



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL
GENERADOR Y RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA PARA LA ALDEA
CHEL, MUNICIPIO DE CHAJUL, DEPARTAMENTO DE QUICHÉ**

José Angel Muralles García

Asesorado por el Ing. Francisco Javier González López

Guatemala, octubre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL
GENERADOR Y RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA PARA LA ALDEA
CHEL, MUNICIPIO DE CHAJUL, DEPARTAMENTO DE QUICHÉ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ ANGEL MURALLES GARCÍA

ASESORADO POR EL ING. FRANCISCO JAVIER GONZÁLEZ LÓPEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

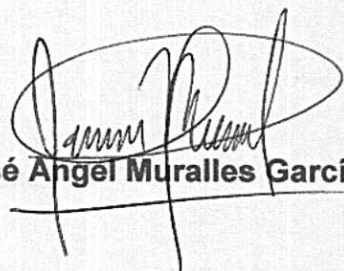
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Romeo Neftalí López Orozco
EXAMINADOR	Ing. Carlos Fernando Rodas
EXAMINADOR	Ing. Armando Gálvez Castillo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL
GENERADOR Y RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA PARA LA ALDEA
CHEL, MUNICIPIO DE CHAJUL, DEPARTAMENTO DE QUICHÉ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 11 de octubre de 2013.


José Ángel Muralles García

Guatemala 11 de junio de 2014


Ing. Silvio Rodríguez
Dirección Unidad de EPS
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ciudad de Guatemala

Estimado Ing. Rodríguez

Por medio de la presente deseo que sus actividades laborales sean todo un éxito y a la vez para hacer de su conocimiento que como Asesor de EPS del estudiantede Ingeniería Mecánica Eléctrica, José Angel Muralles García quien se identifica con carné: 200412509, he concluido con la revisión y correcciones del informe final titulado: **“Manuales de operación y mantenimiento preventivo del generador y red de distribución para la aldea Chel, municipio de Chajul, Departamento de Quiché.”** No quedando nada pendiente según cronograma de actividades.

Agradeciendo la atención prestada a la presente, me suscribo

Atentamente,


Francisco Javier González López
Ingeniero Electricista
Colegiado: 2364





Guatemala, 28 de agosto de 2014.
Ref.EPS.DOC.918.08.14.

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano:

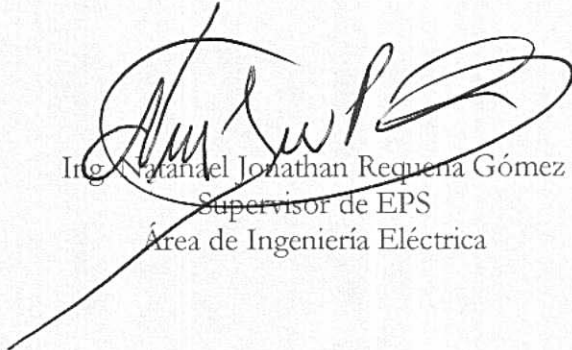
Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **José Ángel Muralles García** de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, con carné No. **200412509**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL GENERADOR Y RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA PARA LA ALDEA CHEL, MUNICIPIO DE CHAJUL, DEPARTAMENTO DE QUICHÉ"**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez
Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Eléctrica



c.c. Archivo
NJRG/ra



Guatemala 19 de agosto de 2014.
Ref.EPS.D.459.08.14.

Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Puente Romero.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL GENERADOR Y RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA PARA LA ALDEA CHEL, MUNICIPIO DE CHAJUL, DEPARTAMENTO DE QUICHÉ"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **José Ángel Muralles García**, quien fue debidamente asesorado por el Ing. Francisco Javier González y supervisado por el Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor y del Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS

SJRS/ra





Ref. EIME 40.2014
Guatemala, 15 de JULIO 2014.

Señor Director
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
**MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
PREVENTIVO DEL GENERADOR Y RED DE DISTRIBUCIÓN
ELÉCTRICA PARA LA ALDEA CHEL, MUNICIPIO DE
CHAJUL, DEPARTAMENTO DE QUICHÉ,** del estudiante José
Ángel Muralles García, que cumple con los requisitos establecidos
para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Francisco Javier González López
Coordinador Área Potencia



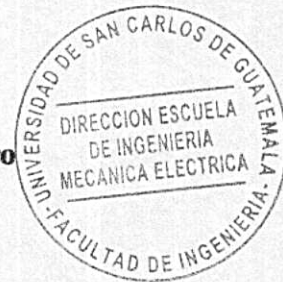
SFO



REF. EIME 40. 2014.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; JOSÉ ÁNGEL MURALLES GARCÍA titulado: MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL GENERADOR Y RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA PARA LA ALDEA CHEL, MUNICIPIO DE CHAJUL, DEPARTAMENTO DE QUICHÉ, procede a la autorización del mismo.

Ing. Guillermo Antonio Puente Romero



GUATEMALA, 2 DE SEPTIEMBRE 2014.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 554.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL GENERADOR Y RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA PARA LA ALDEA CHEL, MUNICIPIO DE CHAJUL, DEPARTAMENTO DE QUICHÉ**, presentado por el estudiante universitario **José Angel Muralles García**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 17 de octubre de 2014

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	El creador de todo, el que me ama, sostiene y sustenta aun sin merecerlo.
Mis padres	Flor de María García Rojas por su amor, apoyo, esfuerzo y sacrificios para ayudarme a llegar hasta donde hoy estoy, ejemplo de una gran mujer y madre, y Edgar Ernesto Muralles Solórzano.
Mis abuelos	Pedro Muralles, Angelina Solorzano y Marco Estrada
Mis tíos	Alexis Requena y Lisethe García, por su ayuda y apoyo.
Mis primos	Melva Meza, Nancy Meza, Sergio Palencia, Estuardo Requena y Delmy Requena por enseñarme la luz y su apoyo en todo tiempo.
Mi familia	Por siempre recibirme con amor y apoyarme en todo momento.

Mis amigos

Norman Raxón, Héctor Morán, Anneliese Boccaletti y muchos más por su amor, apoyo y siempre estar en las buenas y las malas, dichoso el que tiene amigos.

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad del estudio universitario.
Facultad de Ingeniería	Por permitirme adquirir los conocimientos que me permitirán desempeñarme como profesional.
Mis amigos de la Facultad	David Granados, Lesly Orozco, Laura Briones, José Carlos Orozco, Juan Luis Bonilla, Rodrigo López, Eddy Girón, Elvira Castellanos, Dany Ríos, Esteban Girón, Oscar Choc y Jorge Arriaza, entre muchos que sin su ayuda, explicación, compañía y motivación esto no hubiera sido posible.
Ing. Francisco González	Por los conocimientos y ayuda en el asesoramiento.
Roxana Alvarado	Por su paciencia y colaboración en los tramites de EPS, sin su ayuda no hubiera salido.
HidroXacbal y su personal	Por la oportunidad de realizar mi EPS y el apoyo brindado, en especial a Fernando Fuentes, ingenieros Byron Herrera, Otto Girón y Oscar Marroquín.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Información de la asociación	1
1.2. Descripción de una hidroeléctrica.....	1
1.2.1. Componentes de una hidroeléctrica	2
1.2.1.1. Obra de toma o embalse	2
1.2.1.2. Sistema de aducción	3
1.2.1.3. Desarenador y cámara de carga	3
1.2.1.4. Tubería de presión.....	4
1.2.1.5. Válvula de alivio.....	5
1.2.1.6. Casa de máquinas.....	6
1.2.1.7. Turbina	7
1.2.1.8. Generador	8
1.2.1.9. Sistema de acoplamiento	9
1.2.2. Clasificación de las hidroeléctricas según su potencia	10
1.3. Principios básicos de electricidad	10
1.3.1. Energía eléctrica	10
1.3.2. Voltaje.....	11

1.3.3.	Resistencia eléctrica	11
1.3.4.	Corriente eléctrica	11
1.3.5.	Corriente alterna.....	11
1.3.6.	Corriente directa.....	11
1.3.7.	Corriente monofásica	12
1.3.8.	Corriente trifásica	12
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	13
2.1.	Red de distribución eléctrica	13
2.2.	Clasificación de líneas eléctricas según su uso	13
2.3.	Clasificación de líneas eléctricas según su voltaje.....	14
2.4.	Generalidades de la red de distribución de AsoChel	14
2.5.	Componentes de una red de distribución eléctrica	14
2.5.1.	Conductores eléctricos.....	15
2.5.1.1.	Conductor neutral.....	15
2.5.1.2.	Distancias mínimas de seguridad para los conductores	16
2.5.2.	Postes	21
2.5.3.	Retenidas de anclaje o tirantes	22
2.5.4.	Herrajes.....	23
2.5.5.	Aisladores.....	25
2.5.5.1.	Consideraciones para los aisladores.....	27
2.5.5.2.	Elemento de sujeción para aisladores.....	28
2.5.6.	Transformadores de distribución	32
2.5.6.1.	Consideraciones para un transformador	33
2.5.7.	Alumbrado público.....	35

2.5.8.	Elementos de protección en la línea de distribución.....	36
2.5.8.1.	Pararrayos	36
2.5.8.2.	Cortacircuitos.....	37
2.5.8.3.	Tierra física	39
2.6.	Trabajos en líneas energizadas.....	40
2.7.	Trabajos en líneas desenergizadas.....	40
2.8.	Equipo personal de protección	40
2.8.1.	Casco	41
2.8.2.	Guantes labor	41
2.8.3.	Gafas	42
2.8.4.	Calzado	42
2.9.	Herramientas y equipo de trabajo.....	42
2.9.1.	Herramienta de uso personal.....	42
2.9.2.	Cinturones porta herramientas para linieros.....	43
2.9.3.	Bandolas para poste.....	43
2.9.4.	Pértigas	43
2.9.4.1.	Pértiga <i>Grip-All</i>	44
2.9.4.2.	Pértiga telescópica	44
2.9.4.3.	Pértiga acoplable.....	45
2.9.5.	Detector de voltaje.....	46
2.9.6.	Soga	47
2.9.7.	Polea aislada	48
2.9.8.	Tensores de acero forjado.....	48
2.9.9.	Polipasto de cadena y palanca.....	49
2.9.10.	Cortadora de conductor	49
2.9.11.	Pinza de compresión manual.....	50
2.9.12.	Flejadora tensional	50
2.10.	Equipo de comunicación.....	51

2.11.	Cuidado de la herramienta	52
2.11.1.	Almacenamiento.....	53
2.11.2.	Transporte y trabajo	53
2.11.3.	Mantenimiento de herramientas	54
2.12.	Equipo de protección en el trabajo	54
2.12.1.	Equipo de puesta a tierra	54
2.12.2.	Equipo de señalización	55
2.13.	Mantenimiento preventivo en la red de distribución	55
2.13.1.	Inspección de la línea de distribución.....	55
2.13.1.1.	Área de desbroce, desrame de arbolado o poda	56
2.13.1.2.	Aisladores	58
2.13.1.3.	Cruceros.....	58
2.13.1.4.	Conductores.....	58
2.13.1.5.	Puentes	59
2.13.1.6.	Retenidas	59
2.13.1.7.	Madera protectora	60
2.13.1.8.	Postes	60
2.13.1.9.	Alumbrado público.....	61
2.13.1.10.	Tierra física	61
2.13.1.11.	Cortacircuitos	62
2.13.1.12.	Pararrayos.....	62
2.13.1.13.	Transformadores	62
2.13.1.14.	Acometidas	64
2.14.	Procesos de mantenimiento correctivo con líneas desenergizadas.....	64
2.14.1.	Cambio de aislador	64
2.14.2.	Cambio de cortacircuitos	65
2.14.3.	Cambio de cruceros	66

2.14.4.	Cambio de pararrayos	67
2.14.5.	Problemas y soluciones que puede presentar un transformador	67
2.14.6.	Cambio de transformador	69
2.14.7.	Nivelación de tramos de línea.....	70
2.14.8.	Cambio de conductores.....	71
2.14.9.	Problemas y soluciones que se pueden presentar en el alumbrado público.....	72
2.14.10.	Nivelación de postes.....	73
2.14.11.	Cambio de poste.....	75
2.14.12.	Cambio de retenidas de anclajes o tirantes	76
2.14.13.	Cambio de remates preformados	77
2.14.14.	Cambio de tierra física	79
2.14.15.	Cambio de madera protectora	79
2.15.	Medidas de seguridad para mantenimientos del generador	80
2.16.	Mantenimiento preventivo del generador.....	80
2.16.1.	Mantenimiento de los devanados del rotor y del estator.....	82
2.16.2.	Mantenimiento del tablero de control.....	83
2.17.	Programa de mantenimiento	84
2.17.1.	Nivel 1 (L1)	84
2.17.2.	Nivel 2 (L2)	85
2.17.3.	Nivel 3 (L3)	85
2.17.4.	Nivel 4 (L4)	86
2.18.	Actividades de control.....	87
2.19.	Operación del generador	88
2.20.	Localización de desperfectos	88
2.21.	Problemas que puede presentar el generador	89

3.	FASE DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	93
3.1.	Seguridad industrial.....	93
3.2.	Cinco reglas de oro	94
3.3.	Primeros auxilios para accidentes eléctricos.....	94
	CONCLUSIONES.....	97
	RECOMENDACIONES	99
	BIBLIOGRAFÍA.....	101
	APÉNDICES.....	103

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Obra de toma	2
2.	Sistema de aducción	3
3.	Desarenador y cámara de carga	4
4.	Tubería de presión	5
5.	Válvula de alivio	6
6.	Casa de máquinas	6
7.	Turbina	7
8.	Generador	8
9.	Sistema de acople	9
10.	Herrajes para líneas de media tensión	24
11.	Aisladores y herrajes para media tensión	25
12.	Aisladores tipo pin de 13,8 kV y 34,5 kV	26
13.	Aislador de BT lado: superior e inferior	26
14.	Aislador de suspensión para media tensión	27
15.	Amarre doble para conductor en línea recta	29
16.	Amarre para conductor con ángulo 1	30
17.	Amarre para conductor con ángulo 2	31
18.	Transformador auto protegido	32
19.	Pararrayos	37
20.	Cortacircuitos	38
21.	Caña de cortacircuitos	39
22.	Pértiga <i>Grip-All</i>	44
23.	Pértiga telescópica	45

24.	Pértiga acoplable	46
25.	Detector de voltaje	47
26.	Tensor de acero forjado	48
27.	Polipasto de cadena y palanca	49
28.	Cortadora de conductor	50
29.	Pinzas de compresión.....	50
30.	Flejadora tensional.....	51
31.	Cables de puesta a tierra	55
32.	Área de desbroce, desrame de arbolado o poda	57
33.	Transformador de distribución	70

TABLAS

I.	Distancias mínimas de seguridad verticales de conductores sobre vías ferreas, el suelo o agua	17
II.	Distancias mínimas de seguridad verticales de conductores	17
III.	Distancias mínimas de seguridad de conductores a edificios y otras instalaciones	18
IV.	Distancia horizontal mínima de separación entre conductores del mismo o de diferente circuito en sus soportes fijos.....	19
V.	Distancia de separación mínima en cualquier dirección de conductores de línea a soportes, o a la estructura a otros conductores verticales o derivados y retenidas sujetas a la misma estructura	19
VI.	Distancias mínimas de seguridad verticales sobre el suelo para equipo de servicio eléctrico en estructuras	20
VII.	Distancias mínimas de seguridad verticales sobre el suelo para equipo de servicio eléctrico en estructuras	20
VIII.	Distancias para enterrar postes.....	21

IX.	Distancias y profundidad para colocar varillas de ancla	23
X.	Acciones para los diferentes mantenimientos	86
XI.	Cronograma de actividades para el control	87

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
AT	Alta Tensión
A	Amperio (s)
BT	Baja Tensión
HP	Caballo de fuerza
CA	Corriente Alterna
CD	Corriente Directa
Hz	Hertzio (s) Hertz
kA	Kiloamperio (s)
kW	Kilovatio o Kilowatt (s)
kV	Kilovoltio (s)
kVA	Kilo-Voltio-Amperio (s)
MT	Media Tensión
m	Metro (s)
MCH	Micro Central Hidroeléctrica
W	Vatio (s) o Watt (s)
V	Voltio (s)

GLOSARIO

Aterrizado	Conectado a, en contacto con la tierra o conectado a alguna extensión de un cuerpo conductor que sirve en lugar de tierra.
Cable	Conductor con aislamiento o conductor trenzado con o sin aislamiento.
Caída de voltaje	Pérdida de voltajes a través del sistema de distribución, debido a diversos factores como la resistencia de los cables; es aceptable una caída de voltaje de $\pm 6 \%$.
Carga	Cualquier dispositivo que consume la potencia producida por el generador.
Catenaria	Curva que forma el conductor entre dos postes.
Caudal	Volumen o cantidad de agua que fluye por un punto en determinado tiempo.
CNEE	Es la Comisión Nacional de Energía Eléctrica.
Conductor	Es un material, usualmente en la forma de alambre, cable o barra, capaz de conducir una corriente eléctrica.

Conductor aislado	Conductor cubierto con un dieléctrico (no aire) que tiene una resistencia de aislamiento igual o mayor que la tensión del circuito, en el cual el conductor es usado.
Conductor de soporte	Un conductor cuyo propósito es soportar otros conductores, así como ser parte del circuito eléctrico.
Conductor en línea abierta	Un tipo de construcción de línea de suministro eléctrico o de comunicación, en la cual el conductor está desnudo, cubierto o aislado, soportado individualmente a la estructura, ya sea directamente o con aisladores.
Conexión a tierra	Conexión de suficiente baja impedancia y de capacidad de conducción de corriente para limitar la formación de tensiones a niveles menores de aquellos, que resultarían en daños a las personas o a los equipos conectados.
Demanda	Una encuesta para valorizar los requerimientos de potencia de una comunidad.
Dieléctrico	Material mal conductor de electricidad, por lo que puede ser utilizado como aislante eléctrico.

Eficiencia	Se refiere al porcentaje de pérdidas que ocurre en todo el proceso de transformación de energía, es decir, en la turbina, generador, transformador y líneas eléctricas.
Estructura	Es la unidad principal de soporte, generalmente se aplica al poste o torre, adaptado para ser usado como medio de suspensión de líneas aéreas de energía eléctrica.
Falla a tierra	Desperfecto en un sistema, que permite fuga de la electricidad a la tierra física.
Flecha	Distancia entre la parte más baja de curva que forma el conductor y la línea recta imaginaria que une los dos puntos de soporte del conductor en las estructuras.
Frecuencia	Cambio de dirección de la corriente eléctrica; se mide en Hz (ciclos por segundo).
Generador	Fuente de electricidad de CA.
Línea aérea	Está constituida por conductores desnudos, forrados o aislados, tendidos en espacios abiertos y que están soportados por estructuras con los accesorios necesarios para la fijación, separación y aislamiento de los mismos conductores.

Líneas de suministro eléctrico	Son los conductores utilizados para conducir energía eléctrica, incluyendo sus estructuras de soporte. Estas líneas pueden ser aéreas o subterráneas.
Línea de distribución	Conjunto de estructuras y dispositivos para la distribución de energía eléctrica.
Lumen	Medida utilizada para medir la potencia luminosa emitida por la fuente de luz.
Medidor	Dispositivo que muestra el consumo de energía de un usuario.
Mensajero	Es un alambre de soporte sólido o trenzado para líneas de comunicación o de suministro eléctrico, que soporta además de su propio peso, el peso de uno o más conductores o cables. No forma parte del circuito eléctrico.
NTDROID	Normas Técnicas de Diseño y Operación de las Instalaciones de Distribución.
Tensión	A menos que se indique lo contrario, tensión significa voltaje o diferencia de potencial efectiva entre dos conductores o entre un conductor y tierra.
Vano	Distancia horizontal entre dos estructuras consecutivas.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como idea fundamental servir como marco teórico para trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo con la línea desenergizada, operación, supervisión, uso de herramientas apropiadas para el trabajo y medidas de seguridad en la red de distribución y generador para la aldea Chel, municipio de Chajul, departamento de Quiché.

En el primer capítulo se da a conocer información acerca de la Asociación Chelense en el municipio de Chajul, departamento de Quiché; así como la descripción de una hidroeléctrica, incluyendo los componentes de la misma y la clasificación de las hidroeléctricas según su potencia. Se dan a conocer principios básicos de electricidad para definir el funcionamiento de una hidroeléctrica y dar un amplio panorama de los conceptos de electricidad.

En el segundo capítulo se encontrarán conceptos generales sobre una red de distribución de energía eléctrica, su clasificación, componentes, equipo y herramienta que se utiliza para el mantenimiento preventivo y correctivo de la misma, equipo de protección para trabajos en la línea de distribución y cuidado del equipo y herramienta, ya que esto facilita el trabajo y brinda mayor seguridad. También se menciona la operación del generador, problemas que pueden darse en el generador y las posibles medidas a tomar para solucionarlos, así como los mantenimientos que se le deben dar a este.

En el capítulo final se recalca la importancia de la seguridad industrial en cualquier actividad relacionada con el generador y la línea de distribución y las acciones que se deben tomar cuando ocurra un accidente eléctrico.

La aplicación de los manuales se centra en la optimización de los recursos de generación y distribución eléctrica con la ayuda de procesos técnicos de fácil aplicación, y que protegen la integridad de los operarios y trabajadores para evitar el deterioro de estas, disminuyendo los costos en reparaciones y aumentando la eficiencia en la continuidad del servicio a las comunidades.

OBJETIVOS

General

Diseñar manuales de operación y mantenimientos preventivos del generador y red de distribución eléctrica para la aldea Chel, municipio de Chajul, departamento de Quiché.

Específicos

1. Presentar una descripción de las partes fundamentales de una hidroeléctrica, su funcionamiento, manejo y clasificación según su potencia.
2. Dar a conocer el funcionamiento, las partes de las que se compone y el mantenimiento de la red de distribución de energía eléctrica.
3. Elaborar el diseño de un manual de mantenimiento de la red de distribución de energía eléctrica.
4. Presentar los fundamentos de seguridad industrial.

INTRODUCCIÓN

En Guatemala hay lugares donde la energía eléctrica de los grandes distribuidores todavía no ha llegado, tal es el caso de la aldea Chel, municipio de Chajul, departamento de Quiché, en donde a partir de abril de 2007, empezó a funcionar la MicroCentral Hidroeléctrica Chelense, cuyos encargados de administrar son los miembros de la Asociación Hidroeléctrica Chelense, la cual provee el servicio de energía eléctrica a las comunidades de Chel, Juá, Xachmochan, Cajchijlá, Estrella Polar, Cobadonga, Ilóm y Sotzil, mediante la una línea de distribución eléctrica de 13,2 y 34,5 kilovoltios y un generador síncrono de corriente alterna, operando todo esto en isla.

El propósito de los programas de mantenimiento preventivo es incrementar la disponibilidad de los activos a bajo costo, permitiendo que estos funcionen de forma eficiente y confiable dentro de un contexto operacional. Es decir que la línea de distribución eléctrica y el generador no presentan problemas que van mermando la productividad de la central y de la línea de distribución, también se aplican estándares de operación para el generador, con los cuales este se podrá maniobrar de forma segura y eficiente evitando así fallas o inconvenientes por una mala operación o maniobra en el generador.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Información de la asociación

En la aldea Chel, municipio de Chajul, departamento de Quiché, en donde a partir de abril de 2007 empezó a funcionar la MicroCentral Hidroeléctrica Chelense, la cual se formó con apoyo gubernamental, iniciativa privada y un grupo de pobladores de la aldea Chel, que crearon la primera microcentral hidroeléctrica construida, operada y administrada por una comunidad guatemalteca.

Los encargados de administrar son los miembros de la Asociación Hidroeléctrica Chelense, la cual provee el servicio de energía eléctrica a las comunidades de Chel, Juá, Xachmochan, Cajchijlá, Estrella Polar, Cobadonga, Ilóm y Sotzil, mediante una línea de distribución eléctrica de 13,2 y 34,5 kilovoltios y un generador síncrono de corriente alterna, operando todo esto en isla.

1.2. Descripción de una hidroeléctrica

Estas son un conjunto de obras civiles-hidráulicas, obras electromecánicas y obras eléctricas que tienen por objetivo la transformación de energía hidráulica (la energía del agua), que poseen los ríos y/o arroyos, en energía eléctrica para satisfacer los requerimientos energéticos de la población.

1.2.1. Componentes de una hidroeléctrica

Para la generación de energía eléctrica por medio del agua, se lleva un proceso pasando el agua por diferentes puntos hasta convertir la energía del agua en energía eléctrica, a continuación se mencionan los componentes por donde es recibida, conducida y transformada la energía del agua.

1.2.1.1. Obra de toma o embalse

El objetivo del embalse es captar el caudal de diseño del río y permitir su ingreso en el canal de conducción para llevarlo sin dañar el cauce natural del río hacia el desarenador/cámara de carga.

Figura 1. **Obra de toma**



Fuente: aldea Chel, municipio de Chajul, departamento de Quiché.

1.2.1.2. Sistema de aducción

El canal de conducción tiene como finalidad conducir el caudal de diseño, desde la toma hasta el desarenador/cámara de carga. Estos pueden ser canales (de sección rectangular y/o trapezoidal) o entubados (con tubería de PVC, tubos Ribloc, de cemento y otros). A su inicio cuenta con un desgravador, que evita el ingreso de material sólido (arena y grava) hacia el sistema de aducción.

Figura 2. **Sistema de aducción**



Fuente: aldea Chel, municipio de Chajul, departamento de Quiché.

1.2.1.3. Desarenador y cámara de carga

Al final del sistema de aducción se encuentra el desarenador y la cámara de carga. El desarenador tiene por objetivo sedimentar las partículas finales que hayan logrado pasar a través del sistema de aducción y que pueden producir desgaste por abrasión en los alabes de la turbina y las paredes de la

tubería de presión, reduciendo de gran manera su vida útil. Junto al desarenador se encuentra la cámara de carga de donde sale la tubería de presión hacia la casa de máquinas. La cámara de carga cuenta con una rejilla móvil que cubre su superficie y evita el ingreso de objetos que obstruyen el flujo de agua hacia la turbina.

Figura 3. Desarenador y cámara de carga



Fuente: aldea Chel, municipio de Chajul, departamento de Quiché.

1.2.1.4. Tubería de presión

Esta conduce el agua desde la cámara de carga hasta la turbina que se encuentra alojada en la casa de máquinas. El tipo de material utilizado depende de la presión de trabajo de la tubería. En algunos casos, cuando la altura de caída oscila entre los 10 a 120 metros, se puede utilizar una tubería PVC, mientras que para mayores caídas es imprescindible utilizar tuberías metálicas acorde con los requerimientos de los esfuerzos.

Figura 4. **Tubería de presión**



Fuente: aldea Chel, municipio de Chajul, departamento de Quiché.

1.2.1.5. Válvula de alivio

La forma de operar esta válvula es eléctrica o manual y permite que el agua sobrante de la tubería se vaya por un desfogue, que permita que el agua nuevamente caiga al cauce del río y el agua aprovechable de la tubería de presión se hace pasar por la turbina.

Figura 5. **Válvula de alivio**



Fuente: aldea Chel, municipio de Chajul, departamento de Quiché.

1.2.1.6. Casa de máquinas

Alberga el equipo de hidrogenación (turbina-generator) y cuenta con la suficiente superficie para las labores de operación y mantenimiento (o y m). También cuenta con las ventanas respectivas para una ventilación adecuada de los equipos. Por debajo de la misma cuenta con el canal de desfogue que se encarga de restituir las aguas al río.

Figura 6. **Casa de máquinas**



Fuente: aldea Chel, municipio de Chajul, departamento de Quiché.

1.2.1.7. Turbina

Es un componente metálico que en su parte interna tiene alavés cangilones (especie de guacales de metal), que cuando entra el agua hace girar esta y con ella gira un eje metálico a una revolución o velocidad determinada, acoplando el eje al generador. La velocidad de giro de la turbina, depende de la altura de caída y del diámetro de la misma; en algunos casos es necesario multiplicar dicha velocidad mediante poleas para alcanzar la velocidad que requiere el generador. La turbina que se utiliza en la MicroCentral Hidroeléctrica de AsoChel es de tipo Michell Banki.

Figura 7. Turbina



Fuente: aldea Chel, municipio de Chajul, departamento de Quiché.

1.2.1.8. **Generador**

Dispositivo eléctrico que permite convertir la energía de velocidad del eje, a través del estator y rotor del generador, para transformar la energía eléctrica de velocidad a energía estática, debido a los componentes de cobre del cual esta conformado el generador y que produce los campos electromagnéticos de donde se obtiene la electricidad en diferentes voltajes. Los generadores son generalmente síncronos y pueden ser monofásicos o trifásicos.

Los sistemas con generadores monofásicos (220 V) son de pequeñas potencias, hasta 15 kilo-voltio-amperio, mientras que los sistemas más grandes necesariamente son sistemas trifásicos (220/380 V). El generador puede ir montado sobre el mismo chásis de la turbina o en forma separada, anclado por medio de pernos de alto rendimiento; sus dimensiones así como su capacidad, no le permiten sobrecalentarse, ya que cuenta con un sistema de refrigeración por aire muy eficiente, aunque es muy importante una buena ventilación en la casa de máquinas durante la operación del equipo.

Figura 8. **Generador**



Fuente: aldea Chel, municipio de Chajul, departamento de Quiché.

1.2.1.9. Sistema de acoplamiento

El acople entre la turbina y el generador debe ser siempre flexible, por cuanto en las puestas en marcha y en las paradas forzadas, pueden producirse daños en ambos y el acople se convierte en el sistema de transmisión de potencia mecánica entre el eje de la turbina y el eje del generador, por lo que su alineamiento debe ser perfecto. El acoplamiento en sí, puede ser de 2 formas: la primera consiste en un acoplamiento directo, es decir que la turbina gira a la velocidad requerida por el generador, mientras que la segunda alternativa consiste en un acople mediante poleas y/o fajas de multiplicación de revoluciones.

Figura 9. Sistema de acople



Fuente: aldea Chel, municipio de Chajul, departamento de Quiché.

1.2.2. Clasificación de las hidroeléctricas según su potencia

Las centrales hidroeléctricas están clasificadas según su potencia, a continuación se muestran las clasificaciones.

- Microcentrales: menores a 100 KW
- Minicentrales: de 101 KW a 2 000 KW
- Pequeñas centrales: de 2 001 KW a 10 000 KW

Debido a la potencia que genera la central de la Asociación Hidroeléctrica Chelense (Asochel), esta se clasifica como microcentral o por sus siglas MCH (microcentral hidroeléctrica)

1.3. Principios básicos de electricidad

Es importante tener una noción básica sobre la electricidad, poder comprender términos comúnmente utilizados en una hidroeléctrica y no confundir conceptos.

1.3.1. Energía eléctrica

Es la transformación de la energía dinámica de la velocidad del agua mediante los equipos como la turbina y generador. La cantidad de energía eléctrica absorbida o entregada en un tiempo determinado se mide en vatios o watts y cuando son cantidades muy grandes se mide en kilo vatios (kW). Cuando una corriente eléctrica fluye en un circuito, puede transferir energía a otros dispositivos que la pueden convertir en forma de calor, luz, movimiento, sonido, y otros.

1.3.2. Voltaje

Se puede definir como la fuerza necesaria para empujar la corriente y se mide en voltios (V) y para grandes cantidades en kilovoltios (kV), la corriente.

1.3.3. Resistencia eléctrica

Se define resistencia como la oposición al paso de la corriente en un conductor y se mide en Ohmios (Ω).

1.3.4. Corriente eléctrica

Se denomina corriente eléctrica a la cantidad de cargas eléctricas en determinado tiempo a través de un material, se puede hacer una comparación para ejemplificar lo anterior como la cantidad de agua que pasa por una tubería. La corriente se mide en Amperios (A).

1.3.5. Corriente alterna

Se denomina corriente alterna a la que varía cíclicamente en su magnitud y dirección, ya que es más eficiente la transmisión de la energía por la forma de onda que se utiliza es senoidal. Las siglas de corriente alterna en inglés son AC y en español son CA.

1.3.6. Corriente directa

Se denomina corriente directa al flujo de cargas que no cambia de sentido, es decir que solo va en una dirección, esta se puede encontrar en las baterías y

en los cargadores de celulares, que rectifican la corriente alterna en corriente directa. Las siglas de corriente directa en inglés son DC y en español son CD.

1.3.7. Corriente monofásica

Es un sistema de producción, distribución o consumo formado por una única corriente alterna o una fase que generalmente se usa para alimentar cargas pequeñas e iluminación. Su conducción puede ser por medio de 1 o 2 conductores, más el conductor neutro, formando los siguientes voltajes en baja tensión; el conductor energizado más el neutro forman 110 voltios y el conductor energizado más el otro energizado 220 voltios.

1.3.8. Corriente trifásica

Es producida por un generador y son 3 formas de onda de corriente alterna, separadas una de otra 120 grados, con la misma frecuencia y valor. Cada una de las corrientes que se generan, recibe el nombre de fase y pueden ser: fase A, B y C o R, S y T. Para la transportación y distribución se utilizan corrientes trifásicas. Cuando se habla de corriente o red monofásicas, se refiere a que es transportada por un hilo conductor, más el conductor neutro; corriente bifásica cuando es transportada por 2 hilos conductores, más el conductor neutro y trifásica, cuando es transportada por 3 hilos conductores, más el conductor neutro.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Red de distribución eléctrica

Una red de distribución eléctrica es el conjunto de componentes como: postes, conductores aisladores y herrajes, acoplados de tal forma que puedan transportar energía eléctrica desde el punto de generación hasta el punto de recepción o uso.

2.2. Clasificación de líneas eléctricas según su uso

Estas líneas eléctricas están clasificadas según su uso, a continuación están descritas cada una de ellas:

- Líneas de transmisión: son líneas eléctricas utilizadas para transportar energía eléctrica grandes distancias en niveles de voltaje de 115 a 230 kilovoltios.
- Líneas de subtransmisión: estas se presentan en algunos casos en el área rural y el voltaje que transportan es de 34,5 a 69 kilovoltios.
- Líneas de distribución: son líneas eléctricas utilizadas para transportar energía eléctrica desde las subestaciones hasta los lugares de consumo y transportada en niveles de voltajes de 6 , 12,5, 13,8 , 23 y 34,5 kilovoltios.

2.3. Clasificación de líneas eléctricas según su voltaje

Las líneas eléctricas están clasificadas según su voltaje y a continuación están descritas en su debida clasificación:

- Alta tensión (AT) desde 69 000 voltios en adelante
- Media tensión (MT) entre 1 000 hasta menos de 69 000 voltios
- Baja tensión (BT) menos a 1 000 voltios

2.4. Generalidades de la red de distribución de AsoChel

La red de distribución eléctrica tiene una longitud estimada de aproximadamente 30 kilómetros, tiene 662 postes y 43 transformadores. La red de distribución esta dividida en 2 voltajes de distribución, inicialmente en 13,2 kilovoltios para las comunidades de Chel, Xesai y Las Flores, luego se amplió a 7 comunidades en un voltaje de 34,5 kilovoltios para Júa, Xachmoxán, Estrella Polar, Cajchixlá, Ilón, Sotzíl y San Joaquín Covadonga.

Desde la casa de máquinas salen 3 líneas vivas identificadas como A, B y C, estas 3 llegan hasta el sitio llamado Panchita y de este hasta Ilóm llegan A y C y a Sotzíl solo llega la línea A.

2.5. Componentes de una red de distribución eléctrica

Los componentes que conforman la red de distribución son diversos, dependiendo de la complejidad de esta, pero a continuación se mencionan los elementos que son fundamentales en una red de distribución y que están presentes en la red de AsoChel.

2.5.1. Conductores eléctricos

En las líneas de distribución se pueden usar conductores AAC cable de aluminio (*All Aluminum Conductor*), AAAC cable de aleación de aluminio (*All Aluminum Alloy Conductors*), ACSR Cable de aluminio con alma de acero (*Aluminum Conductors Steel Reinforced*) y ACAR cable de aluminio con alma de aleación de aluminio (*Aluminium Conductor Alloy Reinforced*), en la línea de distribución de AsoChel se usa cable desnudo de aluminio ACSR, el cual está formado en la parte externa por 6 hilos de aluminio y en el interior de 1 hilo de acero para soportar la tensión a la que es sometido este, debido al peso y aire.

En la aldea Chel para la red de distribución principal (troncales) de 13,2 kilovoltios se usa cable ACSR # 2 y para las líneas de distribución principal de 34,5 kilovoltios se usa cable ACSR # 4/0 y para las líneas de subalimentación (ramales) se usa cable ACSR # 1/0. En baja tensión el conductor que se utiliza es un dúplex o triplex, los cuales son cables formados por o conductores forrados y uno desnudo de aluminio, uno de los cuales es un cable ACSR diseñado para soportar la tensión del cable.

2.5.1.1. Conductor neutral

Todos los conductores que se utilizan como conductor neutro en circuitos primarios, secundarios y líneas de servicio, deben estar correctamente conectados a tierra.

2.5.1.2. Distancias mínimas de seguridad para los conductores

Es la distancia mínima establecida entre superficies de un objeto energizado o no, o persona para garantizar que el segundo objeto o persona no se encuentre en riesgo de recibir descargas eléctricas desde el primero y no sufran daños personas, equipos u otros objetos y se mantenga la continuidad del servicio. A continuación se presenta una serie de tablas con las cuales se pueden calcular las distancias mínimas de separación entre los conductores y algunos objetos, superficies y otros conductores, todo esto depende del voltaje que se maneja en los conductores, recordando que para la distribución se cuenta con 13,8 y 34,5 kilovoltios respectivamente y en BT 120 voltios.

Tabla I. Distancias mínimas de seguridad verticales de conductores sobre vías ferreas, el suelo o agua

Naturaleza de la superficie bajo los conductores	Conductores de comunicación aislados, retenidas aterrizadas, conductores neutros y cables eléctricos aislados (m)	Cables suministradores aislados de más de 750 V y conductores suministradores en línea abierta de 0 – 750 V (m)	Conductores suministradores en línea abierta arriba de 750 V a 22 kV. (m)	Conductores suministradores en línea abierta arriba de 22 a 470 kV. (m)
Vías férreas	7.2	7.5	8.1	8.1 + 0.01 m por cada kV arriba de 22 kV.
Carreteras, calles, caminos y otras áreas usadas para tránsito	4.7	5.0	5.6	5.6 m + 0.01 m por cada kV arriba de 22 kV.
Aceras o caminos accesibles sólo a peatones	2.9	3.8	4.4	4.4 m + 0.01 m por cada kV arriba de 22 kV.
Aguas donde no está permitida la navegación	4.0	4.6	5.2	5.2 m + 0.01 m por cada kV arriba de 22 kV
Aguas navegables incluyendo lagos, ríos, estanques, arroyos y canales con un área de superficie sin obstrucción de:	5.3	5.6	6.2	6.2/8.7/10.5 ó 12.3 m + 0.01 m por cada kV arriba de 22 kV
a) Hasta 8 ha	7.8	8.1	8.7	
b) Mayor a 8 hasta 80 ha	9.6	9.9	10.5	
c) Mayor de 80 hasta 800 ha	11.4	11.7	12.3	
d) Arriba de 800 ha				

Nota: todas las tensiones son dadas de fase a tierra

Fuente: CNEE. *Normas Técnicas de Diseño y Operación de las Instalaciones de Distribución* (NTDROID). p. 130.

Tabla II. Distancias mínimas de seguridad verticales de conductores

Naturaleza de la superficie bajo los conductores	13,8 kV	34,5 kV
Vías férreas	8,1 m	8,3 m
Carreteras, calles, caminos y otras áreas usadas para tránsito	5,6 m	5,8 m
Aceras o caminos accesibles sólo a peatones	4,4 m	4,6 m
Aguas donde no está permitida la navegación	5,2 m	5,4 m

Fuente: en base a, CNEE. *Normas Técnicas de Diseño y Operación de las Instalaciones de Distribución* (NTDROID). p. 130.

Tabla III. **Distancias mínimas de seguridad de conductores a edificios y otras instalaciones**

Distancias mínimas de seguridad de		Conductores y cables de comunicación aislados, mensajero, retenidas aterrizadas y no aterrizadas expuestas a tensiones de hasta 300 V y neutrales	Cables suministradores de 0 a 750 V	Partes rígidas energizadas no protegidas de 0-750 V, carcasas de equipo no aterrizado, retenidas no aterrizadas expuestas a conductores abiertos de suministro de 300 a 750 V	Cables suministradores de más de 750 V y conductores suministradores en línea abierta de 0 a 750 V	Partes rígidas energizadas no protegidas de 750 V-22 kV, carcasas de equipos no aterrizados, retenidas no aterrizadas expuestas a tensiones de 750 V a 22 kV	Conductores suministradores en línea abierta de 750 V a 22 kV
		m	m	m	m	m	m
Edificios	Horizontal a paredes, ventanas y áreas accesibles a personas	1,4	1,5	1,5	1,7	2	2,3
	Vertical arriba o debajo de techos y áreas no accesibles a personas	0,9	1,1	3	3,2	3,6	3,8
	Vertical arriba o debajo de techos y áreas accesibles a personas y vehículos pesados	3,2	3,4	3,4	3,5	4	4,1
	Vertical arriba de techos accesibles al tránsito de vehículos pesados	4,7	4,9	4,9	5	5,5	5,6
Anuncios, chimeneas, antenas, tanques	Horizontal	0,9	1,7	1,5	1,7	2	2,3
	Vertical arriba o debajo de cornisas y otras superficies sobre las cuales pueden caminar personas	3,2	3,4	3,4	3,5	4	4,1
	Vertical arriba o debajo de otras partes de tales instalaciones	0,9	1,07	1,7	1,8	2,45	2,3

Fuente: CNEE. *Normas Técnicas de Diseño y Operación de las Instalaciones de Distribución (NTDOD)*. p. 135.

Tabla IV. **Distancia horizontal mínima de separación entre conductores del mismo o de diferente circuito en sus soportes fijos**

Clase de circuito	Distancia mínima de seguridad en cm	Notas
Línea de comunicación abierta	15 7.5	No aplica a transposiciones Permitido en casos donde el espacio entre pines es menor de 15 cm
Conductores eléctricos del mismo circuito: • De 0 a 8.7 kV. • De 8.7 a 50 kV. • Mayor de 50 kV.	30 30 más 1.0 cm por cada kV en exceso de 8.7 kV. No hay valor especificado	
Conductores eléctricos de diferentes circuitos: • De 0 a 8.7 kV. • De 8.7 a 50 kV. • De 50 a 81.4 kV.	30 30 más 1.0 cm por cada kV en exceso de 8.7 kV. 72.5 más 1.0 cm por cada kV de exceso de 50 kV.	Para todas las tensiones mayores de 50 kV la distancia de separación deberá ser incrementada en 3 % por cada 300 m en exceso de 1,000 m sobre el nivel del mar. Todas las distancias para tensiones mayores de 50 kV Deberán ser basadas en la máxima tensión de operación.

Fuente: CNEE. *Normas Técnicas de Diseño y Operación de las Instalaciones de Distribución* (NTDROID). p. 137.

Tabla V. **Distancia de separación mínima en cualquier dirección de conductores de línea a soportes o a la estructura a otros conductores verticales o derivados y retenidas sujetas a la misma estructura**

Línea aérea	Líneas de comunicación		Líneas de suministro		
	En estructuras de soporte		Tensión entre fases		
	Sólo líneas de comunicación	Líneas de comunicación y eléctricas	0 a 8.7 kV.	8.7 a 50 kV.	50 a 81.4 kV.
	cm	cm	cm	cm	cm
CONDUCTORES VERTICALES O DERIVADOS					
• Del mismo circuito	7.5	7.5	7.5	7.5 más 0.65 cm por cada kV en exceso de 8.7 kV	Valor no especificado
• De diferente circuito	7.5	7.5	15 ^(b)	15 más 1cm por cada kV en exceso de 8.7	58 más 1 cm por cada kV en exceso de 50
RETENIDAS Y MENSAJEROS SUJETOS A UNA MISMA ESTRUCTURA					
• Cuando estén paralelos a la línea	7.5	15	30	30 más 1 cm por cada kV en exceso de 8.7	74 más 1 cm por cada kV en exceso de 50
• Retenidas de ancla	7.5	15 ^(b)	15	15 más 0.65 por cada kV en exceso de 8.7	41 más 0.65 cm por cada kV en exceso de 50
• Otros	7.5	15 ^(b)	15	15 más 1cm por cada kV en exceso de 8.7	58 más 1 cm por cada kV en exceso de 50
SUPERFICIES DE CRUCETAS					
SUPERFICIES DE ESTRUCTURAS	7.5 ^(d)	7.5 ^(d)	7.5 ^{(d)(e)}	7.5 más 0.50 cm por cada kV en exceso de 8.7 ^{(d)(e)}	28 más 0.50 cm por cada kV en exceso de 50
• Que soporten líneas de comunicación y eléctricas	---	12.5 ^(d)	12.5 ^{(d)(e)}	12.5 más 0.50 cm por cada kV En exceso de 8.7 ^{(d)(e)}	33 más 0.50 cm por cada kV en exceso de 50
• Otros	7.5 ^(d)	---	7.5	7.5 más 0.50 cm por cada kV en exceso de 8.7 ^{(d)(e)}	28 más 0.50 cm por cada kV en exceso de 50

Fuente: CNEE. *Normas Técnicas de Diseño y Operación de las Instalaciones de Distribución* (NTDROID). p. 140.

Tabla VI. **Distancias mínimas de seguridad verticales sobre el suelo para equipo de servicio eléctrico en estructuras**

Naturaleza de la superficie bajo las partes energizadas	Equipo con la carcasa efectivamente aterrizada	Partes Energizadas Rígidas No protegidas de 0 a 750 V y carcasas de equipos no aterrizados conectados a circuitos de no más de 750 V	Partes Energizadas Rígidas No protegidas de 750 V a 22 kV y carcasas de equipos no aterrizados conectados a circuitos de más de 750 V a 22 kV.	Partes Energizadas Rígidas No protegidas de más de 22 kV y carcasas de equipos no aterrizados conectados a circuitos de más de 22 kV.
	(m)	(m)	(m)	(m)
Áreas accesibles solo a peatones	3.4	3.6 (1)	4.3	4.3 m + 0.01 m por cada kV arriba de 22 kV.
Áreas a ser transitadas por vehículos	4.6	4.9	5.5	5.5 m + 0.01 m por cada kV arriba de 22 kV.

Notas:

(1) Esta distancia puede ser reducida a 3.00 m para partes energizadas aisladas con una tensión máxima de 150 V a tierra.

Fuente: CNEE. *Normas Técnicas de Diseño y Operación de las Instalaciones de Distribución* (NTDOID). p. 141.

Tabla VII. **Distancias mínimas de seguridad verticales sobre el suelo para equipo de servicio eléctrico en estructuras**

Naturaleza de la superficie bajo las partes energizadas	Partes Energizadas Rígidas No protegidas 34,5 kV y carcasas de equipos no aterrizados conectados a circuitos de 34,5 kV
Áreas accesibles solo a peatones	4,5 m
Áreas a ser transitadas por vehículos	5,7 m

Fuente: en base a, CNEE. *Normas Técnicas de Diseño y Operación de las Instalaciones de Distribución* (NTDOID). p. 141.

2.5.2. Postes

Son las estructuras donde se colocan los demás elementos de la red de distribución e iluminación, estos pueden ser de madera, concreto, hexagonales o tipo Petit Jean, en el caso de la red de distribución de AsoChel los postes son de madera tratada, el tiempo promedio de vida de estos es de 25 a 30 años. Hay que tener en cuenta que se puede extender la vida de estos, cuidando que no sufran daños ocasionados por personas que los maltraten con machete, haciendo el desbroce necesario. Las alturas de postes utilizados en AsoChel y la profundidad para enterrarlos se presentan en la siguiente tabla, la Norma Caribe manda que el poste se debe enterrar a una profundidad del 10 por ciento más 50 centímetros.

Tabla VIII. Distancias para enterrar postes

Tamaño del poste	Distancia óptima	Distancia mínima	Diámetro del agujero
30 pies	1,50 m	1,20 m	40 cm
35 pies	1,60 m	1,30 m	40 cm
40 pies	1,70 m	1,40 m	40 cm
45 pies	1,80 m	1,50 m	40 cm

Fuente: elaboración propia.

Es muy importante que el poste esté debidamente enterrado, ya que se puede poner en riesgo la vida de los trabajadores. La distancia mínima solamente se usa en lugares que son muy rocosos o que ya no se puede pasar y hay que contemplar la posibilidad de fundir para que el poste se encuentre firme. Las herramientas utilizadas para hacer los agujeros donde van los postes son: la coba y cucharón, y para empezar a rellenar se hace con un mazo, es muy importante cuidar estas herramientas, ya que no son fáciles de conseguir y

se hacen solamente por pedido, cuando se esté relleno el agujero donde está el poste, se debe de macear firmemente y de preferencia colocar algunas piedras para que esté mucho más firme.

El poste tiende a dejarse un poco desplomado hacia el lado contrario que recibe la tensión de los cables, para que cuando estos se sujeten al poste la tensión ejercida por estos lo deje a plomo.

2.5.3. Retenidas de anclaje o tirantes

Estas sirven para evitar que el poste se desplome, equilibrando la tensión que se le aplica, es decir que los conductores están ejerciendo tensión hacia un lado y las retenidas ejercerán la tensión hacia el lado contrario que la tensión de los conductores, para lograr que el poste permanezca nivelado (a plomo), ya que si esto no es así la estructura puede fallar, los conductores pierden tensión y con movimientos producidos por el aire pueden producir un corto.

Los componentes de una retenida son:

- Ancla expansiva
- Varilla de ancla (puede ser de un ojo o de dos ojos) de 5/8 pulgadas
- Fijador de ángulo
- Remates preformados de 3/8 pulgadas
- Cable galvanizado de 3/8 pulgadas
- Guardacabo

El ancla expansiva se debe colocar correctamente, una vez puesta y la varilla en el agujero, se le debe de agregar piedras para evitar que esta se zafe y apelmazar correctamente con el mazo por lo menos 5 maceadas, solo debe sobresalir del nivel del suelo aproximadamente 20 centímetros de la varilla de ancla, tomando en cuenta el ojo de la varilla; en la parte de arriba colocar en el fijador de ángulo, el guardacabo para evitar daño en el preformado. Los remates preformados deben ir correctamente colocados y sellados para que no se corra el cable y con una tensión adecuada para que no tire la estructura o permita que se desplome. A continuación las profundidades a las que se deben enterrar las varillas y las distancias de separación entre el poste y la varilla.

Tabla IX. **Distancias y profundidad para colocar varillas de ancla**

Longitud de varilla	Profundidad	Distancia mínima para postes de 35, 40 y 45 pies	Distancia máxima para postes de 35, 40 y 45 pies	Distancias para postes de 30 pies
2,10 m	1,90 m	7 m	5 m	4 m
1,60 m	1,40 m	7 m	5 m	4 m

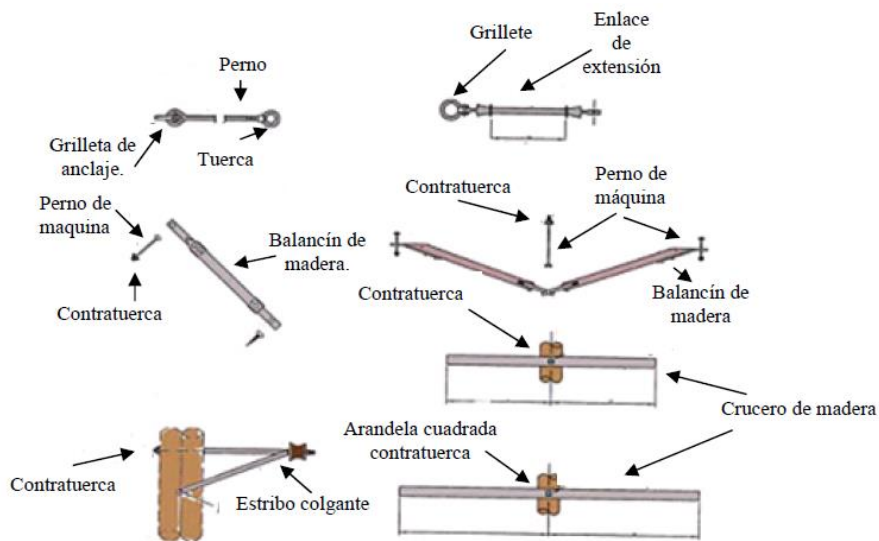
Fuente: elaboración propia.

2.5.4. Herrajes

Son dispositivos metálicos utilizados en la fijación, protección, empalme, separación eléctrica o mecánica de los conductores, hilos de guarda y retenidas. También se incluyen otros elementos como pernos, tuercas, arandelas, preformados, espigas y otros elementos de hierro galvanizado utilizados para sujetar elementos sobre el poste. Las principales características que deben de tener los herrajes son:

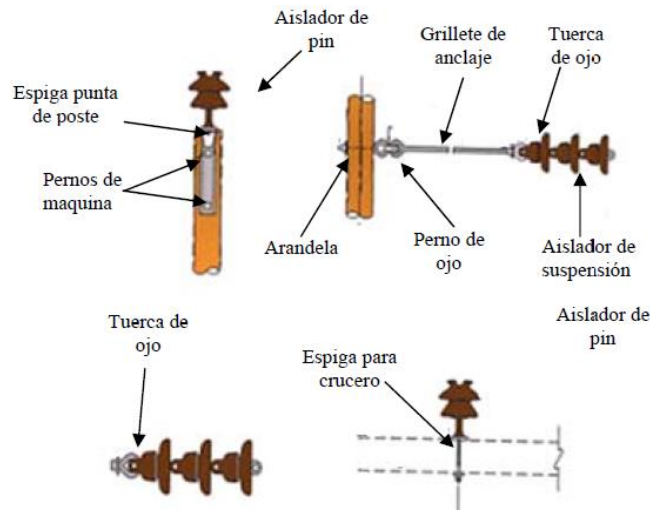
- Garantizar un buen acoplamiento entre elementos, evitando que se pueda aflojar durante el tiempo de servicio.
- Soportar la corriente de servicio y corriente de corto circuito.
- Soportar las cargas mecánicas (tensión) ejercidas por los conductores y trabajos de mantenimiento.
- Resistentes a la corrosión, temperatura de servicio y al medio ambiente.

Figura 10. **Herrajes para líneas de media tensión**



Fuente: CFE. *Red de distribución de media tensión*. p. 8.

Figura 11. **Aisladores y herrajes para media tensión**



Fuente: CFE. *Red de distribución de media tensión*. p. 25.

2.5.5. Aisladores

Las funciones de un aislador son sujetar mecánicamente el conductor y mantenerlo aislado de otros conductores, materiales o herrajes que se encuentren en el poste, con los cuales puedan ocasionar corto circuito o que este a tierra (cuando el conductor toca algún herraje y puede conducir electricidad por toda la estructura) en condiciones de operación. Se fabrican en materiales de polímeros y porcelana, los aisladores de polímero que se utilizan en AsoChel son de suspensión y los de porcelana son de espiga o tipo pin y para baja tensión los aisladores tipo carrete.

Figura 12. **Aisladores tipo pin de 13,8 kV y 34,5 kV**



Fuente: Oficina de Asociación Hidroeléctrica Chelense.

Figura 13. **Aislador de BT lado: superior e inferior**



Fuente: Oficina de Asociación Hidroeléctrica Chelense.

Figura 14. **Aislador de suspensión para media tensión**



Fuente: <http://www.comercialaragon.cl/Division-Electricidad-Conductores/aislador-polimerico-suspension.html>. Consulta: 12 de marzo de 2013.

2.5.5.1. Consideraciones para los aisladores

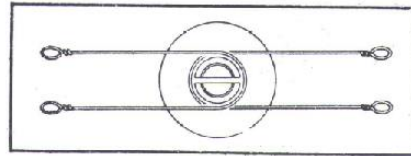
Ya que en AsoChel la mayoría de aisladores son de porcelana, se debe tener especial atención durante las rondas de inspección el estado de estos, debido a que algunos niños intentan darle a los aisladores con piedras y se desportillan, astillan o rajan, derivando esto en que pueda existir una corriente de fuga, por lo tanto para evitar problemas futuros es necesario cambiar el aislador. Para diferenciar aisladores de 34,5 y 13,2 kilovoltios es necesario ver el tamaño, el de 34,5 es mayor al de 13,2 kilovoltios.

2.5.5.2. Elemento de sujeción para aisladores

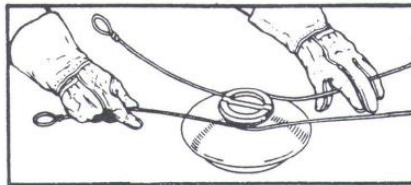
Es de mucha importancia la correcta elaboración de estos elementos de sujeción o amarres, porque de ellos depende que el conductor este firmemente sujeto a los aisladores, se hacen con alambre suave de aluminio y de un largo aproximado de 1,40 metros. Para aisladores de 34,5 kilovoltios y de 1,20 metros, aisladores de 13,2 kilovoltios debido al grueso del cuello de los aisladores, se debe de hacer una especie de argolla en cada una de las puntas con un diámetro aproximado a 1 pulgada y dar 2 vueltas en torno al alambre y siempre en sentido de las agujas del reloj. A continuación se presentan algunas clases de amarres:

- Amarre doble sobre un aislador: se debe de colocar el conductor sobre la ranura superior, hacer el procedimiento antes mencionado y seguir los pasos de la siguiente figura.

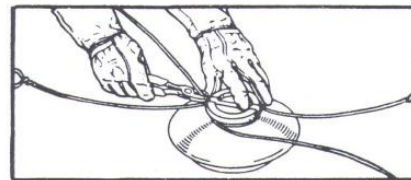
Figura 15. **Amarre doble para conductor en línea recta**



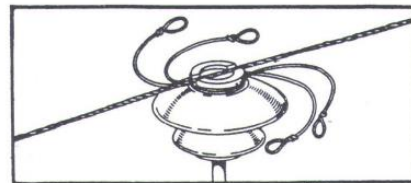
Colocación del amarre doble sobre el aislador.



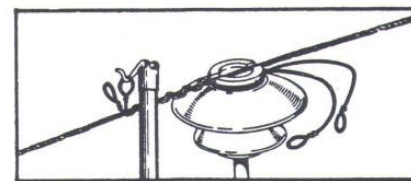
Apretando el amarre alrededor del aislador.



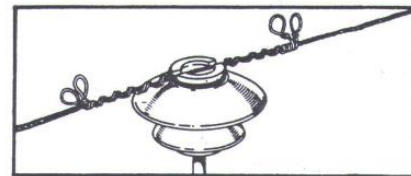
Enrollando el amarre con pinzas.



Listo para empezar el amarre.



Amarre de un extremo del aislador.

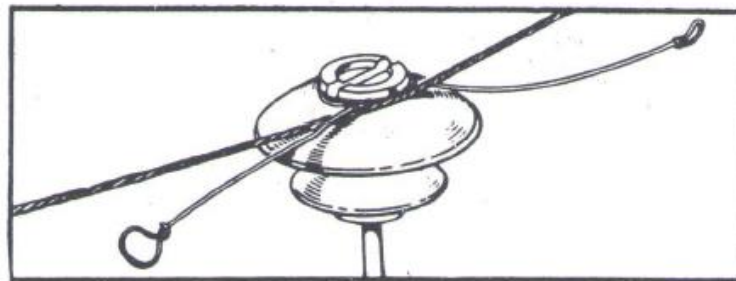


Amarre final en ambos lados.

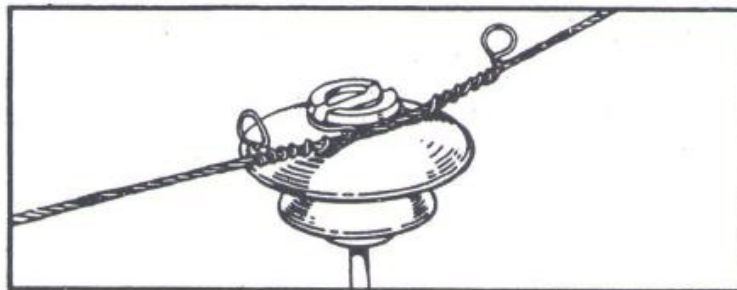
Fuente: *Manual para el mantenimiento de líneas vivas.* p. 5-11.

- Amarre para conductor con ángulo en un aislador: este es para pequeños ángulos, se coloca el conductor en el cuello del aislador y el alambre de aluminio debe dar una vuelta en el cuello, de tal modo que las puntas queden en direcciones opuestas.

Figura 16. **Amarre para conductor con ángulo 1**



Preparación del amarre.

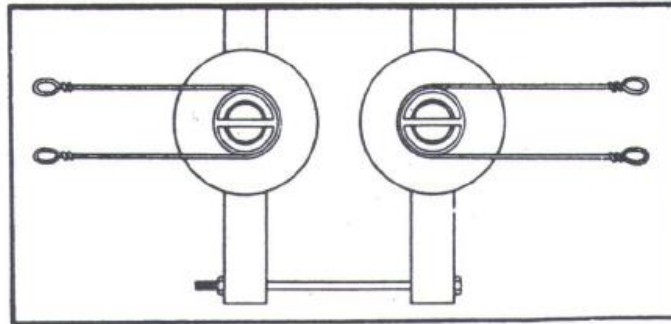


Amarre terminado.

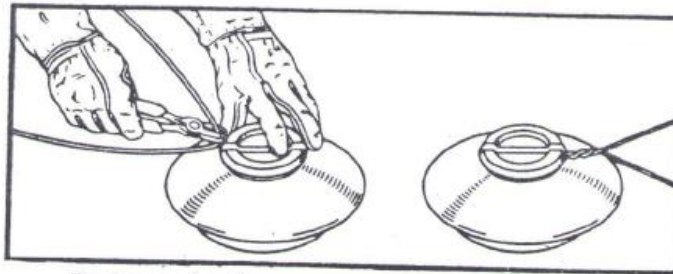
Fuente: *Manual para el mantenimiento de líneas vivas.* p. 5-10

- Amarre para conductor con ángulo en 2 aisladores: este es para ángulos no tan pequeños, se coloca el conductor en el cuello de los aisladores, el alambre de aluminio debe dar una vuelta en el cuello, de tal modo que las puntas queden en la misma dirección y allí se enrolla sobre él y luego sobre el conductor.

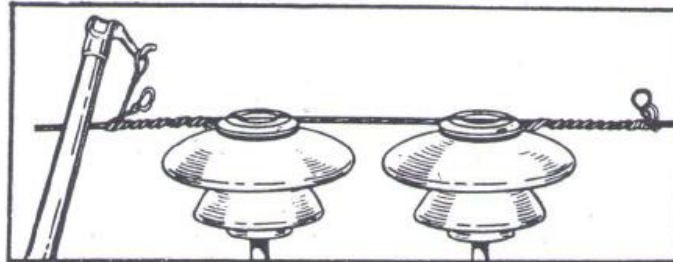
Figura 17. **Amarre para conductor con ángulo 2**



Preparación del amarre.



Empezando el amarre con ayuda de pinzas.



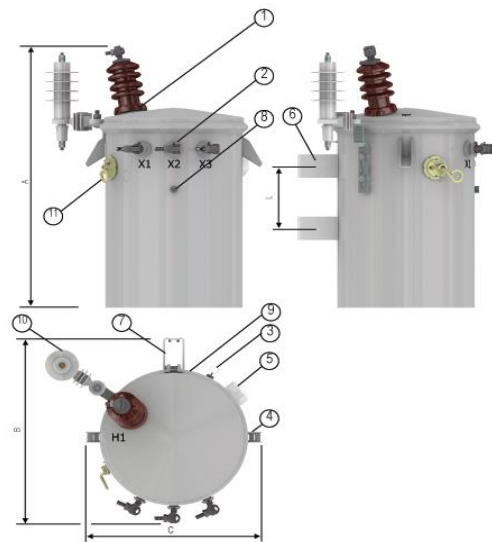
Amarre en el aislador opuesto.

Fuente: *Manual para el mantenimiento de líneas vivas.* p. 5-11.

2.5.6. Transformadores de distribución

Son máquinas eléctricas estáticas cuya función es elevar o reducir voltaje, los que se utilizan en las líneas de distribución son transformadores de 34,5 y 13,2 kilovoltios en el lado de alta tensión y entregan en el lado de baja tensión 220 y 110 voltios. La parte donde se conectan los conductores de alta tensión se llaman *bushings* primarios o aisladores de alta tensión y donde se conectan los conductores en la parte de baja, se llaman *bushings* secundarios o aisladores de baja tensión, a continuación la figura de un transformador.

Figura 18. Transformador auto protegido



LEYENDA

- 1 - Aislador de alta tensión
- 2 - Aisladores de baja tensión
- 3 - Válvula de alivio de sobrepresión
- 4 - Gancho p/ izar
- 5 - Mando externo del conmutador
- 6 - Soporte de fijación
- 7 - Placa de características
- 8 - Aterramiento - X2
- 9 - Provisión para puesta a tierra
- 10 - Pararrayo
- 11 - Palanca de accionamiento del disyuntor de B.T.

Fuente: ROMAGNOLE. *Transformadores*. www.romagnole.com.br/catalogo.php?detalhar=277#.

Consulta: 16 de febrero de 2014.

Existen 2 tipos de transformadores utilizados en AsoChel:

- Transformadores convencionales

Estos transformadores no contienen ningún tipo de protección, por lo que se deben comprar por separado los equipos de sobretensión, sobrecarga y pararrayos. Estos son usados en la creación de los 3 bancos de transformación.

- Transformadores autoprotegidos

Estos como su nombre lo indica vienen equipados con accesorios de sobrecorriente, sobretensión y pararrayos, que sirven para evitar que corrientes y voltajes elevados puedan dañar el transformador, enviando estos a tierra, también aislando el transformador de la red en caso de fallas en el lado de alta o de baja tensión o de problemas internos. Estos se encuentran ubicados a lo largo de la línea de distribución.

2.5.6.1. Consideraciones para un transformador

Los transformadores deben usarse como se debe por ello, a continuación de describen algunas consideraciones para poder usarse:

- Una vez instalado en el poste, jalar la válvula de alivio de sobrepresión, ya que por el movimiento del transformador se pueden acumular gases en su interior.
- Siempre debe observar la placa del transformador para conocer sus características eléctricas.

- Conocer a cuantos usuarios alimentará para colocar uno adecuado, que pueda suplir la carga de ellos. Se puede asumir que:
 - Transformador de 10 kVA para un promedio de 25 usuarios
 - Transformador de 25 kVA para un promedio de 35 o 40 usuarios

- El transformador no debe estar a una distancia mayor de 350 metros del último usuario.

- El *tap* o cambiador sirve para elevar o reducir una leve cantidad del voltaje de salida de un transformador de distribución para que no hayan caídas de voltaje o sobre tensiones en el punto de entrega, la posición en la que se debe encontrar es en C (100 por ciento), si se estuviera entregando un voltaje más bajo se cambiaría a la letra E (+5 por ciento del voltaje) y si se estuviera entregando más voltaje del nominal se pondría en A (-5 por ciento). Estos cambios siempre se deben hacer sin tensión en la línea (desenergizar el transformador) y medir el voltaje al principio y cuando se hace el cambio para verificar en qué posición se debe colocar.
 - A 95 % del voltaje
 - B 97,5 % del voltaje
 - C 100 % del voltaje
 - D 102,5 % del voltaje
 - C 105 % del voltaje

- Si se desea trabajar en la baja tensión, hay que colocar el disyuntor o interruptor en la posición de encendido, de esta forma quedará desenergizada la parte de baja tensión.

- Los conductores que salen de los *bushings* secundarios deben estar forrados, ya que pasan muy cerca de la cuba del transformador.
- Los *bushings* primarios de un transformador pueden ser 2 o 1 dependiendo el uso que se les dé, se usan transformadores de 2 *bushings* para formar bancos de transformadores y de un *bushing* para transformadores de distribución.
- Siempre se deben conectar los conductores firmemente para evitar falsos contactos que pueden ocasionar calentamiento o corto circuito en las uniones, se debe hacer con la herramienta correcta y aplicando la fuerza necesaria para no dañar la porcelana de los *bushings* primarios, secundarios, ni el pararrayos.
- El transformador debe estar sólidamente aterrizado.

2.5.7. Alumbrado público

El alumbrado público es el servicio público consistente en la iluminación de las vías públicas, parques públicos y demás espacios libres de circulación que no se encuentran a cargo de ninguna persona natural o jurídica de derecho privado o público.

Las lámparas de alumbrado público son de diferentes tipos; siendo estos los siguientes:

- Canasta
 - Vapor de mercurio: emite una luz blanca, con bombillas de 80, 125, 250, 400, 700 y 1 000 watts.
 - Vapor de sodio luz: emite una luz amarilla, con bombillas de 70, 100, 150, 250, 400, 600, y 1 000 watts.

- Cobra, con bombillas de 250 watts.
- LED: *Light-Emitting Diode*, Diodo Emisor de Luz, estas funcionan con Corriente Directa. así que utilizan circuitos internos para poder trabajar con CA, estas tienen una vida útil larga y una muy buena eficiencia energética, pero los costos aún son altos.
- HPS: son bombilla de luz de sodio de alta presión (*High Pressure Sodium*), de energía eficiente, se destacan por tener la relación más alta vatio/lumen, es decir; dan más luminosidad consumiendo menos vatios.

Las lámparas tienen una fotocelda cuya función es detectar la luz solar para que esté apagada durante el día y se encienda por la noche.

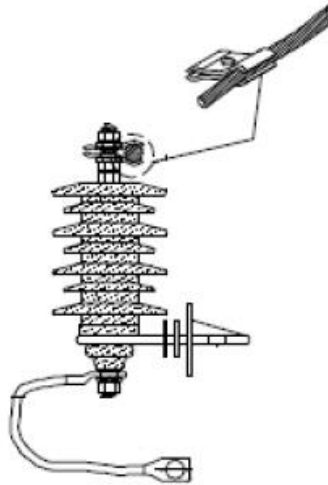
2.5.8. Elementos de protección en la línea de distribución

Es importante que en la línea de distribución existan equipos que protejan la integridad de esta, con estos equipos también se logra aumentar el tiempo de vida útil de la línea y la continuidad de servicio.

2.5.8.1. Pararrayos

Son dispositivos de protección contra sobre tensiones causadas por descargas atmosféricas (rayos), que exceden la tensión nominal de la línea. Cuando sucede una descarga atmosférica, las tensiones excedentes son drenadas por el pararrayos enviándolas a tierra, es por eso de suma importancia que los pararrayos estén debidamente aterrizados y no debe haber ningún falso contacto. Estos se conectan a la línea en paralelo, es decir una punta conectada a la línea y la otra al conductor de cobre de tierra.

Figura 19. **Pararrayos**



Fuente: HUBBELL. *Pararrayos para línea de 34,5 kV.* p. 31.

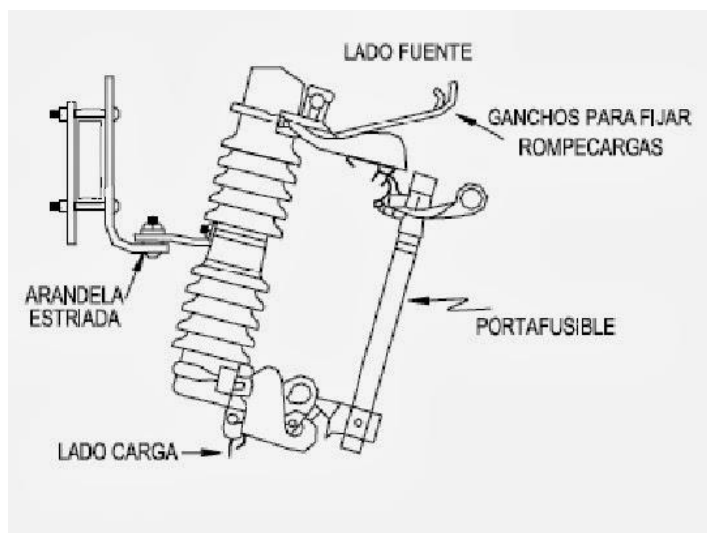
2.5.8.2. **Cortacircuitos**

Son dispositivos de protección contra sobre corrientes o sobre cargas, también llamados seccionadores tipo fusible o *Cut Out*, estos protegen la línea, transformadores y equipos, también ayudan cuando se desea dar mantenimiento o hacer alguna reparación en la línea, ya que al desconectar el fusible o caña se puede trabajar sin que la línea este energizada, sin necesidad de desconectar el suministro principal de energía, protegiendo así también al personal que trabaja en la línea. Estos se conectan en serie con la línea.

La forma de desconectar el caña es mediante una pértiga y debe de hacerse de forma rápida y fuerte, ya que si no se hace así producirá un arco eléctrico, para la conexión del caña se debe acercar el fusible a una distancia prudencial antes del enganche, ya que si se coloca muy cerca producirá un arco eléctrico y también se debe enganchar con fuerza y rapidez.

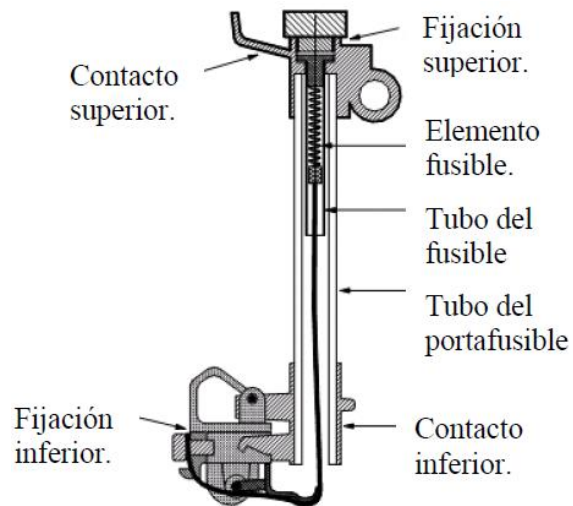
Cuando se desconecte la caña y se tenga que retirar o volverla a colocar debido a que se tiene que reemplazar el fusible de listón que está en su interior, se debe bajar con precaución, ya que la caña es de un material frágil y si se deja caer se puede quebrar y no se vende solamente esta pieza, sino que el juego completo. El fusible tipo listón que está en el interior de la caña, debe ser reemplazado por un fusible de las mismas características eléctricas que el anterior, por lo que se recomienda que se tenga en bodega siempre reemplazos suficientes.

Figura 20. **Cortacircuitos**



Fuente: Instalaciones eléctricas. www.instalacionesitchab.blogspot.com. Consulta: 11 de marzo de 2014.

Figura 21. **Caña de cortacircuitos**



Fuente: HUBBELL. *Cortacircuitos para línea 13,8 kV*. p. 11.

2.5.8.3. **Tierra física**

Se entiende por tierra física o conexión a tierra a la conexión eléctrica de un sistema eléctrico a un área del suelo o tierra. El objetivo de esta es proporcionar protección al personal, población en general y a la red de distribución y/o sistemas eléctricos de sufrir alguna descarga eléctrica. El funcionamiento de esto es hacer que cualquier aparición de transitorios (eventos temporales como descargas atmosféricas) o sobre voltajes, tomen la ruta de menor resistencia que en este caso es el conductor de cobre conectado a una varilla de cobre enterrada en la tierra.

Según la NTDOID de la CNEE en el artículo 16, indica que se debe conectar a tierra el conductor neutral, las partes no portadoras de corriente (estructuras metálicas, marcos, carcasas y soportes) y las retenidas. Algunos de los dispositivos a conectar a tierra son los transformadores, pararrayos, hilo

de guarda y algunos herrajes. La colocación de tierras físicas en los postes normalmente debería de ser cada 400 metros, y en los postes donde se instalen pararrayos y transformadores se deben colocar 3 varillas de cobre para crear una menor resistencia.

2.6. Trabajos en líneas energizadas

También llamados trabajos en caliente, se definen trabajos en caliente como los que se hacen en las líneas eléctricas sin la desconexión de la energía eléctrica, para poder trabajar en líneas energizadas es necesario aprobar el curso de linieros y tener la debida experiencia, ya que es un trabajo de alto riesgo si no se sabe lo que hace.

2.7. Trabajos en líneas desenergizadas

También llamados trabajos en frío, se definirán como los que se hacen en las líneas eléctricas desconectando la energía eléctrica, aunque no es tan riesgoso el trabajo en frío, hay que tomar las debidas precauciones que amerite el caso, como equipo de seguridad y aterrizar el área donde se trabaja.

2.8. Equipo personal de protección

Es importante contar con un equipo de protección para poder trabajar con mayor seguridad, guardando la integridad física del trabajador, razón por la cual es importante que se encuentren en buen estado los equipos de protección.

2.8.1. Casco

Se puede decir que el casco se compone de 2 partes, el casco en sí y la suspensión que es lo que se une al casco y da el ajuste a la medida de la cabeza, pero es muy importante que se le agregue un barbiquejo para evitar que se pueda caer. Se debe tomar en cuenta que no se puede usar cualquier casco para un electricista y que existen clasificaciones para estos en base al nivel de voltaje que pueden llegar a soportar:

- Clase E (ANSI) soportan contactos con conductores de alto voltaje entre 20 000 a 30 000 voltios.
- Clase G (ANSI) soportan contactos con conductores de bajo voltaje aproximadamente de 2 200 voltios.
- Clase C no protegen contra electricidad.

Se debe almacenar en un lugar bajo sombra y que no hayan temperaturas excesivas para que no pierda sus propiedades y se recomienda cambiarlos cada 5 años y las suspensiones cada año, y si se ven daños en la superficie es mejor cambiarlo inmediatamente.

2.8.2. Guantes labor

Son guantes de cuero u otro material resistente utilizados para diversos trabajos, estos no son aislantes, por lo que no se deben usar cuando la línea este energizada.

2.8.3. Gafas

Estas tienen 2 funciones: proteger los ojos de cuerpos extraños que puedan dañarlos y las que son polarizadas para evitar los reflejos del sol y poder trabajar con toda comodidad y seguridad.

2.8.4. Calzado

Ya que los trabajadores de AsoChel deben de realizar los trabajos con calzado especial, se deben usar botas con punteras de acero para evitar lesiones.

2.9. Herramientas y equipo de trabajo

Es importante la utilización de herramientas adecuadas para cada trabajo y necesidad, herramientas de calidad y en buenas condiciones para que se facilite el trabajo que se realiza.

2.9.1. Herramienta de uso personal

Entre las herramientas de uso personal se pueden incluir alicates, desarmadores, navaja, llave de linieros, entre otros. Estas herramientas deben estar en perfectas condiciones y de materiales de buena calidad para facilitar el trabajo, hay herramientas que deben estar aisladas y se deben cuidar estos materiales y afiladas las herramientas de corte.

2.9.2. Cinturones porta herramientas para linieros

Este sirve junto con la bandola para que se pueda trabajar en el poste teniendo las manos libres y en el cinturón se colocan las herramientas principales para el trabajo en el poste, su correcta colocación es aproximadamente 10 centímetros debajo de los huesos de la cadera. Los cinturones se deben comprar según la medida del que lo usa para mayor seguridad, también se debe revisar el estado del material del cinturón, así como las argollas D.

2.9.3. Bandolas para poste

Es muy importante que antes de utilizar la bandola sea revisada en busca de señales de desgaste, ya que una bandola en mal estado pone en riesgo la vida del trabajador, esta sirve para que el trabajador este sujeto al poste y pueda utilizar ambas manos. Una vez en el poste cuando se coloque la bandola confirme visualmente que ha sujetado correctamente el gancho de la bandola con la argolla D y que está cerrado y no confié solo por escuchar el clic.

2.9.4. Pértigas

Estas son utilizadas para maniobras con líneas energizadas y desenergizadas para realizar enganches a líneas, apertura o cierre de seccionadores, cortar ramas cercanas a líneas, colocación de equipo de puesta a tierra y otras. Estas no están diseñadas para permanecer por tiempos muy largos bajo tensión eléctrica y es importante conocer las características de aislamiento y las distancias mínimas de seguridad. En AsoChel se cuenta con 3 pértigas diferentes, las cuales son:

2.9.4.1. Pértiga *Grip-All*

También llamada pértiga de gatillo, escopeta o tipo pistola, es una pértiga de tamaño fijo, el mecanismo de la pértiga se desliza para que cierre o abra el gancho en el extremo de esta y es muy útil para la colocación de sistemas de puesta a tierra o accesorios en las líneas como conectores de derivación de línea tipo estribo.

Figura 22. **Pértiga *Grip-All***

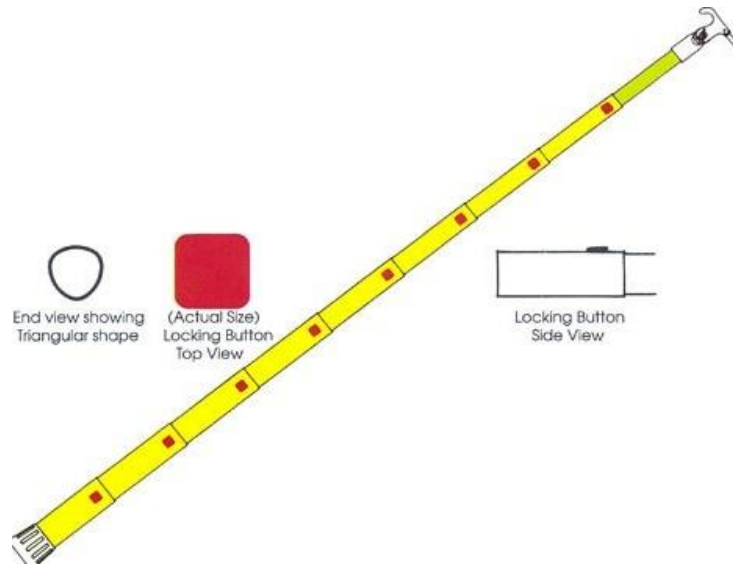


Fuente: <http://www.munelec.cl/catalogos/08/08/index.html>. Consulta: 12 de marzo de 2014.

2.9.4.2. Pértiga telescópica

Esta es una pértiga de maniobra con cabezal universal, que es muy útil y de fácil transportación, ya que es pequeña pero puede aumentar de tamaño y con el cabezal universal se le pueden acoplar distintos accesorios. Esta aumenta de tamaño al ir sacando cada sección de la que se construye, es muy importante asegurar bien las secciones cuando se sacan mediante un botón rojo que encaja en la sección anterior de la pértiga.

Figura 23. **Pértiga telescópica**

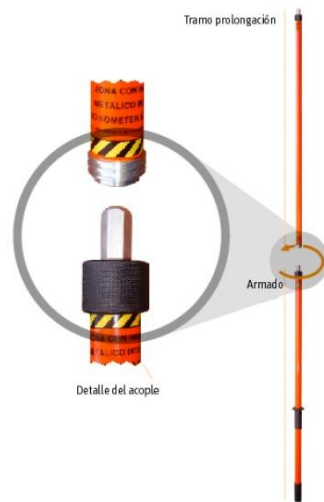


Fuente: http://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-418283251-pertigas-telescopica-10-y-12-mts--_JM. Consulta: 12 de marzo de 2014.

2.9.4.3. **Pértiga acoplable**

La característica de esta pértiga es que viene separada en partes, las cuales se unen para lograr la altura requerida, pudiéndose transportar fácilmente en secciones pequeñas.

Figura 24. **Pértiga acoplable**



Fuente: www.ardentseguridad.com.ar/PERTIGA-ACOPLABLE.html. Consulta: 12 de marzo de 2014.

2.9.5. Detector de voltaje

Sirve para verificar si los conductores están energizados o no, sus voltajes de detección van desde los 240 Voltios hasta los 230 kilovoltios, siempre se debe mover el selector de voltajes a medir, dependiendo del voltaje donde se vaya a comprobar si está o no el conductor energizado y también se deben retirar las baterías de este, ya que si se guarda con las baterías puestas puede sufrir un derrame de ácido y dañar el detector. Este debe ser colocado en el cabezal de la pértiga y viene diseñado para ser colocado en un cabezal de pértiga universal e indicará con luz y sonido la presencia de energía.

Figura 25. **Detector de voltaje**



Fuente: Salisbury. www.salisburybyhoneywell.com/en-US/Pages/Category.aspx?cat=HLS-HES&category=Voltage_Detectors. Consulta: 12 de marzo de 2014.

2.9.6. Soga

También llamada línea de mano y es usada por el liniero o trabajador que está en el poste para subir o bajar piezas o herramientas, es importante que siempre se trabaje con una soga seca y revisar su estado para que no se rompa y pueda dañar a alguien al dejar caer algún objeto, si la soga se humedece, déjela secar porque si no se aumentará su conductividad y el riesgo de descargas es mayor y también se puede podrir provocando que se rompa.

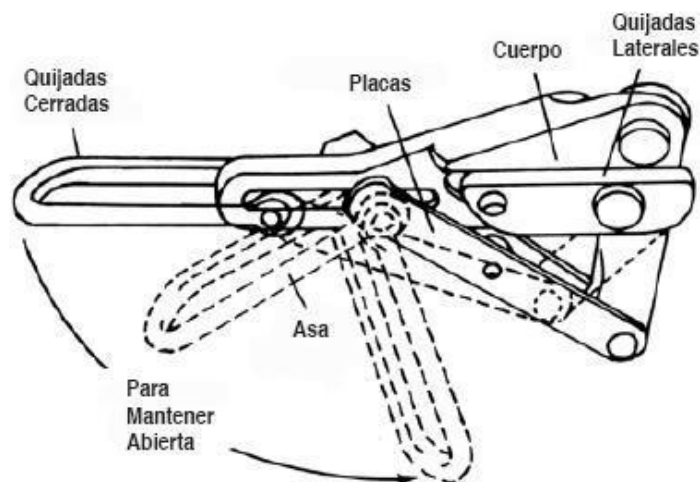
2.9.7. Polea aislada

Esta sirve para elevar y colocar transformadores en el poste u objetos pesados sin tener que aplicar fuerza excesiva, esta debe estar firmemente sujeta para evitar que pueda caer con su carga.

2.9.8. Tensores de acero forjado

También llamados comelones, sirven para sujetar cables sin permitir que se suelte cuando se les aplica tensión, se usan cuando se están nivelando tramos de línea o colocándose un nuevo conductor. Se debe usar el tensor apropiado para el calibre y clase de conductor a tensar, ya que existe uno específico para cada conductor.

Figura 26. Tensor de acero forjado



Fuente: Bricos. www.bricos.com/marcas/klein-tools. Consulta: 11 de marzo de 2014.

2.9.9. Polipasto de cadena y palanca

Conocidos como micas, sirven para colocar y tensar conductores o retenidas. Son de fácil uso, ya que constan de un seguro que se puede colocar en 3 posiciones, dependiendo de que se quiera hacer, una es para tensar otra para quitar tensión y la otra es para que corra libremente la cadena. Se debe usar un polipasto de tensión apropiada para el trabajo que se vaya a hacer, ya que si se va a tensar un tramo de conductor muy largo, la tensión es grande.

Figura 27. **Polipasto de cadena y palanca**



Fuente: <http://www.brico-online.es/tienda-bricolaje/seguridad-y-medicion/sujeccion/polipasto-de-palanca-de-cadena-3-toneladas.html>. Consulta: 12 de marzo de 2014.

2.9.10. Cortadora de conductor

Herramienta para cortar conductores sin deformarlos, se debe dar mantenimiento a esta herramienta en las uniones para facilitar el corte.

Figura 28. **Cortadora de conductor**



Fuente: Oficina de Asociación Hidroeléctrica Chelense.

2.9.11. **Pinza de compresión manual**

Estas pinzas sirven para cerrar los conectores de compresión, ya sean de aluminio o de cobre, y varían dependiendo el calibre del conductor.

Figura 29. **Pinzas de compresión**



Fuente: Oficina de Asociación Hidroeléctrica Chelense.

2.9.12. **Flejadora tensional**

Es una máquina que coloca flejes para asegurar bultos la fuerza del fleje, por lo que sirven tanto para flejar paquetes frágiles como envíos que requieren gran tensión, es por esto que es la herramienta utilizada para colocar cinta *Band-it*.

Figura 30. **Flejadora tensional**



Fuente: BAND-I. *Manual para trabajo pesado*. p. 1.

2.10. **Equipo de comunicación**

Es importante que exista un equipo y método de comunicación cuando se hacen trabajos en el mantenimiento, ya que se debe tener constante comunicación entre el liniero y los operadores del generador, para que los linieros puedan pedir desenergizar la red y energizarla. El procedimiento de desenergizar y energizar la red, debe ser el siguiente:

- Indicar al operador de la casa de máquinas que se quiere trabajar en determinado sector y pedir que se preparen para desenergizar la red.
- Indicar que desenergice la red.
- Volver a hablar con el operador de la casa de máquinas para cerciorarse que ya desenergizó la red, y que avise que no puede energizar hasta terminar los trabajos y que el liniero lo indique.

- Para energizar nuevamente la red, el liniero deberá indicar al operador de la casa de máquinas que los trabajos han concluido y que puede energizar.
- El operador de la casa de máquinas debe asegurarse que nadie esté trabajando en otro punto de la red para energizar nuevamente.
- El operador le indicará al liniero que va a energizar la red y que retire a todo su personal de la línea y a continuación energizará.

Actualmente la comunicación es mediante celulares, pero debido a que la señal tiende a fallar no es un método muy eficaz, por lo que se recomienda el uso de radio comunicadores que tengan una amplia cobertura, debido a los terrenos montañosos en los que se trabaja y tanto el operador como el liniero deben estar atentos a las llamadas por el celular o radio.

2.11. Cuidado de la herramienta

Antes de empezar cualquier trabajo se debe hacer una minuciosa revisión del equipo que se utiliza en busca de defectos o fisuras, tanto el de protección como el de trabajo, ya que un equipo en mal estado no cumplirá eficientemente con su propósito o podría poner en peligro a los que lo utilizan.

El cuidado de las herramientas es de suma importancia, ya que se extiende la vida de estas, se reducen costos en la compra de nuevas herramientas y se trabaja con la confianza del buen estado de la herramienta, la gran mayoría de las herramientas utilizadas en trabajos de electricidad tiene recubrimientos aislantes o fabricadas en fibra de vidrio, materiales que se pueden dañar fácilmente.

2.11.1. Almacenamiento

El almacenamiento de las herramientas debe ser en un lugar donde no haya humedad, porque esta tiende a oxidar las herramientas que tienen partes metálicas, las herramientas con mangos o partes de madera, así como los cinturones de liniero, bandolas y sogas acumulan humedad o pueden podrirse, si hay equipo húmedo se facilita la conducción de corriente eléctrica a través de estos, nunca se debe dejar las herramientas en el suelo, ya que se pueden dañar los aislantes por la superficie donde se encuentran o absorber la humedad.

Es necesario construir un lugar adecuado donde almacenar las herramientas, ya sea en un cuarto con estanterías o en un mueble, ambos con adecuada ventilación para evitar la humedad, que las herramientas se coloquen en espacios definidos, lo cual ayudará a tener un mejor control.

2.11.2. Transporte y trabajo

Las herramientas se deben transportar en cajas de herramientas o en los estuches o protectores correspondientes para evitar que se dañen o que se dañen los materiales aislantes, cuando se esté trabajando no se deben dejar las herramientas en el suelo, se deben colocar en el cinturón de liniero o colocar una lona en el lugar donde se trabaja, para evitar el daño con la superficie donde se encuentran, una vez terminado el trabajo se deben colocar en sus respectivos estuches o guardarlas en las cajas de herramientas.

También es importante darle el uso adecuado a cada herramienta, ya que algunas se dañan por usarlas para otra función para la cual no fueron diseñadas, por lo tanto; es importante que se use la herramienta para ejecutar

el trabajo para el cual fue diseñada y se debe tener conocimiento de estas antes de trabajar con ellas, es decir conocer las propiedades mecánicas y eléctricas a las que pueden ser sometidas como el método adecuado de uso.

2.11.3. Mantenimiento de herramientas

Hay herramientas a las que se les puede aceitar para que sus uniones tengan una mejor movilidad y en el caso de las pértigas y alguna otra herramienta que tenga recubrimiento o material aislantes, limpiar con un paño levemente húmedo y luego secar con otro en el caso de que se encuentren sucias, no limpiarlos con materiales abrasivos las herramientas, porque pueden dañar los materiales aislantes y si es necesario usar detergente.

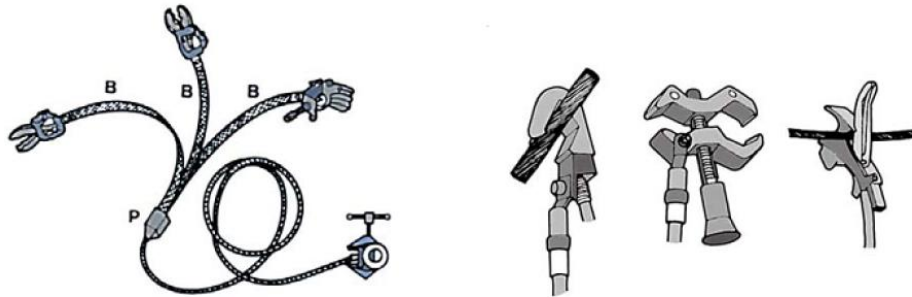
2.12. Equipo de protección en el trabajo

Es importante contar con un adecuado equipo de protección y no uno improvisado, ya que en estos equipos se encuentra depositada la integridad de los trabajadores.

2.12.1. Equipo de puesta a tierra

Es un equipo que permite trabajar con mayor seguridad en la línea, debido a que cortocircuita las 3 fases y las conecta a tierra para evitar que cualquier descarga causada por inducción atmosférica o una conexión accidental de la energía pueda afectar al trabajador, por esto se debe colocar un poste antes de donde se trabaja y uno después.

Figura 31. **Cables de puesta a tierra**



Fuente: Hubbell. *Puesta a tierra para trabajos con línea eléctrica*. p. 15.

2.12.2. Equipo de señalización

Siempre que se trabaje en lugares donde hay circulación peatonal o de vehículos, es necesario la señalización para delimitar la zona y evitar el ingreso de personal no autorizado y se puede utilizar conos, cintas de precaución, letreros, entre otros.

2.13. Mantenimiento preventivo en la red de distribución

Cuando se habla de mantenimiento preventivo se busca que la red de distribución sea una red confiable, con un alto porcentaje de confiabilidad y que garantice un servicio continuo, haciendo revisiones antes que ocurran fallas y así poder evitarlas.

2.13.1. Inspección de la línea de distribución

Es muy importante una revisión visual continua de la línea de distribución y se recomienda que esto se haga una vez al mes como mínimo, ya que con esto se tratará de identificar anomalías presentes y que se puedan dar y evitar

inconvenientes, problemas mayores o el deterioro de esta, teniendo el conocimiento de que no se debe tener ningún contacto con los conductores y de reportarlo inmediatamente. Durante el patrullaje de la línea se debe empezar a concientizar a los pobladores que deben de velar por el cuidado y no deterioro de las estructuras, conductores, equipos y luminarias, ya que es un beneficio para la comunidad y que reporten si conocen alguna falla.

De cada comunidad se debe capacitar al personal que cobra para que haga los patrullajes y así tenga amplio conocimiento de la línea que patrulla, sectorizando los lugares por donde pasa la red, así no habrá ningún punto donde pueda existir falla, los principales puntos a observar son:

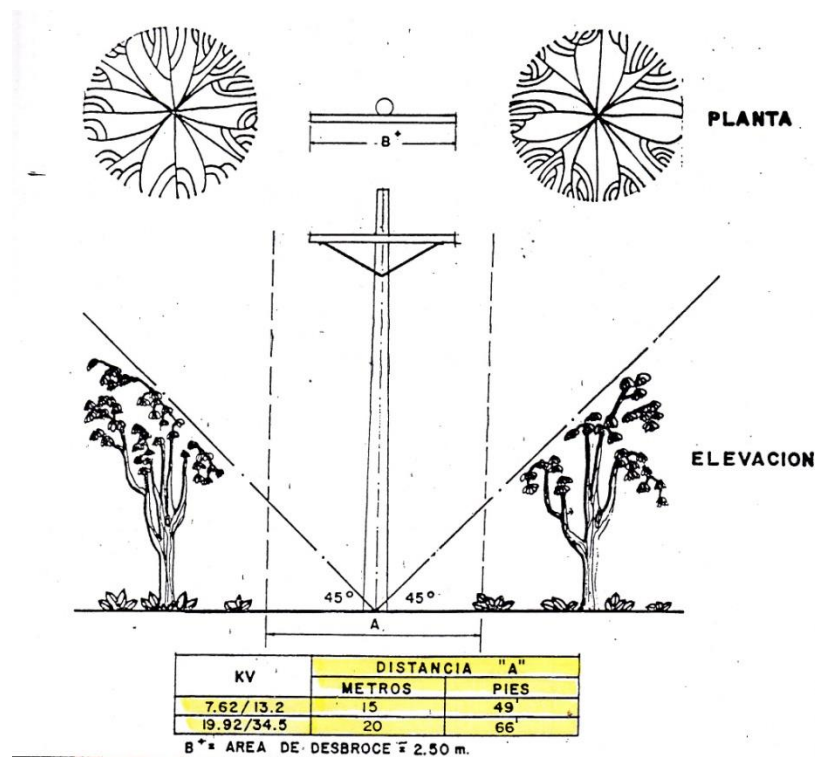
2.13.1.1. Área de desbroce, desrame de arbolado o poda

Mantener siempre brechas donde haya maleza para el acceso del personal en el caso de una reparación, no se debe permitir que exista:

- Vegetación o maleza que impida el acceso a la estructura.
- Ramas, arbustos o enredos sobre los conductores ni cerca de ellos.
- Si existen árboles bajo la línea, que puedan llegar a tener contacto con la línea es mejor talarlos lo más pronto posible.
- Observar si las ramas o maleza cercana a los conductores presenta quemaduras, daño o decoloración en las hojas, ya que esto indica que ocasionalmente están teniendo contacto con el conductor, debido al movimiento por el aire.
- Crecimiento de enredos en los tirantes o postes.

Cada 2 meses se debe realizar la brecha de la línea, ya que hay maleza, plantaciones y árboles que si no se mantienen a niveles prudentiales pueden dañar la línea. Los trabajos de corte que se encuentren cerca de los conductores se deben de hacer con la pértiga y la herramienta de corte que se le coloca en el cabezal universal y si es un objeto muy grande se recomienda desenergizar la línea de cortar, siempre tomando en cuenta la precaución de cortar cerca de conductores energizados y jalar las ramas con líneas de mano o lazos de polipropileno, el cual es aislado para mayor seguridad.

Figura 32. **Área de desbroce, desrame de arbolado o poda**



Fuente: DEOCSA Y DEORSA. *Manual para el diseño de línea y redes de distribución.* p. 8.

2.13.1.2. Aisladores

Se debe concientizar a los pobladores que no se les debe arrojar piedras o cualquier objeto que los pueda dañar y se debe observa que:

- Los aisladores no se encuentren quebrados o desportillados, de ser así necesitan ser reemplazados.
- Que no tengan amarres rotos, ya que el conductor se puede mover y desnivelar la línea o tener contacto con otro conductor o herraje.
- Que no se encuentren doblados, puede ser que la espiga donde van colocados esta doblada debido a la tensión ejercida por los conductores, se recomienda cambiar la espiga.

2.13.1.3. Cruceros

Los cruceros no deben estar demasiado doblados, esto es un indicador de que se está ejerciendo mucha tensión debido al vano entre los postes, si está rajado o quebrado debe ser reemplazado lo más pronto posible.

2.13.1.4. Conductores

Para hacer buen uso de los conductores se debe saber y observar lo siguiente:

- Que los conductores estén nivelados, es decir la distancia entre ellos sea la misma de lo contrario podrían hacer contacto.
- Que estén a una tensión adecuada, ya que si están poco tensos se podrían mover fácilmente con el viento y hacer contacto.

- Que no haya ningún objeto cercano o sobre ellos que pueda hacer contacto con uno o más de ellos y ponerlos en corto.
- Que la catenaria que es la distancia desde el suelo hasta el punto más bajo de la curva formada por el conductor, sea una distancia prudencial con el nivel del suelo o de los objetos que están debajo de ella.

2.13.1.5. Puentes

Estas conexiones deben estar sólidamente conectadas, viendo que no hayan falsos contactos y que estén a distancias prudenciales de los herrajes y otros conductores.

2.13.1.6. Retenidas

Para hacer buen uso de las retenidas y obtener un mejor resultado de ellas se debe saber y observar lo siguiente:

- Las retenidas no estén cortadas o eliminadas, ya que de ser así el poste tendera a desplomarse.
- El estado del preformado debe ser óptimo y debe colocarse correctamente, ya que de lo contrario no sujetará el cable y este perderá la tensión necesaria para evitar que el poste se desplome.
- Si existe alguna retenida que fue eliminada porque realmente ya no se usa, es mejor retirar el cable y todos los herrajes para evitar que pueda hacer contacto con los conductores energizados y provocar descargas eléctricas.
- Si se eliminó una retenida por falta de espacio es mejor sustituirla por una retenida tipo bandera.
- En algunos lugares es conveniente proteger el final del preformado de las retenidas, ya que a veces lo deshilan y se puede perder la retenida,

también si hay exceso de cable en las retenidas (cola) se recomienda cortarlo para que no se deshile.

- Hacer conciencia que las retenidas no son lugares para amarrar animales, recostarse y que no se deben de quitar.
- Se debe colocar una retenida nueva en los lugares donde el poste se haya desplomado debido a una tensión ejercida por los conductores que forman ángulo, no en todos los casos se desploman los postes por tensiones excesivas, sino que puede ser por mal apelmazamiento de tierra y no colocaron suficientes rocas.
- Tengan la tensión adecuada, es decir que el poste no esté desnivelado hacia el lado de la retenida (muy tenso) y que no esté sin tensión.
- Eliminar la maleza o enredaderas que crecen sobre las retenidas, ya que muchas veces llegan hasta los conductores.

2.13.1.7. Madera protectora

Concientizar a las comunidades que no se debe machetear la madera protectora, ya que podrían recibir una descarga si llegaran a tocar el cable de cobre desnudo y revisar que tengan las cintas *Band-it* para proteger el cable de cobre.

2.13.1.8. Postes

Concientizar a las comunidades que no se deben machetear los postes, ya que esto resta tiempo de vida útil del poste y revisar que el poste se encuentre a plomo (totalmente vertical y no vencido hacia algún lado).

2.13.1.9. Alumbrado público

El alumbrado público tiene diferentes cuidados que las personas deben darle para que este pueda ser útil para todo público, para ello están descritas las siguientes recomendaciones:

- Concientizar a la comunidad a que no le tire piedras u otro objeto a las lámparas, ya que es un beneficio para la población.
- Revisar que se encuentren apagadas las lámparas durante el día, si están encendidas reemplazar fotocelda.
- Pedirle a las personas de las comunidades que reporten si las lámparas no encienden durante la noche, esto se debe a un foco quemado o una mala conexión.

2.13.1.10. Tierra física

Estos conllevan diferentes cuidados para su mejor funcionamiento los aspectos importantes a revisar son:

- Que el conductor desnudo de cobre que es la tierra física esté enterrado y no esté cortado en ninguna parte.
- Todos los dispositivos como pararrayos, hilo de guarda y transformadores deben estar sólidamente conectados a tierra para protección de estos y de la red.
- La madera protectora debe estar en buen estado y debe tener sus respectivas cintas *Band-it*.
- En el caso de reemplazar la bajada de tierra física se debe hacer con un conductor de cobre desnudo número 2 de 19 para que sea flexible,

conector de compresión, la madera protectora debe ser de 8 pies y se debe asegurar con cintas *Band-it*.

2.13.1.11. Cortacircuitos

Se debe concientizar a los pobladores que no se les arroje piedras o cualquier objeto que pueda dañar las partes cerámicas. Si durante el patrullaje se encuentra disparado el fusible o caña del cortacircuitos, se debe revisar tramos de conductores cercanos a estos para determinar si existe alguna rama que haya caído sobre el o los conductores o si hay contacto entre conductores, si no hay ningún problema se puede volver a reenganchar la caña y si no la vuelve a disparar probablemente se trató de una sobre carga momentánea en la línea, si se vuelve a disparar, hay que revisar cada poste, tramo, transformador y acometida para encontrar el problema.

2.13.1.12. Pararrayos

Aunque la construcción de los pararrayos actualmente es en polímeros, quedan algunos en material de porcelana y se debe concientizar a los pobladores que no se les arroje piedras o cualquier objeto que los pueda dañar. Estos deben de estar sólidamente conectados al conductor desnudo de cobre, que es el de tierra física, para que cuando haya sobretensiones debidas a descargas atmosféricas, estas puedan ser drenadas a tierra sin dañar la red de distribución ni ningún equipo.

2.13.1.13. Transformadores

Los transformadores necesitan que se haga un buen uso de ello y a continuación se describe y observa lo siguiente:

- Que los conductores desnudos del lado de alta tensión y los forrados de baja tensión no estén muy cerca entre sí, ni que estén cerca de otros conductores ni herrajes, tal que pueda causar un corto circuito.
- Los transformadores autoprotegidos tienen una luz que cuando está encendida indica que sufrió de una sobre carga, por ejemplo si es un transformador de 10 kilo-voltio-amperio se puede suponer que se conectaron más usuarios que en total consumen más de 10 kilo-voltio-amperio.
- Si no se cuenta con servicio eléctrico, se debe revisar el transformador, si la luz está encendida este dejó de funcionar debido a una sobrecarga, para hacer que funcione el transformador cuenta con una palanca que cae a la posición *Off* y para reiniciarlo se debe subir la palanca a la posición *On* con la ayuda de una pértiga.
- Si por alguna razón los *bushings* de alta tensión o de baja tensión están flameados, se debe notificar para que se pueda hacer una reparación del transformador.
- Cuando un transformador empieza a botar aceite, se debe a una sobre carga y se debe revisar a causa de que es, puede ser por exceso de usuarios conectados a él o debido a que alguna rama lo esté poniendo en corto circuito.
- Cuando un transformador empieza a botar aceite de color negro o más oscuro de lo normal por la parte de arriba de la cuba o tanque en el pasa tapas o tapadera, es debido a que ha recibido varias sobre cargas, esto significa que se debe de cambiar el transformador de inmediato, pues sufrió calentamiento excesivo que logró perforar el empaque del pasa tapas y tiene fuga de aceite dieléctrico que tampoco está en buenas condiciones.

2.13.1.14. Acometidas

Se debe tener precaución con los conductores de las acometidas que bajan desde el poste, ya que la mayoría de casas son de lámina de zinc y muchas veces estos conductores topan en ellas y el filo puede producir que uno de los conductores forrados (los conductores forrados son las líneas vivas) sea dañado del aislante y hacer que entren en contacto con el neutro y se produzca un corto circuito o que toque la lámina y esta se encuentre energizada o se produzca un corto.

También se debe ver que el conductor que este soportando la tensión sea el conductor desnudo, que es el neutro, ya que este tiene en su interior un hilo de acero que soporta la tensión.

2.14. Procesos de mantenimiento correctivo con líneas desenergizadas

Aún cuando se esté trabajando con una línea desenergizada es necesario poner en práctica las normas de seguridad mencionadas anteriormente, a continuación se describen procesos para el mantenimiento correctivo de la línea de distribución.

2.14.1. Cambio de aislador

Los pasos para cambiar un aislador tipo pin, se puede resumir en los siguientes:

- Señalización y delimitación de la zona de trabajo si es necesario.
- Comunicación con casa de máquinas para que desenergicen la línea.

- Verificar si hay tensión con el detector de voltaje en la escala adecuada, después de que hayan desenergizado la línea.
- Conectar el equipo de puesta a tierra.
- Revisar equipo y material con el que se va a trabajar.
- Una vez arriba del poste, quitar los elementos de sujeción y reemplazar el aislador y hacer el amarre que tenía o como se indica en las figuras de la 15 a la 17.
- En el caso de un aislador tipo carrete, se deben quitar los elementos de sujeción con el conductor y retirar el pasador o chaveta que la sujeta, sustituir el aislador y colocarlo en la posición correcta, ver la figura 13 y luego colocar el conductor y sujetarlo firmemente.
- Una vez puesto el aislador y el amarre, debe asegurarse que no esté trabajando nadie más en la línea y que todo haya quedado de forma correcta, puede comunicarse con la casa de máquinas para pedir la energización de la línea.

2.14.2. Cambio de cortacircuitos

Estos suelen cambiarse debido a que ya no funcionan o el lugar donde están no es funcional, el procedimiento para el cambio de estos es el siguiente:

- Señalización y delimitación de la zona de trabajo si es necesario.
- Comunicación con casa de máquinas para que desenergicen la línea.
- Verificar si hay tensión con el detector de voltaje en la escala adecuada después de que hayan desenergizado la línea.
- Conectar el equipo de puesta a tierra.
- Revisar equipo y material con el que se va a trabajar.

- Retirar el cortacircuitos viejo y colocar el nuevo, recordando que se conecta sin el porta fusible o caña para evitar que se caiga durante su colocación, se conecta en serie para interrumpir el paso de la corriente.
- Una vez puesto el cortacircuitos se puede colocar la caña.
- Terminado el trabajo debe asegurarse que no esté trabajando nadie más en la línea y que todo haya quedado de forma correcta, puede comunicarse con la casa de máquinas para pedir la energización de la línea.

2.14.3. Cambio de cruceros

El cambio de cruceros necesita y tiene su procedimiento para su mejor funcionamiento. A continuación están los debidos procedimientos:

- Señalización y delimitación de la zona de trabajo si es necesario.
- Comunicación con casa de máquinas para que desenergicen la línea.
- Verificar si hay tensión con el detector de voltaje en la escala adecuada, después de que hayan desenergizado la línea.
- Conectar el equipo de puesta a tierra.
- Revisar equipo y material con el que se va a trabajar.
- Quitar los conductores, aisladores y herrajes que están sobre el crucero, si los conductores tienen demasiada tensión se deben sujetar con polipastos y tensores de acero forjado.
- Sujetar el crucero con sogas para bajarlo o también se podría bajar con polea.
- Subir el nuevo crucero y ajustarlo firmemente al poste con los pernos.
- Colocar los herrajes, aisladores y por último los conductores, verificar que los conductores queden firmemente sujetos a los aisladores.

- Terminado el trabajo debe asegurarse que no esté trabajando nadie más en la línea y que todo haya quedado de forma correcta, puede comunicarse con la casa de máquinas para pedir la energización de la línea.

2.14.4. Cambio de pararrayos

El pararrayos debe tener un procedimiento para su mejor funcionamiento, a continuación se encuentra el procedimiento para el cambio de un pararrayos:

- Señalización y delimitación de la zona de trabajo si es necesario.
- Comunicación con casa de máquinas para que desenergicen la línea.
- Verificar si hay tensión con el detector de voltaje en la escala adecuada, después de que hayan desenergizado la línea.
- Conectar el equipo de puesta a tierra.
- Revisar equipo y material con el que se va a trabajar.
- Retirar pararrayos y colocar el nuevo recordando que este se conecta en paralelo, la parte superior con la línea y la parte inferior a tierra, ver figura 19.
- Terminado el trabajo debe asegurarse que no esté trabajando nadie más en la línea y que todo haya quedado de forma correcta, puede comunicarse con la casa de máquinas para pedir la energización de la línea.

2.14.5. Problemas y soluciones que puede presentar un transformador

Los transformadores presentan diferentes problemas y soluciones, a continuación se puede observar dichos problemas y soluciones:

- El transformador no entrega energía eléctrica al sector
 - Lo primero que hay que revisar es la luz que indica que ha existido una sobrecarga en el transformador, si la luz está encendida sucedió una sobrecarga, entonces se debe colocar el disyuntor o interruptor en la posición de encendido, si el problema se sigue presentando, puede ser que se haya excedido el número de usuarios conectados al transformador y sería necesario colocar un transformador de mayor capacidad.

- El transformador está botando aceite
 - Por sobrecargas y el interruptor no ha accionado para descontarlo durante estas sobrecargas hay que verificar cuantos usuarios están conectados a la red de distribución de este transformador y distribuirlos a otros transformadores o colocar uno con mayor capacidad.
 - Por cortocircuitos causados por la falta de desrame de arbolado, poda o enredos que llegan a tocar las líneas de distribución en la parte de baja tensión, provocan un pequeño corto circuito entre ellas tolerado por el transformador que se incrementa en tiempos de lluvia y es allí cuando el aceite se empieza a calentar debido al corto circuito, aumentando la presión adentro de este y es cuando empieza a derramar aceite, es por eso muy importante el desbroce en las líneas de distribución.

- El pararrayos del transformador está dañado, es necesario reemplazarlo por uno de la misma capacidad que el original, ya que si se reemplaza

por una menor capacidad no logrará cumplir correctamente con su función.

2.14.6. Cambio de transformador

Para poder subir un transformador se necesita una polea triple que reduzca el esfuerzo al subirlo, se debe asegurar firmemente la polea al poste, el transformador es sujetado mediante estrobos y el gancho de la polea, y se debe guiar con las líneas de mano.

- Señalización y delimitación de la zona de trabajo si es necesario.
- Comunicación con casa de máquinas para que desenergicen la línea.
- Verificar si hay tensión con el detector de voltaje en la escala adecuada, después de que hayan desenergizado la línea.
- Conectar el equipo de puesta a tierra.
- Revisar equipo y material con el que se va a trabajar.
- Para maniobrar la desconexión del lado de alta tensión del transformador, se debe de usar una pértiga tipo pistola para poder desconectar los conectores de línea viva tipo fargo del conductor de alta.
- Retirar el transformador dañado y subir el nuevo.
- Se debe volver a conectar el transformador al lado de alta tensión, teniendo la precaución de dejar el conductor alejado de cualquier otro conductor o herraje.
- El conductor que viene de la red de distribución se conectará primero al pararrayos del transformador y luego del pararrayos al *bushing* primario o de alta tensión.
- Separar el pararrayos del tanque del transformador.

- Los conductores del lado de baja tensión deben ser conductores forrados y que tengan una forma de L hacia los conductores del lado de baja y conectados con conectores de compresión, ver figura 32.
- Terminado el trabajo debe asegurarse que no esté trabajando nadie más en la línea y que todo haya quedado de forma correcta puede comunicarse con la casa de máquinas para pedir la energización de la línea.

Figura 33. **Transformador de distribución**



Fuente: aldea Chel, municipio de Chajul, departamento de Quiché.

2.14.7. Nivelación de tramos de línea

La nivelación de tramos de líneas eléctricas necesitan un buen funcionamiento y para ello, los procedimientos son los siguientes:

- Señalización y delimitación de la zona de trabajo si es necesario.
- Comunicación con casa de máquinas para que desenergicen la línea.
- Verificar si hay tensión con el detector de voltaje en la escala adecuada, después de que hayan desenergizado la línea.
- Conectar el equipo de puesta a tierra.

- Revisar equipo y material con el que se va a trabajar.
- Sujetar firmemente un extremo del polipasto o mica al poste o crucero.
- Sujetar mediante un preformado el conductor al otro extremo del polipasto o mica.
- Una vez sujetado el polipasto en sus 2 extremos al conductor y al poste o crucero, debe de tensar la cadena a fin de que empiece a tirar un poco el conductor.
- Quitar el amarre o preformado que sujeta el conductor con el aislador para poder empezar a tirar el conductor con el polipasto para llevarlo a su posición óptima.
- Una vez haya llegado a su posición el conductor deberá sujetarlo nuevamente al aislador con el amarre o preformado y empezar a quitar tensión en la polea.
- Cuando se esté empezando a quitar tensión o soltar el conductor, verificar si quedo en su nivel, de no ser así volver a tensar pero esta vez un poco más.
- Si el conductor ya quedo en su nivel, asegurarse que el amarre o preformado este bien colocado y puede empezar a quitar el polipasto del conductor y del poste o crucero.
- Terminado el trabajo debe asegurarse que no esté trabajando nadie más en la línea y que todo haya quedado de forma correcta, puede comunicarse con la casa de máquinas para pedir la energización de la línea.

2.14.8. Cambio de conductores

El cambio de conductores necesita y debe tener un cuidado especial y para ello necesita de un procedimiento. A continuación se describen los procedimientos:

- Señalización y delimitación de la zona de trabajo si es necesario.
- Comunicación con casa de máquinas para que desenergicen la línea.
- Verificar si hay tensión con el detector de voltaje en la escala adecuada, después de que hayan desenergizado la línea.
- Conectar el equipo de puesta a tierra.
- Revisar equipo y material con el que se va a trabajar.
- Sujetar el polipasto firmemente al poste y en el otro extremo sujetarlo al tensor de acero forjado (comelón) con el cual se sujetará a la parte del conductor que no va a ser reemplazada para que no pierda tensión ni se desnivele parte de la línea que va ser reemplazada. Esto se debe hacer en ambos extremos.
- Colocar en el extremo del conductor un empalme de compresión al 100 por ciento y unirlo al extremo del nuevo conductor
- Con otro polipasto y un tensor de acero forjado empezar a elevar el conductor nuevo para unirlo con la otra parte de la línea, tensarlo hasta que el conductor llegue a la posición requerida y empalmar el extremo del nuevo conductor con el antiguo con otro empalme de compresión al 100 por ciento.
- Quitar los tensores de acero forjado y los polipastos.
- Terminado el trabajo debe asegurarse que no esté trabajando nadie más en la línea y que todo haya quedado de forma correcta, puede comunicarse con la casa de máquinas para pedir la energización de la línea.

2.14.9. Problemas y soluciones que se pueden presentar en el alumbrado público

El alumbrado público presenta diferentes problemas pero a su vez tiene soluciones. A continuación se presenta lo mencionado.

- Si la lámpara está encendida durante el día, es un indicador que la fotocelda está dañada o algún objeto de la tapa y no permite que reciba luz solar, si se reemplaza la fotocelda debe asegurarse que por donde entra la luz siempre este en dirección de donde se oculta el sol.
- Si la lámpara se enciende o se apaga constantemente, puede existir un falso contacto en la conexión de esta, si está conectada mediante conectores de perno partido que tienen una tuerca, hay que apretarlos, si está conectado mediante conectores de aluminio compresionados puede ser que estén rajados y habrá que cambiarlos o compresionarlos un poco más.
- Es importante tomar todas las precauciones cuando se cambie un foco quebrado, ya que se encuentra energizado y no basta solo con quitarle la fotocelda para evitar el paso de la corriente, debido a que estas lámparas son alimentadas con 220 voltios, es decir que los 2 conductores que la alimentan tienen corriente eléctrica, por lo que es mejor desconectar la lámpara de su fuente de alimentación.
- Es importante verificar que los brazos de las lámparas estén firmemente sujetos al poste y que los tornillos no estén oxidados para evitar que pueda caer la lámpara de forma repentina.
- Se debe concientizar a las comunidades a reportar cualquier falla en el alumbrado público a los encargados comunitarios para que se repare lo más pronto posible.

2.14.10. Nivelación de postes

Cuando un poste esta desnivelado (o desplomado) puede ser por 2 razones: una es que el terreno donde se colocó la tierra no sea firme y le falto la colocación de piedras o que la apelmazaran mejor, y la otra es debido a que se

le está ejerciendo tensión por los conductores y posiblemente necesita una retenida o que se apelmace mejor la tierra.

El procedimiento para aplomar postes es el siguiente:

- Señalización y delimitación de la zona de trabajo si es necesario.
- Comunicación con casa de máquinas para que desenergicen la línea.
- Verificar si hay tensión con el detector de voltaje en la escala adecuada, después de que hayan desenergizado la línea.
- Conectar el equipo de puesta a tierra.
- Revisar equipo y material con el que se va a trabajar.
- El poste se debe sujetar con sogas y las sogas al polipasto que debe estar asegurado firmemente en algún punto contrario de donde se está desviando el poste.
- Una vez asegurado el poste se puede proceder a extraer tierra a una profundidad de 1,20 o 1,50 metros del lado contrario hacia donde se está desviado el poste.
- Cuando se haya extraído la tierra puede empezar a tensar el polipasto e ir jalando lentamente hasta que el poste este aplomo y se saca un poco más de tierra del lado donde el poste estaba desviado.
- Empezar a rellenar el agujero con piedras grandes y macearlas (apelmazar), luego un poco de tierra y nuevamente más piedras y tierra hasta rellenar el agujero y que este bien apelmazado.
- Empezar a quitar tensión del polipasto y verificar si el poste aún permanece aplomo, de no ser así tensar nuevamente un poco más el polipasto y agregar unas piedras más y apelmazar hasta que este aplomo el poste, si está aplomo suelte el poste del polipasto y la soga.
- Terminado el trabajo debe asegurarse que no esté trabajando nadie más en la línea y que todo haya quedado de forma correcta puede

comunicarse con la casa de máquinas para pedir la energización de la línea.

2.14.11. Cambio de poste

Los postes necesitan que se cambien con regularidad para este cambio, se encuentra a continuación el procedimiento:

- Señalización y delimitación de la zona de trabajo si es necesario.
- Comunicación con casa de máquinas para que desenergicen la línea.
- Verificar si hay tensión con el detector de voltaje en la escala adecuada, después de que hayan desenergizado la línea.
- Conectar el equipo de puesta a tierra.
- Revisar equipo y material con el que se va a trabajar.
- El poste se debe sujetar con sogas.
- Retirar todos los conductores que estén sujetos al poste, aisladores y herrajes.
- Comenzar a retirar tierra de un lado del poste, ese lado debe ser donde se va a dejar caer el poste.
- Una vez retirado el poste, debe verificar que el agujero cumpla con las dimensiones necesarias para enterrar el nuevo poste. Ver tabla VIII.
- El nuevo poste se debe acercar al agujero y sujetar con 4 sogas o como mínimo 3 para guiarlo y tirar de él cuando se vaya a levantar.
- Se debe de hacer una pequeña zanja o canal para guiar al poste al agujero y una vez aquí se empieza a jalar para lograr la verticalidad del poste.
- Una vez el poste este parado, verificar que este a nivel, es decir completamente recto, el procedimiento para que este recto se hace

mediante las sogas tensando o tirando hasta que llegue a la posición deseada.

- Cuando se empiece a llenar el agujero con tierra y apelmazar, luego con piedras y apelmazar para que quede firmemente enterrado.
- Soltar las sogas del poste.
- Colocar los herrajes, aisladores, conductores y dispositivos en el poste.
- Terminado el trabajo debe asegurarse que no esté trabajando nadie más en la línea y que todo haya quedado de forma correcta, puede comunicarse con la casa de máquinas para pedir la energización de la línea.

2.14.12. Cambio de retenidas de anclajes o tirantes

El cambio de retenidas de anclajes o tirantes necesita un buen procedimiento para funcionar de la mejor manera, a continuación están los procedimientos:

- Señalización y delimitación de la zona de trabajo si es necesario.
- Comunicación con casa de máquinas para que desenergicen la línea en el caso de ser necesario, ya que puede haber movimiento en los conductores y podrían topar entre sí.
- Verificar si hay tensión con el detector de voltaje en la escala adecuada, después de que hayan desenergizado la línea.
- Conectar el equipo de puesta a tierra.
- Revisar equipo y material con el que se va a trabajar.
- El poste se debe sujetar mediante una soga y un polipasto de cadena y palanca (mica) a algún punto que pueda soportar la tensión del poste que soportaba la retenida.

- Cuando el poste este sujetado puede empezar a quitar el preformado si es el caso que aún este la retenida sujeta al poste.
- Se puede tratar de retirar el ancla expansiva anterior o se puede dejar en el lugar, si se deja en el lugar se debe tomar en cuenta las distancias para enterrar la nueva varilla de ancla de la tabla II.
- Se debe colocar el ancla expansiva correctamente y no debe sobresalir del suelo más de aproximadamente 20 centímetros, tomando en cuenta el ojo de la varilla.
- Se debe de agregar piedras para evitar que esta se zafe y apelmazar correctamente con el mazo por lo menos 5 apelmazadas.
- En la parte superior del poste colocar en el fijador de ángulo el guardacabo para evitar daño en el preformado.
- Los remates preformados deben ir correctamente colocados y sellados, para que no se corra el cable y con una tensión adecuada para que no tire la estructura o permita que se desplome.
- Terminado el trabajo debe asegurarse que no esté trabajando nadie más en la línea y que todo haya quedado de forma correcta, puede comunicarse con la casa de máquinas para pedir la energización de la línea.

2.14.13. Cambio de remates preformados

El cambio de remates preformados tiene un procedimiento para poder ser cambiado, su procedimiento es el siguiente:

- Señalización y delimitación de la zona de trabajo si es necesario.
- Comunicación con casa de máquinas para que desenergicen la línea en caso de cambiar preformados en un conductor energizado o

desenergizar el transformador en el caso que se trabaje en la línea 120 V.

- Verificar si hay tensión con el detector de voltaje en la escala adecuada, después de que hayan desenergizado la línea.
- Conectar el equipo de puesta a tierra.
- Revisar equipo y material con el que se va a trabajar.
- Antes de cambiar un preformado se debe tensar el conductor o el cable de la retenida de ancla mediante un polipasto de cadena y palanca (mica), para que no se desnivele el tramo de línea o para que no se desnivele el poste, esto se hace sujetando una parte del conductor con un preformado y el polipasto y la otra parte a el ojo del ancla con la cadena del polipasto.
- Una vez sujeto y tensado el cable se debe de empezar a remover el preformado con un alicate o con un desatornillador plano.
- La tensión del cable debe ser adecuada para que no tire de la estructura o permita que se desplome.
- Colocar un nuevo preformado y tensar un poco más el cable para empezar a envolver el cable con el preformado y quede firmemente sujeto al preformado, aún no se debe envolver el cable con el preformado en su totalidad, ya que hay que quitarle tensión del polipasto y ver si la tensión que tiene el cable es adecuada, si la tensión no es la correcta (tiene muy poca tensión o está muy tenso) se debe volver a ajustar el preformado, cuando ya se haya obtenido la tensión adecuada, se envuelve totalmente el cable con el preformado.
- Los remates preformados deben ir correctamente colocados y sellados para que no se corra el cable.
- Terminado el trabajo debe asegurarse que no esté trabajando nadie más en la línea y que todo haya quedado de forma correcta, puede

comunicarse con la casa de máquinas para pedir la energización de la línea.

2.14.14. Cambio de tierra física

Uno de los problemas que puede presentar en la tierra física, es la desconexión del cable de cobre desnudo con la varilla debido a que fue cortado, el procedimiento para cambiar o reemplazar la tierra física es el siguiente:

- Comunicación con casa de máquinas para que desenergicen la línea.
- Verificar si hay tensión con el detector de voltaje en la escala adecuada, después de que hayan desenergizado la línea.
- Conectar el equipo de puesta a tierra.
- Revisar equipo y material con el que se va a trabajar.
- Retirar el cable desnudo en mal estado y colocar el nuevo conductor, y conectarlo a los herrajes y conductor a los que hayan estado conectados.
- Luego conecte el cable conductor a la varilla de cobre que se encuentra enterrada, si no se encuentra la varilla o ya no está en buenas condiciones, se necesita enterrar una nueva varilla y conectarla a esta.
- Terminado el trabajo debe asegurarse que no esté trabajando nadie más en la línea y que todo haya quedado de forma correcta puede comunicarse con la casa de máquinas para pedir la energización de la línea.

2.14.15. Cambio de madera protectora

La madera protectora debe ser cambiada o colocada cuando este en mal estado o no exista, esta debe ser sujeta al poste mediante cintas *Band-it* y se colocan 3 cintas en la madera; una abajo, una en medio y la otra arriba.

2.15. Medidas de seguridad para mantenimientos del generador

Se recomienda que únicamente personal capacitado realice conexiones eléctricas estando el generador en reposo. Cuando se haga un mantenimiento preventivo al generador, se debe cumplir con los siguientes aspectos de seguridad:

- Desconectar el interruptor principal que energiza a las comunidades.
- Detener el ingreso de agua a la turbina.
- Bloquear el rotor del generador.
- Cortocircuitar y conectar a tierra las piezas del generador.

Siempre debe revisar el manual que proporcionó el fabricante del generador y debe respetar las instrucciones de seguridad para evitar inconvenientes o daños al personal o generador.

2.16. Mantenimiento preventivo del generador

El generador es una máquina eléctrica giratoria, se debe realizar un mantenimiento y supervisión para que se garantice un óptimo rendimiento, y se debe contar con una diversidad de piezas en el almacén que puedan ser las que tienden a cambiarse con mayor frecuencia. Aquí se muestra las recomendaciones aplicables al plan de mantenimiento, así como instrucciones para trabajar y poder llevar a cabo tareas de mantenimiento, estas deben de leerse detenidamente y utilizarlas como base para mantenimientos preventivos, pero que una intensificación en las actividades de mantenimiento aumentan la fiabilidad de la máquina y su disposición por un mayor tiempo.

Existe una diferencia entre supervisión y mantenimiento esta es mínima pero una de las funciones principales de estos es el registro de datos durante la supervisión y el mantenimiento, estos datos servirán para comparar los valores tomados del generador a través del tiempo y prevenir o planificar servicios de mantenimiento mayores o adicionales en caso que indiquen que hay algo fuera de lo común. Las principales acciones que se deben realizar en el mantenimiento preventivo son:

- Revisar continuamente los instrumentos de medición verificando y haciendo que se mantenga en los valores establecidos, y que los valores de voltaje, frecuencia y amperaje no excedan los valores mostrados en la placa de datos del generador.
- Revisar y buscar polvo, humedad o grasa en el interior del generador o en partes como las conexiones que pueden afectar conexiones y los bobinados del generador.
- Revisar el estado de los conductores que salen del generador y de ser reemplazados deben cumplir con soportar la corriente máxima del generador, así como las condiciones del ambiente al que son expuestos.
- Revisar el estado de las terminales, que no estén flojas o dañadas y si se necesita sustituir las se debe hacer por unas que soporten la corriente máxima del generador.
- Toda conexión debe estar firmemente sujeta sin ejercer más fuerza de la necesaria para no dañar las tuercas ni tornillos, ya que un borne flojo se convierte en una alta resistencia, lo que puede causar que el bobinado de esa fase se quemé o se caliente y afecte la eficiencia del generador.
- Revisar que no esté suelto ningún cable, ningún tornillo y ninguna parte del generador.
- Revisar que las distancias entre los contactos energizados, conductores o fases sea prudente y/o se encuentren aisladas.

- Las conexiones a tierra del generador deben estar sólidamente aterrizadas y conectadas en los puntos de puesta a tierra en la carcasa.
- Cada 1 000 horas (42 días) inspeccionar que el funcionamiento de los cojinetes sean suaves y silenciosos, si se debe cambiar el cojinete es mejor hacerlo durante un mantenimiento (L3 o L4), se debe sustituir por uno de la misma calidad y especificaciones.
- En los cojinetes el engrase se puede hacer cada 500 horas (21 días) y el recambio de grasa cada 5 000 horas (208 días) sin exceder estos tiempos. Se recomienda siempre leer las especificaciones de los cojinetes.
- El cambio de los rodamientos del generador puede hacerse entre las 40 000 y 50 000 horas de funcionamiento (entre 4 años y 6 años).
- Se debe revisar el balance de carga en las líneas de distribución para que haya un funcionamiento estable del sistema (esto involucra la parte de líneas de distribución para conectar cargas en otras líneas y balancear las cargas si existiera un desbalance de cargas).
- Verificar las rejillas de entrada y salida de aire para asegurarse de que estén limpias y sin residuos, si estas se encuentran tapadas reducen la entrada de aire y provocará que se eleve la temperatura de operación y esto hace que se reduzca la vida útil del generador.
- Revisar que el generador este firmemente sujeto a la cimentación para evitar que hayan vibraciones que provocarán que las uniones de fajas con el generador no sean estables y puedan fallar en cualquier momento.

2.16.1. Mantenimiento de los devanados del rotor y del estator

Los devanados o bobinados del generador están sujetos a tensiones mecánicas, térmicas y eléctricas, por lo que estos tienden a envejecerse y se deterioran gradualmente. Esta es la razón por la que la vida de un generador

depende de la integridad de las bobinas o devanados y de la duración de su aislamiento. Los mantenimientos que se le dan a los devanados, así como las pruebas solo se deben hacer por personal capacitado y con equipo apropiado, pero se puede contribuir con acciones para evitar su deterioro y se mencionan a continuación:

- Un ambiente limpio, evitar el polvo y suciedad en las proximidades del generador para que este no entre en los devanados.
- No se limpie el generador con solventes o productos abrasivos que puedan penetrar en los devanados.
- Si los devanados tienen mucho polvo o residuos, soplar aire con un compresor para tratar de limpiar estos.
- Como se cuenta con un repuesto para el rotor del generador, este no se debe almacenar en un ambiente de humedad, sino que en un lugar ventilado y no expuesto a cambios bruscos de temperatura, protegido del polvo y suciedad.
- Mantener la superficie del generador limpia y despejada, que circule aire a su alrededor para evitar que se caliente fuera de sus límites normales.

2.16.2. Mantenimiento del tablero de control

En el tablero de control se puede incluir el interruptor principal que conecta o desconecta la entrega de energía eléctrica a la población y los instrumentos de control/medición de voltaje, corriente, frecuencia y potencia. Estos necesitan de poco mantenimiento, en el caso del interruptor es necesario retirar el polvo o suciedad y asegurarse que los contactos estén firmemente sujetos (este mantenimiento se recomienda hacerlo cuando no se esté generando y/o cuando se haga mantenimiento general en la casa de máquinas), no es necesario

hacerlo constantemente, ya que se encuentra en un gabinete cerrado lo que impide que se contamine fácilmente.

En el caso de los instrumentos de medición, ya que también se encuentran en un gabinete no hay mayor mantenimiento que retirar polvo y suciedad, pero en el caso de que uno empiece a fallar debe ser reemplazado inmediatamente, con lo que se debería contar con un repuesto para sustituirlo inmediatamente.

2.17. Programa de mantenimiento

El programa de mantenimiento que se describe a continuación es general, para que se pueda aumentar la fiabilidad de operación del generador, aún siguiendo este programa será necesario la supervisión y observación normal del generador, los operarios de AsoChel están capacitados para implementar un mantenimiento L1 y algunas atribuciones del mantenimiento L2, pero los mantenimientos L3 y L4 se deben realizar por personal capacitado y especializado con el equipo necesario para realizar las mediciones. A continuación se presentan niveles de mantenimiento que pueden ser aplicados:

2.17.1. Nivel 1 (L1)

En este se realizarán inspecciones visuales y un mantenimiento ligero, consiste en realizar una comprobación rápida para asegurarse que no se desarrollen problemas antes de que ocasionen fallos e interrupciones de mantenimiento no programados. También de este se deben hacer las observaciones de mantenimiento que se deben realizar en el siguiente mantenimiento.

El tiempo que puede tardar este mantenimiento es de entre 4 y 8 horas. El mantenimiento de nivel 1 se debe realizar cada 4 000 horas (170 días o cada medio año) de funcionamiento. Este mantenimiento debe realizarse anualmente entre los mantenimientos de nivel 2.

2.17.2. Nivel 2 (L2)

Este mantenimiento consiste principalmente en inspecciones, pruebas y pequeñas tareas de mantenimiento, consiste en averiguar si hay problemas en el funcionamiento de la máquina y en realizar pequeñas reparaciones para garantizar un funcionamiento ininterrumpido y extender la vida útil del generador. El mantenimiento de nivel 2 debe realizarlo cada 8 000 horas de funcionamiento o cada año.

2.17.3. Nivel 3 (L3)

Consiste en inspecciones amplias, pruebas y grandes tareas de mantenimiento que han surgido durante los mantenimientos L1 y L2, como reparar problemas que han surgido y el cambio de piezas que han sufrido desgaste. Este puede durar entre 16 y 40 horas, dependiendo de la cantidad de reparaciones que hay que hacer. Una de las acciones consiste en abrir las cubiertas para inspección y la de los cojinetes. El mantenimiento de nivel 3 deberá realizarse al cabo de 24 000 horas de funcionamiento o en intervalos de 3 a 5 años. Si se va a realizar un mantenimiento L3, este sustituye a los mantenimientos L1 y L2.

2.17.4. Nivel 4 (L4)

Consiste en amplias inspecciones y tareas de mantenimiento, volviendo el estado del generador a su condición de correcto funcionamiento. Este mantenimiento puede durar entre 40 y 80 horas, las acciones que se hacen en este mantenimiento son revisar el estado general del generador, inspección de cojinetes, revisar el estado del rotor y si es necesario retirarlo para su mantenimiento. El mantenimiento nivel 4 deberá realizarse cada 80 000 horas de funcionamiento o en intervalos de 9 a 10 años. Si se va a realizar un mantenimiento L4 este sustituye a los mantenimientos L1, L2 y L3.

En la tabla III, se muestran las acciones a realizar en los diferentes mantenimientos, y se utilizan las siguientes abreviaturas, dependiendo de la acción a realizar:

- V = comprobación visual
- C = limpieza
- D = desmontaje y montaje
- R = reacondicionamiento o sustitución
- T = prueba y medición

Tabla X. **Acciones para los diferentes mantenimientos**

Objetivo del mantenimiento	L1	L2	L3	L4	Revisión/Prueba
Conexiones					
Cableado de alto voltaje	V	V/T	V/T	V/T/D	Desgaste y fijación
Conexiones de alto voltaje	V	V/T	V/T	V/T/D	Oxidación y fijación
Caja de bornes	V	V	V	V	Estado general
Lugares por donde pasan los conductores	V	V	V	V	Estado de los cables que se introducen en la máquina

Continuación de la tabla X.

Estator y rotor					
Núcleo del estator	V	V	V	V/C	Fisuras
Aislamiento del devanado	V	V/T	V/T/C	V/T/C	Desgaste, limpieza, resistencia
Obstrucciones en el generador	V	V	V	V	Averías en el generador
Terminales de conexión	V	V	V	V	Oxidación, desgaste, fijación
Conexión a tierra	V	V	V	V	Fijación

Fuente: elaboración propia.

2.18. Actividades de control

A diferencia de los mantenimientos, las actividades de control son revisiones que se pueden hacer durante intervalos de tiempo en horas, diariamente o mensualmente.

Tabla XI. **Cronograma de actividades para el control**

Actividades	Durante el día	Diario	Mensual	Anual
Potencia	X			
Corriente	X			
Voltaje	X			
Factor de potencia		X		
Vibración de cojinetes			X	
Contaminación del generador			X	
Limpieza de las piezas del generador			X	
Condición de las bobinas				X
Resistencia de bobinas				X

Fuente: elaboración propia.

2.19. Operación del generador

Durante la operación del generador se debe tener especial atención a los instrumentos de medición, para que se mantengan en los niveles normales de funcionamiento, como la frecuencia que se debe mantener en 60 Hertzio y este es un valor que tiende a variar dependiendo de la regulación de agua que entra y hace girar al generador.

Para el procedimiento de encendido del generador, debe estar desconectada la alimentación a la aldea, es decir el interruptor principal debe estar en posición *Off* (posición abierta), deje pasar agua por la turbina y cuando alcance la velocidad necesaria puede cerrar el interruptor principal *On*, luego verificar que el valor de corriente sea menor al que aparece en la placa (625 A), también la velocidad del generador para mantener una frecuencia constante.

Para apagar el generador se recomienda desconectar todas las cargas abriendo el interruptor principal (*Off*), ya que si solo se interrumpe el paso del agua las cargas pueden ser dañadas por una baja frecuencia o bajo voltaje, luego de abrir el interruptor puede proceder a desviar el flujo de agua para impedir el movimiento del generador.

2.20. Localización de desperfectos

Un factor importante en la localización de desperfectos, es la recolección de datos que se tengan del funcionamiento del generador, información sobre desperfectos anteriores o funcionamientos anormales, esta información debe ser recopilada por la persona que se encuentra a cargo de la operación de la casa de máquinas. La información puede incluir: cuanto tiempo tiene de estar

funcionando, equipos de protección que se activaron, voltajes, corrientes y frecuencia que ha tenido el generador.

2.21. Problemas que puede presentar el generador

En la operación del generador hay problemas que muchas veces se vuelven comunes y fáciles de revisar la causa del incorrecto funcionamiento, a continuación se presentan algunos problemas comunes y la solución.

- El generador no produce voltaje
 - El instrumento de medición (voltímetro) puede estar apagado o defectuoso, verificar con precaución las terminales de salida del generador con un voltímetro.
 - Conexiones incorrectas o defectuosas, verificar las conexiones del generador, revisar si hay conductores sueltos o quemados.
 - Bornes flojos, se debe revisar que estén sujetos firmemente.
 - Velocidad de rotación baja, verificar las revoluciones que se están generando.

- El generador produce bajo voltaje sin carga
 - Está operando a baja velocidad, verificar la velocidad o frecuencia a la que se encuentra el generador.
 - Voltímetro defectuoso, verificar con precaución las terminales de salida del generador con un voltímetro.

- El generador produce alto voltaje sin carga
 - La velocidad es demasiado alta, verificar la velocidad o frecuencia a la que se encuentra el generador.
 - Medidor defectuoso, verificar con precaución las terminales de salida del generador con un voltímetro.

- El voltaje del generador cae cuando se conecta la carga
 - Caída de velocidad con la carga, aumentar las revoluciones sin pasarse de los límites ni la frecuencia.
 - Acoples dañados o poleas flojas, verificar la tensión de las poleas y reemplazarlas si es necesario.
 - Sobre carga del generador, verificar los instrumentos y reducir la carga si está pasando de sus límites.
 - Fuerte desbalance de cargas, verificar los instrumentos de medición y ajustar las cargas de forma equitativa en cada línea.

- El voltaje del generador varía continuamente
 - Velocidad inestable de la turbina, verificar y regular el flujo de agua.
 - Acople flojo, verificar y ajustar acoples y poleas.

- El generador se sobre calienta
 - Flujo de aire al interior del generador esta obstruido, revisar las rejillas.

- Alta temperatura en la casa de máquinas, corregir mediante la apertura de ventanas o puertas para el ingreso de aire.
 - Contaminación de los bobinados con polvo, grasa, y otros, limpiar el bobinado con aire comprimido.
 - Generador sobrecargado, reducir la carga, verificar la lectura del amperímetro y compararla con la corriente nominal del generador.
 - Fuerte desbalance de cargas, verificar los instrumentos de medición y ajustar las cargas de forma equitativa en cada línea.
- Giro forzado del rotor del generador, ruido en los rodamientos y calentamiento de estos.
 - Desalineamiento, verificar y corregir.
 - Rodamientos con poca grasa, verificar y engrasar si es necesario.
 - Rodamientos con exceso de grasa, verificar y retirar grasa si es necesario.
 - Rodamientos defectuosos, verificar el estado y cambiar si es necesario.
 - Parte móvil rozando, verificar si hay alguna parte que este rozando y proceder a eliminarlo.
- Vibración en el generador
 - Pernos de sujeción flojos, revisar y ajustar los pernos.
 - Desbalance en el rotor, solicitar la presencia de un profesional para evaluar la situación.
 - Acople o poleas desgastadas, sustituir.

3. FASE DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

3.1. Seguridad industrial

Es un conjunto de normas de seguridad que se implementan en los trabajos para evitar daños a la persona y protegerlo, en innumerables ocasiones la utilización del equipo adecuado ha salvado vidas de operadores, técnicos y equipo de líneas de transmisión.

Para los trabajadores de la red de distribución es básico el uso de camisa de lona de manga larga, pantalón de lona, botas de cuero con puntera de acero, casco de seguridad para electricista con barbiquejo, guates de cuero para trabajos pesados, chaleco reflectivo y gafas.

En el caso de los operadores de la casa de máquinas, es básico el uso de camisa de lona de manga larga, pantalón de lona, botas de cuero con puntera de acero, casco de seguridad con barbiquejo cuando entren a la casa de máquinas, chaleco reflectivo y tapones auditivos para protegerlos de ruidos que pueden mermar su audición con el tiempo.

Es necesario señalar y delimitar las áreas de trabajo cuando se trabaja en un paso de vehículos, se señalará en ambas vías de la carretera colocando conos plásticos reflectivos de una altura de 36 pulgadas y si se considera necesario hacer un cierre acordonado con cinta de advertencia de color amarillo, para evitar que se acerquen mucho personas ajenas al trabajo y puedan salir lastimadas con alguna pieza que pueda caer, esto aplica en lugares donde transiten muchas personas.

Se debe de contar con un botiquín de primeros auxilios y debido a el área de trabajo es bueno que se incluya un suero antiofídico (se debe de tener conocimiento de cómo aplicar este suero), un tambo de agua pura y un extintor. Los lugares donde pueden estar estos botiquines son en la casa de máquinas, las oficinas de AsoChel y uno cuando se esté trabajando en otras aldeas o en la línea.

3.2. Cinco reglas de oro

En electricidad se utilizan 5 reglas que se definen como un procedimiento obligatorio que ayuda a minimizar los riesgos eléctricos cuando se trabaja sin tensión, estas son:

- Desconectar o cortar en forma efectiva todas las fuentes de tensión y neutro.
- Bloquear los equipos para evitar cualquier posible reconexión y dejar señalizado o indicado que no se debe conectar porque se está trabajando.
- Verificar la ausencia de tensión mediante el detector de voltaje o chicharra.
- Aterrizar y cortocircuitar la línea donde se va a trabajar, de preferencia antes y después del punto de trabajo.
- Delimitar y señalizar la zona de trabajo.

3.3. Primeros auxilios para accidentes eléctricos

Cuando por descuido o accidente una persona recibe una descarga eléctrica, es necesario saber cómo actuar y las acciones a tomar para beneficio de la persona que ha sufrido el accidente, la corriente atraviesa del punto donde

hizo contacto hasta encontrar el parte del cuerpo que ofrezca menor resistencia, se recomienda siempre tener a la mano un botiquín de primeros auxilios, el procedimiento de reacción se detalla a continuación:

- Llamar a los bomberos o persona con conocimientos médicos o en primeros auxilios.
- Designe a una persona específica para hacer la llamada de emergencia, ya que las personas asumen que alguien más ya realizó la llamada y puede pasar un mayor tiempo sin que reciba ayuda profesional.
- Si está consciente la víctima
 - Tranquilícela, hágala conservar la calma
 - Mantenga a la persona acostada boca arriba
 - Eleve las partes dañadas o quemadas para evitar que se hinchen
 - Remueva las prendas ajustadas como cinchos, cascos o zapatos
 - Cubra las heridas de la víctima con gasas
- Si está inconsciente la víctima
 - Revise si respira o tiene pulso
 - Mantenga a la persona acostada boca arriba
- Trate a la víctima con cuidado ya que puede tener fracturas óseas
- Mantenga la temperatura corporal, no administre ningún medicamento

Si la persona llegara a quedar sujeto a la línea energizada, se puede ayudar a separarla mediante una pértiga y no se deben usar palos ni otros

objetos, si no se cuenta con una pértiga en ese momento, no intente separarlo, ya que puede recibir una descarga.

CONCLUSIONES

1. Se diseñaron manuales de operación y mantenimiento preventivos del generador y red de distribución eléctrica para la aldea Chel, municipio de Chajul, departamento de Quiché.
2. Se presentaron las partes de una hidroeléctrica, funcionamiento y clasificación, con lo cual se proporcionó un conocimiento técnico, que ayudó a las personas que están laborando en la asociación a comprender el proceso de cómo se transforma la energía del agua en energía eléctrica.
3. Se proporcionó una herramienta que permita la tecnificación del personal que labora en el mantenimiento de la línea de distribución, para que reconozca los equipos que se tienen que aplicar en la red y las herramientas adecuadas con las que se les da el mantenimiento con lo que se evita el empirismo.
4. Se elaboró un sistema de operación y mantenimiento para optimizar la eficiencia y continuidad de los servicios eléctricos del generador y red de distribución eléctrica para la aldea Chel, municipio de Chajul, departamento de Quiché, para que se realice un trabajo en menor tiempo sin la necesidad de estar reparando cuando ya se presentó un problema, si no que se anticipe y se prolongue la vida de los equipos y de la red de distribución eléctrica.

5. Se dieron los fundamentos de seguridad industrial, con lo cual se evitó que se corran riesgos y/o accidentes durante los trabajos de mantenimiento de la línea de distribución, el mantenimiento y operación del generador, así como que acciones tomar si llega a pasar un accidente.

RECOMENDACIONES

1. Para mejorar la eficiencia del generador y alargar su tiempo de vida, es necesario la contratación de los servicios de una empresa especializada en el mantenimiento de generadores, por lo menos una vez al año para la toma de datos y posibles mantenimientos.
2. Se debe tomar en cuenta que para mejorar la eficiencia de la energía proporcionada por la Asociación Chelense, se debe automatizar la microcentral hidroeléctrica, con lo cual se reducirán los problemas de cambios bruscos de frecuencia que afectan a los usuarios.
3. Es de gran importancia la constante capacitación del personal encargado del mantenimiento y operación de la línea de distribución y generador, para aprender nuevas técnicas y así poder aplicar estos conocimientos que como resultado hará que aumente la eficiencia de la red y del generador.
4. Aplicar estrictamente las normas de seguridad en todos los trabajos que se realicen en la red de distribución y la operación del generador, comprando el equipo de protección adecuado para salvaguardar la integridad de los operadores y técnicos que laboran en la Asociación Chelense.

5. Es importante realizar el balance de cargas en las fases de líneas de transmisión para mejorar la eficiencia y la disminución de pérdidas que se producen por sobre carga en las líneas, ya que genera una fluctuación de voltaje (aumento o disminución).

BIBLIOGRAFÍA

1. A. B. CHANCE CO. *Manual para el mantenimiento de líneas vivas.* 288 p.
2. ABB. *Manual para motores y generadores de inducción.* 163 p.
3. ALVARADO RIVAS, Karl Jorge. *Análisis técnico-económico para la optimización de una red de distribución de energía eléctrica, para áreas urbanas y rurales con presencia de arbolado.* Trabajo de graduación de Ing. Electricista. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 2009. 150 p.
4. CNEE. *Normas Técnicas de Diseño y Operación de las Instalaciones de Distribución.* 287 p.
5. DEOCSA y DEORSA *Manual para el diseño de línea y redes de distribución.* 135 p.
6. MARATHON ELECTRIC. *Manual de instalación, operación y mantenimiento del armazón 280-430.* 24 p.
7. PERÉN POYÓN, Luis Carlos. *Técnicas para mantenimiento, conversiones y mejoras, en líneas eléctricas de distribución de media tensión de 13,8 kV y 34,5 kV en vivo.* Trabajo de graduación de Ing. Electricista. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 2009. 332 p.

APÉNDICE

HOJA DE CONTROL DE MANTENIMIENTOS O CAMBIOS

No. de estructura										TOTAL
DESARME O PODA										
CAMBIO DE AISLADORES										
CAMBIO DE PINES DE AISLADOR										
CAMBIO DE CORTACIRCUITOS										
CAMBIO DE FUSIBLE DE CORTACIRCUITOS										
CAMBIO DE PARARRAYOS										
CAMBIO DE TRANSFORMADOR										
NIVELACIÓN DE TRAMO DE LINEA										
CAMBIO DE CONDUCTOR										
REPARACIÓN DE CONDUCTOR										
PROBLEMAS DE ALUMBRADO PUBLICO										
CAMBIO DE FOTOCELDA										
CAMBIO DE BOMBILLO										
NIVELACIÓN DE POSTE										
CAMBIO DE POSTE										
CAMBIO DE RETENIDAS DE ANCLAS										
INSTALACIÓN DE RETENIDA										
CAMBIO DE REMATES PREFORMADOS										
CAMBIO DE TIERRA FÍSICA										
CAMBIO DE MADERA PROTECTORA										
COLOCACIÓN DE CINTAS BAND-IT										
CAMBIO DE HERRAJES										
RETIRAR OBJETOS DE LA LÍNEA										
CAMBIO DE CRUCEROS/ NIVELAR (CC/N)										
OTROS										
OBSERVACIONES DE LA ESTRUCTURA										
REVISO:										FECHA:
OBSERVACIONES:										

NOTA: Escribir el No. de estructura y la cantidad de elementos. Archivar para tener un control de los trabajos realizados.

HOJA DE CONTROL DE MANTENIMIENTOS O CAMBIOS

ESTRUCTURA EN LA QUE SE REALIZO EL MANTENIMIENTO:	
---------------------------------------------------	--

EQUIPO AL QUE SE LE DIO MANTENIMIENTO O CAMBIO:	
-------------------------------------------------	--

RAZÓN DEL CAMBIO O MANTENIMIENTO:	
-----------------------------------	--

SERVICIO SUSPENDIDO:	SI/NO	TIEMPO:		FECHA:	
----------------------	-------	---------	--	--------	--

ENCARGADO DE MANTENIMIENTO:	
-----------------------------	--

OBSERVACIONES ADICIONALES:	
----------------------------	--

ESTRUCTURA EN LA QUE SE REALIZO EL MANTENIMIENTO:	
---------------------------------------------------	--

EQUIPO AL QUE SE LE DIO MANTENIMIENTO O CAMBIO:	
-------------------------------------------------	--

RAZÓN DEL CAMBIO O MANTENIMIENTO:	
-----------------------------------	--

SERVICIO SUSPENDIDO:	SI/NO	TIEMPO:		FECHA:	
----------------------	-------	---------	--	--------	--

ENCARGADO DE MANTENIMIENTO:	
-----------------------------	--

OBSERVACIONES ADICIONALES:	
----------------------------	--

ESTRUCTURA EN LA QUE SE REALIZO EL MANTENIMIENTO:	
---------------------------------------------------	--

EQUIPO AL QUE SE LE DIO MANTENIMIENTO O CAMBIO:	
-------------------------------------------------	--

RAZÓN DEL CAMBIO O MANTENIMIENTO:	
-----------------------------------	--

SERVICIO SUSPENDIDO:	SI/NO	TIEMPO:		FECHA:	
----------------------	-------	---------	--	--------	--

ENCARGADO DE MANTENIMIENTO:	
-----------------------------	--

OBSERVACIONES ADICIONALES:	
----------------------------	--

ESTRUCTURA EN LA QUE SE REALIZO EL MANTENIMIENTO:	
---------------------------------------------------	--

EQUIPO AL QUE SE LE DIO MANTENIMIENTO O CAMBIO:	
-------------------------------------------------	--

RAZÓN DEL CAMBIO O MANTENIMIENTO:	
-----------------------------------	--

SERVICIO SUSPENDIDO:	SI/NO	TIEMPO:		FECHA:	
----------------------	-------	---------	--	--------	--

ENCARGADO DE MANTENIMIENTO:	
-----------------------------	--

OBSERVACIONES ADICIONALES:	
----------------------------	--

NOTA: Archivar para tener un control de los trabajos realizados.

HOJA DE CONTROL CASA DE MÁQUINAS

HORA	VOLTAJE (v)	CORRIENTE			FRECUENCIA (Hz)	ENERGÍA (kWh)	POTENCIA (kVA)
		FASE A (A)	FASE B (A)	FASE C (A)			
RANGOS	200-220	250-408 A	250-408 A	250-408 A	57-63		
06:00							
07:00							
08:00							
09:00							
10:00							
11:00							
12:00							
13:00							
14:00							
15:00							
16:00							
17:00							
18:00							
19:00							
20:00							
21:00							
22:00							
23:00							
00:00							
01:00							
02:00							
03:00							
04:00							
05:00							

REVISO:

FECHA:

OBSERVACIONES DURANTE EL TURNO:

NOTA: Rango son los valores a los que debe operar con normalidad. Debe anotar cualquier evento anormal del generador para mantener un registro que permita identificar el origen de los problemas.

ARCHIVAR ESTA HOJA DE CONTROL