica: los valores armónicos, interarmónicos y asimétricos. Interferencias en la red como interrupciones, robos, sobretensiones temporales o transitorios (a partir de 16 μ s) son detectadas con sus valores correspondientes.

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

Abreviaturas No Técnicas

<i>SEP</i>	Sistema Eléctrico de Potencia
<i>ELEPCO S.A.</i>	Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi
<i>IEEE</i>	Institute of Electrical and Electronics Engineers
<i>ASTM</i>	American Standards for Testing and Materials
<i>S/E</i>	Subestaciones Eléctricas

Abreviaturas Mantenimiento

<i>MNTTO</i>	Mantenimiento
<i>MTTR</i>	Tiempo Medio para Reparar (Mean Time to Restore)
<i>TPM</i>	Mantenimiento Productivo Total (Total Productive Maintenance)
<i>RCM</i>	Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (Reliability Centered Maintenance)
<i>CM</i>	Comisión de Mantenimiento
<i>Dm</i>	Disponibilidad del Mantenimiento
<i>Tas</i>	Tiempo o Análisis entre Fallas
<i>Tm</i>	Tiempo Fuera de Servicio
<i>Cm</i>	Costos de Mantenimiento
<i>Cr</i>	Costo de las Reparaciones
<i>Cpe</i>	Capacidad Productiva de los Equipos
<i>W</i>	Frecuencia de Fallas en el Equipo
<i>T</i>	Tiempo de Explotación del Equipo
<i>AC</i>	Análisis de Criticidad
<i>AMFE</i>	Análisis de Modos de Fallos y Efectos
<i>IBR</i>	Inspección Basada en Riesgo
<i>O.T.</i>	Orden de Trabajo
<i>R.T.</i>	Reporte de Trabajo
<i>EPP</i>	Equipos de Protección Personal

Abreviaturas Técnicas

<i>T(+#)</i>	Transformador de Potencia
<i>52</i>	Disyuntor ó Interruptor
<i>89</i>	Seccionador
<i>TC</i>	Transformador de Corriente
<i>TP</i>	Transformador de Potencial
<i>PY</i>	Pararrayo ó Apartarrayo
<i>SF6</i>	Hexafloruro de Azufre
<i>Y</i>	Conexión Ye ó Estrella
<i>D (Δ)</i>	Conexión Delta ó Triángulo
<i>Z</i>	Estrella – Zigzag
<i>n₁/n₂</i>	Devanado Primario/Devanado Secundario
<i>R_c</i>	Resistencia del cuerpo
<i>R_t</i>	Resistencia de la tierra
<i>SPT</i>	Sistema de Puesta a Tierra
<i>RPT</i>	Resistencia de Puesta a Tierra
<i>PT</i>	Puesta a Tierra
<i>S</i>	Resistividad que Toca el Pie
<i>T</i>	Temperatura (°C: Celsius o °K: Kelvin)
<i>EPR</i>	Etilen Propileno

Abreviaturas Eléctricas

<i>AT o HV</i>	Alta Tensión (High Voltage)
<i>MT</i>	Media Tensión
<i>BT o LV</i>	Baja Tensión (Low Voltage)
<i>CA o AC</i>	Corriente Alterna (Alternate Current)
<i>CC o DC</i>	Corriente Continua (Direct Current)
<i>V o U</i>	Voltaje ó Tensión
<i>V_n o U_r</i>	Voltaje Nominal
<i>kV</i>	Kilovoltios (1000 Voltios)
<i>VA</i>	Voltamperios
<i>kVA</i>	Kilo Volta Amper (1000 Voltios)

<i>MVA</i>	Mega Volta Amper (1000000 Voltios)
<i>I</i>	Corriente ó Intensidad de Corriente (se mide en A: Amperios)
<i>In o Ir</i>	Corriente Nominal
<i>mA</i>	Miliamperios (amperios/1000)
<i>R</i>	Resistencia (ohmios)
<i>Hz</i>	Frecuencia (Se mide en Hercios ó Hertz)[60 ó 50 amplitud de onda]
<i>Fp</i>	Factor de Potencia
<i>N</i>	Número de Espiras
Φ	Flujo Magnético