



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

**DIAGNÓSTICO ELÉCTRICO Y ESPACIAL ACTUAL DE LA RED TRIFÁSICA DE MEDIA
TENSIÓN, PERTENECIENTE A LA EMPRESA ELÉCTRICA MUNICIPAL DE GUASTATOYA**

Aníbal Cabrera Rodríguez

Asesorado por el Ing. Manuel Francisco Carías Bonilla

Guatemala, mayo de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DIAGNÓSTICO ELÉCTRICO Y ESPACIAL ACTUAL DE LA RED TRIFÁSICA DE MEDIA TENSIÓN, PERTENECIENTE A LA EMPRESA ELÉCTRICA MUNICIPAL DE GUASTATOYA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ANÍBAL CABRERA RODRÍGUEZ

ASESORADO POR EL ING. MANUEL FRANCISCO CARIAS BONILLA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, MAYO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo 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. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

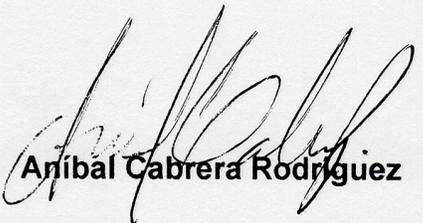
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Natanael Jonathán Requena Gómez
EXAMINADOR	Ing. Manuel Francisco Carias Bonilla
EXAMINADOR	Ing. José Guillermo Bedoya Barrios
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

DIAGNÓSTICO ELÉCTRICO Y ESPACIAL ACTUAL DE LA RED TRIFÁSICA DE MEDIA TENSIÓN, PERTENECIENTE A LA EMPRESA ELÉCTRICA MUNICIPAL DE GUASTATOYA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 5 de mayo del 2011.



Aníbal Cabrera Rodríguez

Guatemala, 13 de Octubre del 2013

Ingeniero Juan Merck Cos
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería, USAC
Ciudad Universitaria, Guatemala

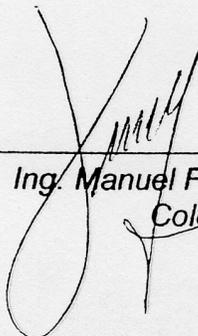
Estimado Ingeniero

Por este medio atentamente le informo que como Asesor de la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario Aníbal Cabrera Rodríguez de la carrera de Ingeniería Eléctrica, con carné No. 2711928, procedí a revisar el informe final, cuyo título es "Diagnostico eléctrico y espacial actual de la red trifásica de media tensión, perteneciente a la Empresa Eléctrica Municipal de Guastatoya".

En tal virtud, lo doy por aprobado.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,


Ing. Manuel Francisco Carías Bonilla
COLEGIADO No. 5,522

Ing. Manuel Francisco Carías Bonilla
Colegiado: 5,522
Asesor



Guatemala, 25 de octubre de 2013.

Ref.EPS.DOC.1168.10.13.

Inga. Sigrid Mitza Calderón de León
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Calderón de León.

Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Anibal Cabrera Rodríguez** de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, con carné No. **2711928**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"DIAGNÓSTICO ELÉCTRICO Y ESPACIAL ACTUAL DE LA RED TRIFÁSICA DE MEDIA TENSIÓN, PERTENECIENTE A LA EMPRESA ELÉCTRICA MUNICIPAL GUASTATOYA"**.

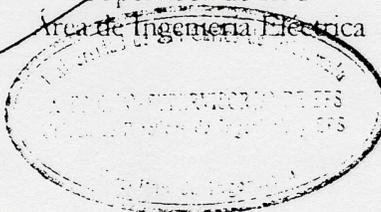
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

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



c.c. Archivo
NJR/ra



Guatemala 25 de octubre de 2013.

Ref.EPS.D.776.10.13.

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 **"DIAGNÓSTICO ELÉCTRICO Y ESPACIAL ACTUAL DE LA RED TRIFÁSICA DE MEDIA TENSIÓN, PERTENECIENTE A LA EMPRESA ELÉCTRICA MUNICIPAL GUASTATOYA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Anibal Cabrera Rodríguez**, quien fue debidamente asesorado por el Ing. Manuel Francisco Carias Bonilla 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. Juan Merck Cos
Director Unidad de EPS



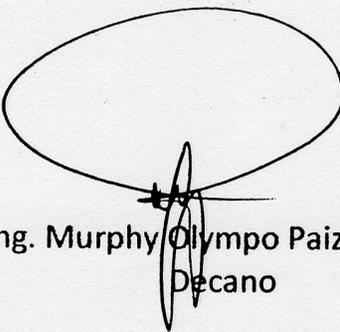
JMC/ra



DTG. 307.2014

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: **DIAGNÓSTICO ELÉCTRICO Y ESPACIAL ACTUAL DE LA RED TRIFÁSICA DE MEDIA TENSIÓN, PERTENECIENTE A LA EMPRESA ELÉCTRICA MUNICIPAL DE GUASTATOYA**, presentado por el estudiante universitario **Aníbal Cabrera Rodríguez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 24 de mayo de 2014

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios y a la Virgen

Por su infinito amor, protección y fortaleza.

Mis padres

CrnI. de Infantería DEM. Eliu Cabrera Padilla (q.d.e.p.) y Guadalupe Argentina de León (q.d.e.p.), por su gran amor, apoyo, esfuerzo, regaños, comprensión y porque son la mejor guía que Dios puso en mi vida.

Mi esposa

MSc. Licda. Nancy Delfina Rojas Bosque, por su incondicional amor, apoyo y confianza en mi persona para terminar esta importante etapa en mi vida.

Mis hermanos

Eliu, Guadalupe, Sonia, Jorge, Silvia, Iveth, Michele y Dinelda. Por su amor, amistad, apoyo y colaboración en todos los proyectos que he realizado.

Ing. Eddy Samayoa

Por toda la ayuda que me brindó a lo largo de la carrera, por ser mi amigo y por nunca dejar de presionarme a lo largo de tantos años.

Universidad de San Carlos

La Tricentenario Universidad de San Carlos y a la centenario Facultad de Ingeniería.

AGRADECIMIENTOS

Ing. Manuel Carias

Mi asesor, por su confianza, apoyo y colaboración en la elaboración de este trabajo.

Ing. Natanael Requena

Mi asesor por parte de la Universidad, por su apoyo y guía para que este proyecto de eps saliera adelante.

Ing. Francisco Gonzáles

Por sus apoyo y porque siempre que me reviso mi tesis me indujo a pensar y a buscar nuevas alternativas.

Ing. Guillermo Puente

Por su incondicional apoyo.

Ing. Juan Merck

Por su decidido interés en ayudar al estudiantado a lograr que sus procesos sean culminados.

Sr. Saul Belteton

Alcalde de Guastatoya, el Progreso. Eternamente agradecido por darme la oportunidad de realizar mi proyecto de EPS, en la institución a su cargo.

Sr. Santiago Davila

Quien como gerente general de la Empresa Eléctrica Municipal de Guastatoya, siempre me brindo un apoyo incondicional

Mis amigos

Por su sincero cariño, amistad y empuje a continuar.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	III
LISTA DE SÍMBOLOS	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	IX
OBJETIVOS.....	XI
INTRODUCCIÓN	XIII
1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA ELÉCTRICA MUNICIPAL DE GUASTATOYA (E.E.M.G.)	1
1.1. Reseña histórica	1
1.2. Actividades de la Empresa Eléctrica Municipal de Guastatoya (E.E.M.G.).....	2
1.3. Ubicación de oficinas centrales	3
1.4. Área de cobertura actual abarcada por la E.E.M.G.	4
1.5. Estructura organizacional	6
1.6. Organigrama de la E.E.M.G.	6
1.6.1. Función de planificación	7
1.6.2. Funciones de organización	7
1.6.3. Funciones de dirección	7
1.6.4. Funciones de ejecución	7
1.6.5. Funciones de control	8
1.6.6. Compromiso con la sociedad.....	8

2.	FASE DEL SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL, MARCO	
	TEÓRICO.....	11
2.1.	Estructura de las redes de transmisión	11
2.2.	Subestación El Rancho.....	13
2.3.	Líneas de transmisión para media tensión operadas por la E.E.M.G.....	14
2.3.1.	Cables de conducción para media tensión utilizados por la E.E.M.G.	15
2.4.	Equipos eléctricos utilizados en las líneas de media tensión, 13,8 kV por la E.E.M.G.....	17
2.4.1.	Postes de madera	17
2.4.2.	Aisladores utilizados por la E.E.M.G.	24
2.4.3.	Bastidores secundarios utilizados por la E.E.M.G. .	26
2.4.4.	Factores comunes que causan corriente de fuga a través de los aisladores en las líneas de media tensión operadas por la E.E.M.G.	27
2.4.5.	Fusibles y corta circuitos utilizados por la E.E.M.G.....	29
2.5.	Pararrayos por parte de la E.E.M.G.	30
2.6.	Estado de las conexiones a tierra por parte de la E.E.M.G.	31
2.7.	Coordinación de protecciones en líneas de distribución de la E.E.M.G.....	34
2.7.1.	Definición para líneas de distribución.....	35
2.8.	Interrupciones del servicio eléctrico más comunes existentes en la E.E.M.G.....	36
2.9.	Normativa para diseño de torres por parte de la Empresa Eléctrica Municipal de Guastatoya, E.E.M.G.....	40
2.9.1.	Torres de transmisión utilizadas actualmente por la E.E.M.G.	40

2.10.	Normas y detalles de torres de transmisión trifásica en 13,8 kV como referencia para la E.E.M.G.	44
2.10.1.	Normas y detalles para tramos de transmisión monofásica en 13,8 kV, como referencia para la E.E.M.G.	46
2.10.2.	Normas y detalles de tramos de transmisión monofásica en un punto muerto para 13,8 kV, referencia para la E.E.M.G.	48
2.10.3.	Normas y detalles para retenidas en postes de transmisión para 13,8 kV, ángulo de 45°, suficiente espacio	49
2.10.4.	Normas y detalles para retenidas en postes de transmisión para 13,8 kV, ángulo reducido, sin suficiente espacio	51
3.	FASE DEL SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	53
3.1.	Objetivos de la realización del EPS en la E.E.M.G.....	53
3.2.	Estado de la E.E.M.G. al momento del ingreso del EPS	53
3.3.	Normas de mantenimiento preventivo en equipos y accesorios recomendados para trabajos de media tensión, 13,8 kV	54
3.4.	Protocolo de seguridad para maniobras y solución de fallas en líneas de media tensión en 13,8 kV	56
3.4.1.	Procedimiento de seguridad	57
3.4.2.	Normas de seguridad para trabajar en líneas aéreas energizadas	58
3.4.3.	Reglas de oro para maniobras en media tensión 13,8 kV	59
3.5.	Mapeo de red trifásica en media tensión, 13,8 kV	59

4.	FASE DE INVESTIGACIÓN PLAN DE CONTINGENCIA	63
4.1.	Marco tectónico y sismicidad	63
4.2.	Amenaza volcánica	64
4.3.	Riesgo de erosión	65
4.4.	Riesgos de inundación	65
4.5.	Riesgos incendios	66
4.6.	Riesgos derivados de los accidentes causados por actividades humanas.....	66
4.7.	Impactos ambientales	68
4.8.	Impactos potenciales sobre el medio socioeconómico.....	69
4.9.	Impactos negativos	69
5.	FASE DE ENSEÑANZA - APRENDIZAJE	71
5.1.	Objetivo del método de capacitación.....	71
5.2.	Método magistral.....	71
5.3.	Período de capacitación	72
	CONCLUSIONES.....	73
	RECOMENDACIONES	75
	BIBLIOGRAFÍA.....	77
	APÉNDICE	79

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa de ubicación E.E.M.G.....	3
2.	Organigrama de la E.E.M.G.	6
3.	unifilar, subestación el Rancho.....	14
4.	Cable de aluminio ACSR.....	15
5.	Aisladores tipo espiga	25
6.	Aislador de suspensión	25
7.	Aislador tipo polea.....	26
8.	Bastidores y su instalación en postes de madera	27
9.	Ruptura de aislador por sobrecarga	28
10.	Cortacircuitos de circuito abierto	29
11.	Pararrayos.....	30
12.	Conexión típica a tierra física, típica de baja tensión y acometida	33
13.	Procedimiento para soldar cables de cobre utilizados en redes de tierras físicas	34
14.	Línea de transmisión típica utilizada por la E.E.M.G	35
15.	Puestas a tierra para protección del personal	38
16.	Torres fabricadas con rieles, propiedad de la E.E.M.G	41
17.	Torre trifásica de media tensión, 13,8 kV. Utilizando postes de madera y doble crucero, como puede comprobarse, el extremo posterior de uno de los postes está quemado.....	42
18.	Poste de transmisión de energía trifásica en 13,8 kV, con braces laterales, y doble crucero	43

19.	Poste de transmisión trifásica en 13,8 kV, poste de madera. Poste de izquierda	44
20.	Torre de transmisión normada en 13,8 kV	45
21.	Norma y detalles para tramos de transmisión monofásica en media tensión, 13,8 kV	47
22.	Norma para tramo de transmisión monofásica en punto muerto	48
23.	Retenida para lugares en los cuales el espacio no es limitado.....	50
24.	Retenida en lugares donde el espacio es limitado.....	51
25.	Subestación el Rancho, administrada por la E.E.M.G.	60
26.	Tubería de 24" que transporta agua de represa al cuarto de máquinas	61
27.	Represa de planta eléctrica, Comaja.....	62
28.	Poste quemado, por efectos de incendio en el suelo	67
29.	Poste eléctrico sin protección, tumbado por un conductor ebrio.....	68

TABLAS

I.	Cuadro identificando área de cobertura por la E.E.M.G., circuito 1	4
II.	Cuadro identificando área de cobertura por la E.E.M.G., circuito 2	5
III.	Costo de electricidad, tarifa social por parte de la E.E.M.G.....	9
IV.	Costo de electricidad, tarifa social por parte de DEORSA.....	9
V.	Comparación de la capacidad de transmisión en líneas trifásicas abiertas	12
VI.	Postes de madera, clases y dimensiones.....	20
VII.	Profundidad a la que debe enterrarse un poste.....	22
VIII.	Accesorios para torre de transmisión trifásica normada en 13,8 kV ...	46
IX.	Accesorios para torre de transmisión monofásica normada en 13,8 kV	47

X.	Accesorios para tramo de transmisión monofásica, punto muerto 13,8 kV	49
XI.	Accesorios para retenidas en lugares en los cuales el espacio no es limitado.....	50
XII.	Accesorios para retenidas en lugares en los cuales el espacio es limitado.....	52

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperios
D Pararrayos	Distancia de pararrayos
d f-t	Distancia de fase a tierra
Kw	Kilovatios
kV	Kilo Voltios
MW	Megavatios
MVA	Mega Volt Amperio
BIL	Nivel básico de aislamiento
p.u.	Por Unidad
VA	Volts-Ampere
Vac	Voltaje de corriente alterna
Vdc	Voltaje de corriente directa

GLOSARIO

Acometida	Es un conjunto de elementos, materiales y equipos que forma parte de la infraestructura eléctrica que el distribuidor instala en el punto de entrega al usuario final para la prestación del servicio eléctrico de distribución.
Cellisca	Temporal de agua muy fina y muy fría, impelidas con fuerza debido a vientos fuertes.
Cogolla	Es el extremo superior de un poste de tendido eléctrico.
Comelón	Término común utilizado para identificar el gancho que se utiliza para tensar cables de alta y media tensión. Es fabricado generalmente con aleaciones de acero.
Corta circuito	Elemento diseñado para interrumpir el circuito de potencia, en caso de que el valor de su amperaje aumente sobre el nivel esperado.
Distorsión armónica	Es la distorsión de la onda senoidal de la corriente o de tensión eléctrica de frecuencia nominal, ocasionada por presencia de señales senoidales de frecuencia diferentes y múltiples a dicha frecuencia nominal.

<i>Flicker</i>	Es una variación rápida y cíclica de la tensión. Que causa una fluctuación correspondiente en la luminosidad de las lámparas a una frecuencia detectable por el ojo humano.
<i>Focus Group</i>	Técnica de estudio de las opiniones y actitudes de un grupo utilizada en ciencias sociales y estudios comerciales.
Garrucha	Elemento metálico giratorio utilizado para transferir energía, o trabajo de una dirección a otra. En estos casos se utiliza para tensar tramos largos de cable.
Gradiente de Tensión	Es la relación que da un campo eléctrico en cualquier punto del aislamiento, en función de la posición de este punto.
Libranza	Distancia mínima permitida o recomendada entre ya sea dos cables de alta tensión o un cable de alta tensión a tierra.
Maneas	Lazos dispuestas de una forma específica para que los linieros puedan subirse a los postes de manera manual. Trazo a trazo, sin necesidad de utilizar escalera o camión liniero.
Perno de ojo	Elemento acerado que se utiliza en los postes, ya sean de madera o Concreto para anclar retenidas o remates.

Pértiga	Herramienta extensora utilizada para habilitar o inhabilitar elementos de alto voltaje, a distancia. Se utiliza para activar o desactivar transformadores, o cuchillas con corriente.
Puesta a tierra	Aterrizaje a tierra por medio de cobre y una varilla de tierra, elemento indispensable en los cableados de alta tensión para absorber y tirar a tierra cualquier sobre carga inducida en los mismos.
Recloser	Dispositivo electrónico de alta potencia que se utiliza para abrir circuitos simultáneamente, y en caliente. Estos se utilizan en la subestación.
Retenidas de 8 posiciones	Elemento fabricado con aleación de acero que sirve para introducir en la tierra, cerca a un poste del cual se tensa un cable y no permite que el poste se tuerza.

RESUMEN

Lo que antes comenzó con una pequeña cantidad de carga energética, únicamente con la idea de brindar luz de manera nocturna a la población, ha venido creciendo paulatinamente desde 1932. Anteriormente se contó con una planta eléctrica ubicada por lo que ahora es la vega del señor David Hichos, su transmisión era a través de alambres desnudos de cobre, se encendía únicamente a ciertas horas del día, y la energía apenas encendía las lámparas..., lo que antes fue un pequeño ensayo para iluminar y traer progreso a esta comunidad, es ahora una empresa no únicamente fuerte sino que de muy alta rentabilidad.

Teniendo la municipalidad de Guastatoya el control total de la Empresa Municipal de Electricidad, esta ha venido creciendo desde unos pocos circuitos eléctricos de 110 voltios, hasta interconectarse con la subestación del INDE en el kilómetro 75 de la ruta al atlántico. Brindando energía trifásica a todo el casco urbano de Guastatoya, y adentrándose en parte de las orillas del río Motagua de donde varios aserraderos gozan de estos beneficios; de las fases principales, se han sacado ramales para adentrar la energía a lugares tan lejanos como lo son Anshigua (en las orillas de Jalapa), Subinal (colindante con Sanarate) y lugares más lejanos en la sierra de las minas, donde Unión Fenosa no se ha podido expandir.

Estas líneas de alta tensión han tenido un crecimiento un poco desordenado y sin tomar en cuenta muchas veces el aprovechamiento del tendido para abarcar y expandir de manera mas eficiente la red. Careciendo esta de un mapeo completo y exacto, es de suma importancia el siguiente proyecto ya que a partir de este trabajo se podrán tomar medidas para mejorar la red a corto plazo.

OBJETIVOS

General

Contribuir con un documento que sirva de orientación en la toma de decisiones para la futura reparación de la red de distribución. Análisis actual de la red, y de los elementos instalados en dicha red. Considerando las eficiencias de los equipos, los equipos disponibles en el mercado, su memoria de cálculo, sus costos, así como el impacto en el mejoramiento de la calidad de potencia.

Específicos

1. Obtener el punto geoestacionario de cada poste trifásico en media tensión utilizando coordenadas GPS.
2. Elaborar el diagrama unifilar de la subestación del INDE que transfiere la energía hacia la empresa eléctrica de Guastatoya.
3. Crear una normativa de construcción basada en las normas técnicas de diseño y operación de las instalaciones de distribución elaborada por la comisión nacional de energía (NTDOID).
4. Elaborar un manual de seguridad para trabajos en las líneas trifásicas de media tensión, siendo estos elaborados bajo régimen de carga.

INTRODUCCION

El presente anteproyecto consolida la planificación del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) y se enfoca básicamente en las actividades presentadas a continuación:

1. Diagnóstico eléctrico y espacial actual de la red de media tensión, perteneciente a la Empresa Eléctrica Municipal Guastatoya
2. Análisis actual y ubicación de los tramos de la red trifásica de media tensión en 13.8 kV, referencia la cual servirá para administrar de una mejor manera la red.
3. Recuento de elementos instalados en las líneas de media tensión trifásicas, como lo son aisladores, transformadores, conectores, remates, retenidas, pararrayos, etc., para poder contabilizarlos y hacer pedidos de elementos indispensables en reserva, evitando así tiempos extremados al momento de reparar las fallas.
4. Diferenciar a los grandes consumidores de los pequeños consumidores y establecer las bases para diferenciarlos entre sí, dependiendo de la carga consumida y de si deben o no utilizar demando metro.

Actualmente la Empresa Municipal de Guastatoya, El Progreso cuenta con una logística de trabajo (atención de quejas, ampliación de red, reconexiones, instalación de servicios nuevos, requisitos para una instalación nueva, solución de fallas complejas, distribución de personal, retroalimentación y estadísticas) que se ha venido trabajando de manera rudimentaria. Esto como es de esperar conlleva una serie de inconvenientes. Como lo son duplicado de tareas, pobre

optimización de rutinas, desprovistos de equipos y muchas dificultades adicionales.

Todo lo que se plantea en este proyecto tiene como finalidad, el brindar a la Empresa Eléctrica Municipal de Guastatoya una herramienta más para poder cumplir sus funciones como proveedor de servicios de electricidad, dando a los usuarios calidad de energía, así como cumpliendo eficientemente con las normas requeridas por el Sistema Nacional Interconectado (SIN).

1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA ELÉCTRICA MUNICIPAL DE GUASTATOYA (E.E.M.G.)

1.1. Reseña histórica

La Empresa Eléctrica Municipal de Guastatoya surge como necesidad para mejorar la calidad del servicio energía eléctrica para iluminación en la cabecera municipal de El Progreso Guastatoya, cuyo suministro era por medio de un generador diesel. En 1950, y por iniciativa del representante del departamento del progreso y en ese entonces presidente de la comisión de hacienda el señor Juan José Tejada, se logró consenso para la elaboración de una planta de generación eléctrica en Comaja, San Agustín Acasaguastlan, los trabajos para la construcción de la planta fueron llevados por el entonces Representante de electricidad e hidráulica de la dirección general de obras públicas, ingeniero Guillermo Bock y concluidos en 1955. Fecha en la cual se formó la Empresa Eléctrica Municipal de Guastatoya, (EEMG).

Actualmente, la empresa eléctrica municipal de Guastatoya, adquiere energía eléctrica por parte del Instituto Nacional de Electrificación (INDE). Esta energía es transferida a un circuito trifásico de líneas de media tensión en 13.8 kV a través de la subestación el rancho, 69 kva/13.8 kva de 4.5 MVA ubicada en el kilómetro 75 de la carretera al atlántico.

1.2. Actividades de la Empresa Eléctrica Municipal de Guastatoya (E.E.M.G.)

La Eléctrica Municipal de Guastatoya (E.E.M.G.) es una institución dedicada a la distribución de energía eléctrica en el departamento de El Progreso, específicamente en su cabecera Guastatoya, aldeas cercanas al municipio y algunas aldeas pertenecientes a municipios vecinos.

La empresa eléctrica municipal de Guastatoya brinda energía eléctrica a sus usuarios de la siguiente forma:

- 120/240 Voltios, monofásico, 3 alambres, corriente alterna, 60 Hz.
- Banco de transformadores en estrella-delta abierta, con 120/208/240 voltios, 4 alambres, corriente alterna, 60 Hz.
- Banco de transformadores en estrella-delta con voltajes de 120/240/480 voltios, 4 alambres, corriente alterna, 60Hz.
- Cargas trifásicos consumos mayores a 11 kvatios, se exige la instalación de un demandómetro.

Entre sus principales funciones y en cumplimiento de su finalidad se enumeran las siguientes:

- Administrar, operar y mantener el servicio de transporte de electricidad en los términos de calidad que estipula la Ley General de Electricidad.
- Velar por la conservación de la infraestructura de transmisión, transformación, equipos de control y de todos los activos fijos con que cuenta para dicho fin.
- Planificar, diseñar, financiar y contribuir a realizar obras de infraestructura que redunden en beneficio de la población.

1.3. Ubicación de oficinas centrales

La Empresa Eléctrica Municipal de Guastatoya, (EEMG) se encuentra ubicada en las mismas instalaciones de la Municipalidad de Guastatoya, utilizando oficinas administrativas en el primero y segundo piso. Adicionalmente se cuenta con varias oficinas en el área de parqueo de la misma municipalidad, sitio ocupado por los empleados de mantenimiento, y encargados bodega.

Figura 1. Mapa de ubicación E.E.M.G., (línea azul demarca el área de cobertura)



Fuente: mapa brindado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), área marcada en azul según análisis realizado por estudiante de EPS.

1.4. Área de cobertura actual abarcada por la E.E.M.G.

Actualmente se brinda servicio de energía eléctrica y alumbrado público a varios municipios del Departamento de El Progreso y una aldea del departamento de Jalapa.

Tabla I. **Cuadro identificando área de cobertura por la E.E.M.G. circuito 1**

	Descripción circuitos de red trifásica	Cobertura Trifásica	Salidas Monofásicas
Circuito 1 Ramal 00	Circuito principal desde subestación hasta infiernillo pasando por cabecera Municipal de Guastatoya el Progreso. Tiene dos ramales, uno en dirección al casco urbano terminando en la ruta y otro ramal que llega a la litificación minerva, pasando por el Hospital Nacional de el Progreso.	Cerro Malpais A. chiguelas A. la Libertad Finca Cruz A. Cromo A. Patache Abajo A. Patache Arriba A. el Infiernillo	A. San Rafael A. Anshagua A. el Naranjo A. Anshigua (jalapa)
Circuito 1 Ramal 01	El siguiente ramal llega hasta la Lotificación minerva, pasando por el Hospital Nacional de Guastatoya. De este ramal sale una línea monofásica la cual alimenta la aldea de santa Rita	Este del casco urbano Colonia Minerva Lot. Minerva	Lot. lo de Rodas A. Santa Rita
Circuito 1 Ramal 02	El siguiente sale una cuadra antes de llegar a Presidios, y recorre todo el casco urbano, llegando hasta la ruta Atlántico. De este ramal salen las líneas monofásicas que alimentan las aldeas de casas viejas, el barreal, cueva del negro, Santa Lucia, Tierra Blanca, las morales y el Subinal.	Casco Urbano Entronque las pilitas Entronque frente a Bomberos	A. Santa Lucía A. Tierra Blanca A. las Morales A. el Subinal A. Casas Viejas A. el Barreal

Fuente: E.E.M.G.

Tabla II. **Cuadro identificando área de cobertura por la E.E.M.G.,
circuito 2**

	Descripción circuitos de red trifásica	Cobertura Trifásica	Salidas Monofásicas
Circuito 2 Ramal 00	El siguiente circuito empieza en la subestación del INDE (km. 75) y termina en la planta generadora de Comaja, pasando por Aldea Piedra Parada, Tulumajillo y Comaja.	A. Piedra Parada y Entronque A. Comaja y Entronque	Ruta antes Motagua A. el Rancho (S. A.) A. el Conacaste (S. A.) A. la Montañita (S. A.) A. los Apantes (S. A.) A. la Lagunita (B.V.) A. la Piragua (S. A.)
Circuito 2 Ramal 01	El siguiente circuito empieza en la Aldea de Tulumajillo y se dirige hasta el rancho, alimentando varios aserraderos, y sacando un ramal monofásico para la aldea el Ixcanal	A. Tulumajillo Las Champas, Pertenece a la A. el Rancho	A. el Ixcanal

Fuente: E.E.M.G.

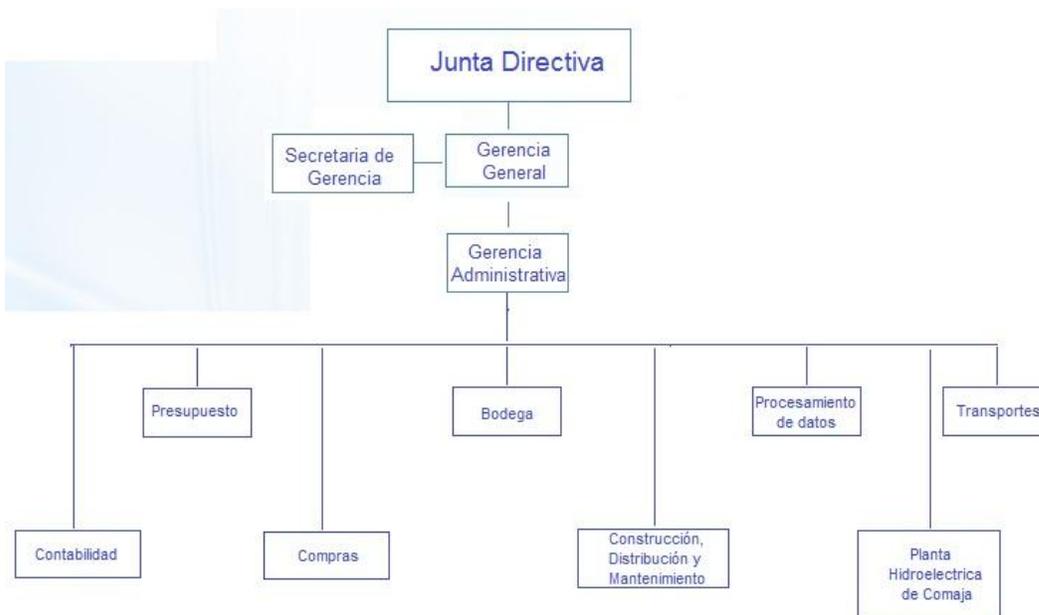
1.5. Estructura organizacional

El órgano superior de la EEMG es la Junta Directiva, este está conformado por el señor alcalde municipal como su presidente, miembros de la corporación municipal y empleados de la empresa (ver organigrama). La Gerencia General y la Gerencia Administrativa son las encargadas de la ejecución de las instrucciones y directrices emanadas por la Junta Directiva.

1.6. Organigrama de la E.E.M.G.

Por ser la Empresa Eléctrica Municipal un ente administrativo, de recursos de la comunidad, debe de cumplir las siguientes funciones, que son los principios básicos de una buena administración:

Figura 2. Organigrama de la E.E.M.G.



Fuente: E.E.M.G.

1.6.1. Función de planificación

Prever necesidades, elegir alternativas, seleccionar objetivos, establecer políticas, normas, programas procedimientos y presupuestos, adoptar decisiones para alcanzar los objetivos institucionales.

1.6.2. Funciones de organización

Determinar actividades necesarias y su agrupación para el cumplimiento de los objetivos; asignar estas actividades a las unidades o personas a disponer lo necesario para que las funciones de autoridad y coordinación se desarrollen eficazmente.

1.6.3. Funciones de dirección

Guiar y supervisar el trabajo de los subordinados, orientarlos, incentivar su iniciativa motivarlos y encaminar su esfuerzo a su obtención de los objetivos señalados.

1.6.4. Funciones de ejecución

Acatar las directrices y llevarlas a la práctica, desarrollando los planes, programas y proyectos; realizar el trabajo asignado, revisar las formas y procedimientos en el desarrollo del trabajo y evitar la demora en la realización de las actividades.

1.6.5. Funciones de control

Medir resultados de toda actividad, detectar y corregir las desviaciones que produzcan en el desarrollo de los planes, objetivos, políticas, normas, programas, procedimientos, presupuestos y volúmenes de trabajo.

1.6.6. Compromiso con la sociedad

La Empresa Electrica Municipal de Guastatoya (E.E.M.G.), es un ente no lucrativo, razón por la cual muchos de sus proyectos van orientados a llevar la energía eléctrica a comunidades alejadas sin más motivo que el de mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Esta es una de las razones por las cuales el costo de la energía es similar a otras empresas eléctricas municipales de Guatemala, y mucho menor a las instituciones privadas. A continuación se presentan dos graficas comparativas en base al costo del kilowatt hora de la tarifa social por parte de la E.E.M.G., en comparación con DEORSA, de enero a septiembre del 2012.

Tabla III. **Costo de electricidad, tarifa social por parte de la E.E.M.G.**

Cargo por Energía			
	EEMG	Variación precio	Efecto en Q
ENERO	1.049		0.00
FEBRERO	1.066	2%	4.86
MARZO	1.066	0%	0.00
ABRIL	1.066	0%	0.00
MAYO	0.956	-10%	-30.96
JUNIO	0.956	0%	0.00
JULIO	0.956	0%	0.00
AGOSTO	1.01	6%	16.95
SEPTIEMBRE	1.01	0%	0.00

Variación Costo de Enero a Septiembre, Q.	-0.039
Efecto en 300Kw-h (Q)	-11.7

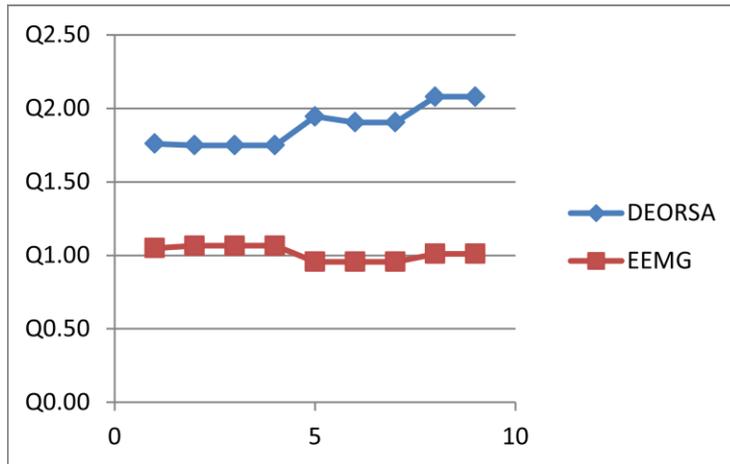
Fuente: www.cnee.gob.gt. Consulta: 2 de enero de 2013.

Tabla IV. **Costo de electricidad, tarifa social por parte de DEORSA**

Cargo por Energia			
	DEORSA	Variación precio	Efecto en Q
ENERO	1.759		0.00
FEBRERO	1.748	-1%	-1.88
MARZO	1.748	0%	0.00
ABRIL	1.748	0%	0.00
MAYO	1.944	11%	33.64
JUNIO	1.904	-2%	-6.17
JULIO	1.904	0%	0.00
AGOSTO	2.079	9%	27.57
SEPTIEMBRE	2.079	0%	0.00
Variación Costo de Enero a Septiembre, Q.			0.32
Efecto en 300Kw-h (Q)			96

Fuente: www.cnee.gob.gt. Consulta: 2 de enero de 2013.

Figura 2. **Comparativo del costo de energía de la tarifa social, entre la E.E.M.G y DEORSA**



Fuente: www.cnee.gob.gt. Consulta: 2 de febrero de 2013.

Como se podrá comprobar en los gráficos, de enero a septiembre del 2012, la Empresa Eléctrica Municipal de Guastatoya, E.E.M.G., termino con un costo menor en la tarifa social, equivalente a un 51 % de lo que está cobrando DEORSA, la variación es menor, lo cual redundo en un beneficio a la población del municipio.

2. FASE DEL SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL, MARCO TEÓRICO

2.1. Estructura de las redes de transmisión

En Guatemala al igual que en el resto del mundo, las redes eléctricas tienen tres componentes principales: la energía eléctrica es generada por medio de las centrales generadoras, para luego ser transmitidas a las redes de distribución. La Empresa Eléctrica Municipal de Guastatoya es una empresa cuya función principal es la de tomar energía eléctrica del sistema nacional interconectado y distribuirlo a usuarios locales. En Guatemala se cuenta con líneas de transmisión las cuales manejan voltajes de 13,800 kV, 34 kV, 64 kV y 230 kV.

Es notable tomar en cuenta que los voltajes mas elevados e utilizan para casos en los cuales las líneas de transmisión sea extensa o la carga sea elevada, esto se debe a que las pérdidas en los conductores son directamente proporcionales al cuadrado de la corriente multiplicado por la resistencia del conductor. De este hecho se tiene que para voltajes elevados la corriente es menor, y por lo tanto las pérdidas en los conductores por efecto de la resistencia en los cables también disminuyen. La tabla V muestra su capacidad de potencia en líneas abiertas para tensiones de líneas comunes basadas en la capacidad proporcional al cuadrado de la tensión, principiando con la capacidad de 50 MVA a 115 kV.

Tabla V. **Comparación de la capacidad de transmisión en líneas trifásicas abiertas**

TensiónLínea a		Capacidad de
Línea		transmisión
kV		MVA
115		50
138		72
230		200
345		450
500		945
765		2200

Fuente: A.B. Chance Company, I-78 Catalog.

Algunos usuarios industriales consumen a niveles de tensión elevados, y muchas veces consumen energía directamente de alguna de las empresas generadores. Actualmente el Instituto Nacional De Electrificación (INDE), es uno de los mayores proveedores de energía eléctrica, a partir de 1996, se dividió en 3 empresas; a) EGEE (Empresa de Generación de Energía Eléctrica), b) ETCEE (Empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica), y c) ECOE (Empresa de Comercialización de Energía). La mayoría de las cargas industriales se alimentan del sistema primario, que también suministra los transformadores de distribución dando tensiones secundarias sobre circuitos trifilares, monofásicos para empleo residencial.

En este caso la tensión es de 240 V entre líneas y 120 V entre cada una de ellas y la tercera línea, que está conectada a tierra. Otros circuitos secundarios manejados por la EEMG son 208Y/120V, o sistemas trifásicos de

cuatro líneas de 480Y/277 V. los cuales se utilizan actualmente en algunos aserraderos ubicados en la franja del Motagua.

Gracias a la interconexión ventajosa se puede contar con energía fiable y de buena calidad. Actualmente y gracias a una buena administración por parte del Administrador del Mercado Mayorista y la supervisión de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), se ha logrado disminuir las desconexiones imprevistas, y en caso de existir alguna esta regresa en tiempos relativamente cortos, en contraste a años pasados en los cuales el tiempo de re conexión era más largo.

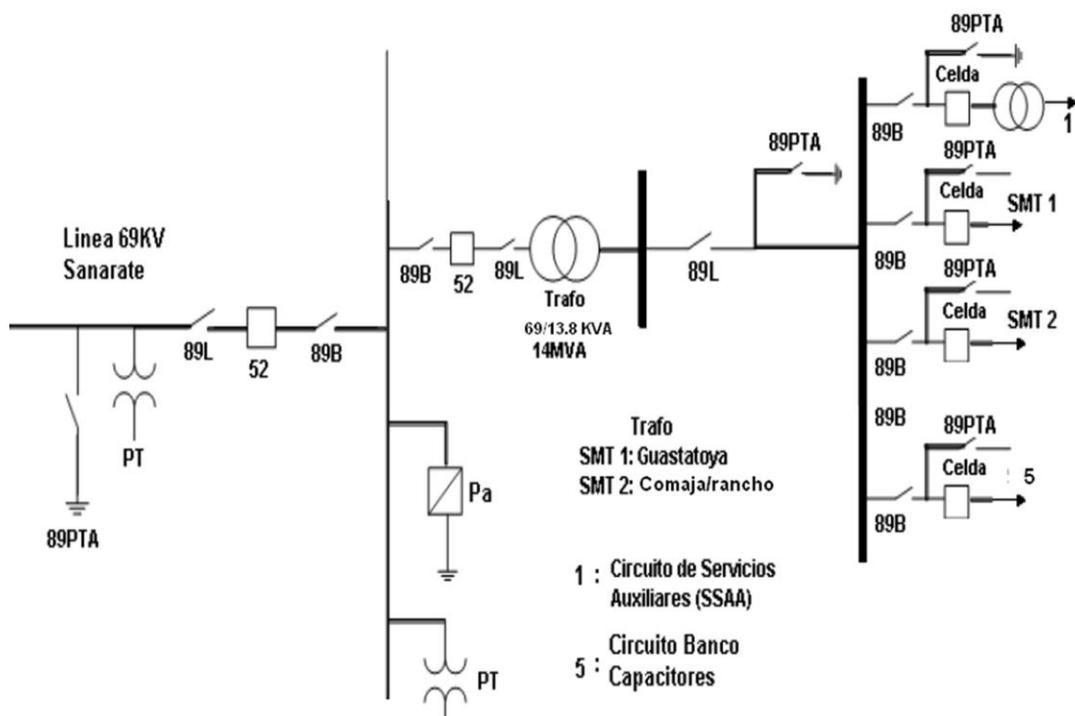
La interconexión planteo muchos dilemas adicionales con los cuales no se tenían previstos en años anteriores; estos nuevos problemas, se han venido resolviendo con el paso de los años, sin embargo es importante tener en cuenta que ahora en el momento de existir un corto circuito, este incrementa la intensidad de la corriente en la red, para lo cual es necesario contar con interruptores de mayor corriente nominal. Es necesario contar con adecuados relés e interruptores automáticos para evitar que una perturbación causada por un corto circuito se extienda a otros sistemas del SIN. Las redes interconectadas no solo tienen que tener la misma frecuencia nominal, sino que los generadores síncronos de una red deben estar en fase con los demás.

2.2. Subestación El Rancho

La subestación El Rancho de la Empresa Eléctrica Municipal de Guastatoya (compartida con el INDE), se localiza en el kilómetro 75 de la carretera al atlántico, departamento de El Progreso, con una potencia instalada de 4,5 MVA, tensión de alimentación de 69 kV, tensión de salida de 13,8 kV y potencia máxima de 6,25 MVA. Configuración de delta/estrella-1. Cuenta con

dos circuitos trifásicos de media tensión, 1 en dirección a al casco urbano y otro en dirección a la hidroeléctrica de comaja. El diagrama unifilar siguiente muestra la interconexión con el sistema nacional interconectado, y sus circuitos internos principales (figura 3).

Figura 3. Diagrama unifilar, subestación el Rancho



Fuente: E.E.M.G

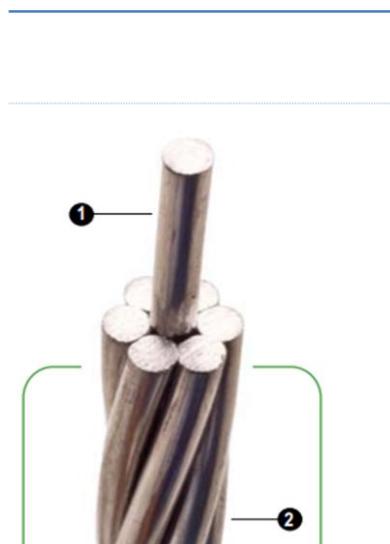
2.3. Líneas de transmisión para media tensión operadas por la E.E.M.G

Actualmente se cuenta con una extensa red de transmisión en 13,8 kV, un alto porcentaje de torres utilizan postes de madera con 40 pies del altura y conductores de aluminio.

2.3.1. Cables de conducción para media tensión utilizados por la E.E.M.G.

La media tensión utilizada por la E.E.M.G., es de 13,8 kV, el cable utilizado para su transporte es un conductor de aluminio desnudo AWG RAVEN calibre 1/0, con una capacidad de 242 amperios. El conductor de aluminio desnudo tiene la ventaja de tener un costo menor que el cobre y el de ser un material más liviano; el conductor de aluminio desnudo tiene la particularidad de que tiene un menor peso para una misma capacidad de transporte. La desventaja es que por el hecho de estar desnudo, existe un mayor peligro de fallas a tierra o a los accesorios propios de la red de transmisión. Los cables de aluminio se seleccionan con varios hilos, esta distribución se elige ya que evita las vibraciones excesivas.

Figura 4. Cable aluminio ACSR (1: acero, 2: aluminio)



Fuente: Catálogo General Phelps Dodge.

El conductor de aluminio utilizado por la E.E.M.G. Tiene una guía elaborada con acero, este permite la realización de tendidos más largos. La desventaja que se tiene es que el aluminio no soporta altas temperaturas, tal el caso que no se recomienda que la temperatura exceda de los 120 °C, tal es la razón de ponerle especial atención a las sobrecargas y tener una buena coordinación de protección que evite cortocircuitos por largos lapsos de tiempo.

Al utilizar un conductor de aluminio con un diámetro mayor, manteniendo constante la resistencia con respecto a la resistencia de un conductor de cobre con diámetro mayor, tiene una gran ventaja. Esto se debe a que cuando el diámetro es mayor en un conductor, las líneas de flujo eléctrico a través del conductor están más separadas unas de otras, lo cual también es una ventaja; Con un mayor diámetro las líneas de flujo eléctrico generadas en el conductor estarán más separadas en la superficie de esta para una misma tensión. Lo cual significa un menor gradiente de tensión en la superficie del conductor, teniendo un gradiente menor, es menor la cantidad de aire ionizado en el exterior, y con esto disminuir en alguna manera el efecto corona.

El conductor utilizado en la distribución por la E.E.M.G. es el ACSR (Aluminium Conductor Steel Reinforced), este conductor es elaborado con varios hilos de aluminio, y en el centro tiene un refuerzo a base de acero; las capas de los alambres del conductor se enrollan a manera de prevenir que estos se desenrollen y hacer que el radio externo de una capa coincida con el radio interno de la siguiente capa.

El cable ACSR de aluminio 1/0 utilizado por la empresa eléctrica es fabricado en su mayoría por la compañía Phelps Dodge, esto se debe a que la fábrica se encuentra en el salvador, y por su cercanía, la mayoría de los cables que ingresan al mercado guatemalteco vienen desde dicho país. Este cable trae

un cable de acero (1), recubierto con aluminio soldado, y el cable conductor viene formado por alambres de aluminio duro en capas concéntricas (2).

Contiene 6 conductores de aluminio, 1 de acero, y tiene un diámetro de 10,1 mm, su peso aproximado es de 205 kg/km y la carga de ruptura es de 18,9 kN. el cable tiene una resistencia de 0,5370 Ohms/km, tiene una reactancia inductiva a 1 pie de distancia de 0,3418 Ohms/km, y una reactancia capacitiva a 1 pie de separación de 0,1953 Ohms/km. Por ser distancias pequeñas, los tramos se les aplican formulas sencillas para calcular la reactancia total. Es importante tomar en cuenta que cuando la frecuencia aumenta, la diferencia entre las densidades de corriente en diferentes zonas de la sección transversal también se acrecienta, efecto al cual se le conoce como efecto piel. Esta densidad de corriente aumenta desde el interior hasta el exterior.

2.4. Equipos eléctricos utilizados en las líneas de media tensión, 13.8 kV por la E.E.M.G.

Todos los equipos utilizados en la Empresa Eléctrica Municipal de Guastatoya, estan fabricados para soportar voltajes de 13 800 voltios y amperajes mayores a 50 amperios, dependiendo de la carga transferida a través de la misma.

2.4.1. Postes de madera

En el área rural de Guatemala, las estructuras para líneas aéreas por lo general se componen de postes de madera, los conductores se fijan accesorios aislantes que se apoyan en cruceros; la madera utilizada es tratada y preparada en hornos, lo cual permite una duración más extensa. Aunque los postes de acero y hormigón también se utilizan, la madera tiene dos ventajas; su costo

inicial el cual es menor y su propiedad como aislante natural. La elección de la madera para postes depende del tipo específico de madera que exista en un determinado sector del país. Los postes se elaboran generalmente de cedro o de pino.

El cedro es una de las maderas más durables, y además de ser liviano es fuerte. Es bastante recto aunque tiene una fuerte cantidad de nudos pequeños. El pino es muy fuerte, tiene una conicidad gradual y por lo general casi nada de nudos. Pese a su aspecto excelente, el empleo del pino en el pasado era limitado debido a su poca duración. Sin embargo, con la mejora lograda en los métodos de preservación de las maderas, la utilización del pino amarillo se ha extendido bastante. Para seleccionar los postes más recomendables, se debe considerar los siguientes factores; la longitud y la resistencia requeridas.

- Longitud de los postes

La longitud depende de la distancia necesaria con respecto a la superficie del terreno, del número de cruceros que se piensan colocar y así como las características de los materiales a utilizar. Es importante prever el crecimiento de la red en el futuro. Los postes se hacen de medidas estandarizadas que van desde los 20, 25, 30, 35 y 40 pies de largo. También se tienen postes especiales que tienen menores o mayores medidas, pero estos deben solicitarse como un pedido especial.

- Resistencia de los postes

Normalmente, de ambos lados de un poste se suspenden tramos de conductores de igual longitud, con esta topología, los postes no están absueltos de someterse a esfuerzos producto de imprevistos, los cuales podrían deberse

a cortes en el cableado, lo cual crearía un desbalance en la carga focalizada en el poste. De este modo, entonces, los esfuerzos desequilibrados de tracción tienden a tirar del poste hacia un costado y lo hacen nuevamente propenso a romperse al nivel del suelo. En caso de que existan postes con desbalances de esfuerzos, se procede a colocar retenidas, las cuales balancean los esfuerzos y evitan el colapso de los mismos.

Aunque los postes pueden tener la misma longitud, su distinto grosor a nivel del suelo les da diversas resistencias. No basta que los postes tengan un diámetro grande en el centro de masas de los esfuerzos, en vista que si su conicidad se incrementa muy rápidamente o que su punta esta finamente afinada, puede que el poste pueda romperse en otra parte. Al clasificarse los postes por su resistencia, se especifica no solo la circunferencia o grosor mínimo al nivel del suelo, sino también en la punta. La resistencia de un poste se expresa por clases y estas suelen numerarse de 1 a 10 inclusive; la clase 1 es la más fuerte. Algunos postes muy fuertes pueden ser clase 0.00 o incluso 000. Las dimensiones de los postes estándares figuran en la tabla VI. Para describir un poste por completo es necesario especificar con qué tipo de madera esta hecho, su longitud y clase; por ejemplo un poste de pino, de 1067 metros (35 pies) clase 3.

Tabla VI. Postes de madera, clases y dimensiones

POSTES DE MADERA									
DIMENSION DE LOS POSTES ESTANDAR									
CLASE			1	2	3	4	5	6	7
Circunferencia Mínima en la punta (cm)			69	63	58	53	48	43	38
Diámetro Mínimo en la punta (cm)			20.5	20	18.5	15.4	15.2	12.8	10.4
Longitud del poste (m)	Distancia nivel suelo a coz (m)		Tipo de madera	circunferencia mínima a nivel del suelo (aproximadamente)					
7.62	1.52	Pino	87	82	76	71	66	61	56
		Caoba	94	87	82	76	71	65	61
		Cedro	96	90	84	77	72	66	62
9.14	1.68	Pino	95	89	82	76	71	66	61
		Caoba	102	95	89	82	76	71	66
		Cedro	104	98	90	84	77	72	67
10.67	1.83	Pino	102	95	89	81	76	70	65
		Caoba	108	102	95	88	81	76	70
		Cedro	110	104	96	90	82	77	71
12.19	1.83	Pino	106	100	94	86	80	74	69
		Caoba	114	108	100	93	86	80	75
		Cedro	117	110	103	95	88	81	76
13.71	1.98	Pino	112	105	98	91	84	77	72
		Caoba	121	113	105	98	91	84	79
		Cedro	123	116	108	100	93	85	80
15.24	2.13	Pino	117	109	102	95	88	81	75
		Caoba	126	118	110	102	95	88	81
		Cedro	128	121	113	104	96	89	82
16.76	2.29	Pino	120	113	105	99	91	85	
		Caoba	131	123	114	107	99	91	
		Cedro	133	126	117	108	100	92	
18.29	2.44	Pino	127	117	109	102	94	88	
		Caoba	136	127	118	110	102	95	
		Cedro	138	129	121	112	104	98	
19.81	2.59	Pino	129	121	113	105	98		
		Caoba	140	130	122	114	107		
		Cedro	142	133	124	116	108		
21.33	2.74	Pino	133	124	117	108	100		
		Caoba	143	135	123	116	110		
		Cedro	146	137	128	119	114		
22.86	2.9	Pino	137	128	119	112			
		Caoba	150	137	127	119			
		Cedro	151	141	132	123			

P: Pino amarillo de acículas largas Ca: astañó Ce: Cedro del Oeste

Fuente: PANSINI, Anthony J. Transporte y distribución de energía eléctrica.

- Profundidad a la que deben enterrarse los postes

Existen muchas variantes a tomar en cuenta para determinar a qué profundidad se deben colocar los postes, el municipio de progreso cuenta con una variedad de topografías, y tipo de suelos; condiciones del suelo, la altura del poste y los factores de peso y tracción deben ser considerados para resolver a que profundidad es preciso enterrarlo. En la tabla que se da más abajo figuran las profundidades aproximadas a las que deben colocarse los postes.

La tabla VI muestra las profundidades a las cuales debe ser enterrados los postes, por ejemplo, que para salvar ciertas estructuras o franquear el tráfico en un trayecto de los conductores, es necesario un poste de 18.29 m de largo. Si no existen esfuerzos adicionales, es decir que el terreno es firme, su superficie plana y los tramos son iguales, basta con enterrarlo 2,44 metros no obstante, si hay un tramo de alambre desigual en un costado que origina un esfuerzo o si las condiciones del suelo son malas, el poste deberá colocarse a 2,59 metros de profundidad.

Tabla VII. **Profundidad a la que debe enterrarse un poste**

	Longitud total del poste (m)	profundidades en líneas rectas, cordones de acera y esquinas (m)	Profundidades en puntos con esfuerzos adicionales o malas condiciones del suelo (m)
hasta	9.14	1.52	1.68
	10.67	1.68	1.83
	12.19	1.83	1.98
	13.71	1.98	2.13
	15.24	2.13	2.29
	16.76	2.29	2.44
	18.29	2.44	2.59
	19.81	2.44	2.59
21.33 y mas, están especificadas profundidades especiales			

Fuente: PANSINI, Anthony J. Transporte y distribución de energía eléctrica.

En la E.E.M.G se cuenta con un vehículo especial para poder transportar postes, este vehículo fue donado por la compañía de electricidad proveniente de Illinois Estados Unidos; este vehículo se utiliza para colocar postes de concreto y postes de madera de 35 a 40 pies, para postes de madera pequeños o en lugares donde no se puede introducir la grúa, se procede a realizar el agujero de forma manual, en este caso, se utiliza herramienta rudimentaria, como lo viene siendo palas y barreta. Para introducir el poste, se carga por medio del personal de mantenimiento.

- Cruceros utilizados por la E.E.M.G

Generalmente son fabrican con madera de pino. La parte superior del crucero se suaviza para que la lluvia resbale fácilmente, evitando de esta manera que el agua se empoce. Las dimensiones usuales de las crucetas para

líneas de distribución son de 8,9 x 11,4 centímetros, vistas en corte transversal. En cuanto a su longitud, depende del número y separación de los soportes. Los cruceros más fuertes de diversos largos se emplean para fines especiales, por lo general para soportar los conductores y aisladores más pesados de las líneas de transportes.

Los cruceros de cuatro, seis y ocho soportes son normales para líneas de distribución y la de seis soportes es la más común. Cuando se tropieza con cargas excepcionalmente pesadas, como sucede en los postes de las esquinas, puede ser necesario el empleo de crucetas dobles, es decir una en cada cara el poste. Estos cruceros ya traen estandarizadas las perforaciones para colocar pines y accesorios comunes, generalmente se piden a lignum, empresa que se dedica a comercializar con maderas tratadas, resistentes a las inclemencias del medio ambiente.

- Soportes

Los soportes se fijan en los cruceros y se utilizan para atornillar firmemente en ellos los aisladores de espiga. La E.E.M.G., utiliza una distancia común de 37 centímetros, y el espacio que se deja entre los primeros soportes situados a ambos lados del poste para que se pueda trepar por parte de los empleados de mantenimiento es de 76 centímetros.

La libranza o distancia dieléctrica es de suma importancia al momento de realizar instalaciones, y es importante que se respeten dichas medidas para evitar que existan fallas o chispas de un conductor a otro. Otro factor importante al momento de respetar las libranzas, es el hecho de que debe existir una distancia suficiente para que los cables no se toquen entre ellos al ser mecidos por el viento. Además, se debe dejar bastante espacio para que los operarios

puedan subir y trabajar con seguridad entre los hilos. En postes de enlace, se utilizan con frecuencia, crucetas especiales de seis soportes, en las que dicho espacio es más amplio y da una mayor seguridad a los operarios.

2.4.2. Aisladores utilizados por la E.E.M.G.

Estos elementos, se están utilizando para aislar el conductor de la línea de apoyo que lo soporta, la misión fundamental del aislador es evitar el paso de la corriente del conductor hacia los postes o crucetas creando un flujo de corriente a tierra. Para los acoples de la madera a los aisladores se realiza por medio de herrajes especiales.

Los aisladores actualmente utilizados están hechos para soportar voltajes de 13 800 kV, la mayoría de estos tienen años de estar instalados, a través del tiempo se ha ido depositando sobre el mismo cierta cantidad de sales, polvo y desechos de animales; este tipo de materias muchas veces producen fallas a tierra o provoca rupturas en el aislamiento de la red. Por el momento no existe ningún tratamiento de limpieza preventivo y se cambian únicamente en casos de exista fallas en la línea.

- Aisladores tipo espiga y de suspensión utilizados por la E.E.M.G.

Los aisladores de espiga van atornillados en los soportes que han sido instalados sobre las crucetas. El conductor eléctrico va montado en el aislador. Los aisladores de espiga utilizados son de porcelana y estos pueden pesar 280 g a 40 kg. y por lo general se hace de una pieza sólida de porcelana o vidrio. En la figura 4, los tipos de aisladores utilizados.

Figura 5. **Aisladores de tipo espiga**



Fuente: E.E.M.G.

A veces una línea debe soportar un gran esfuerzo, muchas veces los tramos son demasiado largos, figura 9 muestra el aislador de tracción comúnmente utilizado por la E.E.M.G; el aislador de tracción debe tener una resistencia considerable y las propiedades dieléctricas necesarias para transportar los 13,8 kV que actualmente se manejan.

Figura 6. **Aislador de suspensión (utilizado por la E.E.M.G.)**

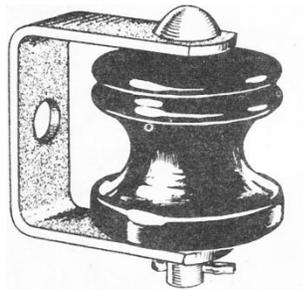


Fuente: E.E.M.G.

- Aisladores tipo polea utilizados por la E.E.M.G

El aislador tipo polea es uno de los elementos mas comunes utilizados en las redes secundarias; generalmente se utilizan para amarrar los cables de acometidas a los distintos usuarios, el agujero visible en la imagen abajo expuesta, sirve para colocar un tornillo de acero, este tornillo se hace pasar a través del poste. Para colocar dicho tornillo se debe desarmar el aislador completamente, se coloca el tornillo y luego se vuelve a armar la unidad completa.

Figura 7: **Aislador tipo polea**



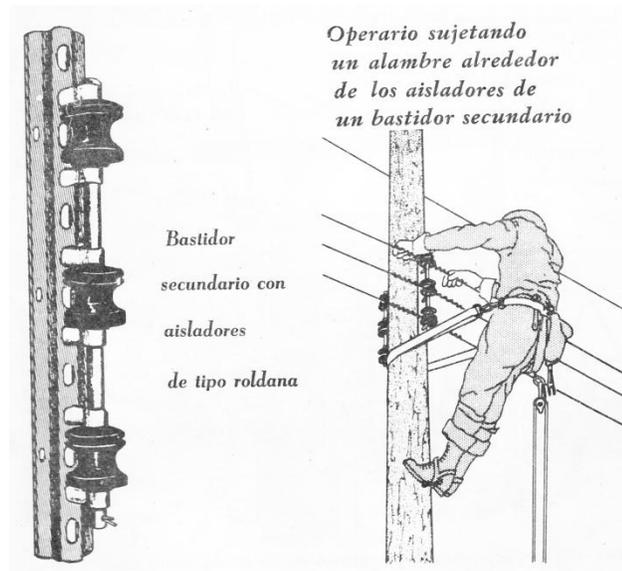
Fuente: E.E.M.G.

2.4.3. Bastidores secundarios utilizados por la E.E.M.G.

Muchas de las líneas secundarias actuales, aun constan de líneas de baja tensión con cables desnudos, estas líneas generalmente se sustentan en posición vertical, para esto se utiliza un bastidor de tres posiciones (para colocar 3 aisladores), las distancias son pequeñas, y los voltajes son de 110 V a neutro y de 240 V entre líneas vivas, por el bajo voltaje que se maneja, no es necesario mantener la misma separación que se tiene en las crucetas. El empleo de bastidores secundarios se ha venido evitando en los últimos años, el

uso de cables desnudos implica una mayor posibilidad de fallas eléctricas a demás que implica un mayor peligro para el trabajador liniero (figura 8).

Figura 8. **Bastidores y su instalación en postes de madera**



Fuente: E.E.M.G.

2.4.4. Factores comunes que causan corriente de fuga a través de los aisladores en las líneas de media tensión operadas por la E.E.M.G.

- Por conductividad del material: este tipo de transmisión de corriente se produce a través del aislador, es importante utilizar aisladores que estén certificados para los voltajes que se piensan transportar, muchas veces cuando existe alguna sobrecarga se puede romper el aislamiento. Lo que generalmente se realiza en aisladores grandes, es utilizar varios aisladores pequeños unidos con una masa especial.

Figura 9. **Ruptura de aislador por sobrecarga**



Fuente: E.E.M.G.

- Por conductividad superficial: se produce cuando la corriente de fuga circula por el contorno del aislador, este caso es muy común en áreas secas de mucho viento, en estos lugares muchas veces el viento hace que el polvo y materiales minerales se aglomeren en la superficie del aislador. La humedad y las sales producto de los residuos minerales permite que una parte de la corriente se vaya a tierra; esta conductividad recibe el nombre de efecto corona. Esto se disminuye utilizando aisladores con un diseño ergonómico y de superficie muy lisa, antes de existir una falla se deben limpiar con productos químicos especiales o sustituirlos en caso de ser necesario.
- Por descarga disruptiva a través del aire: puede producirse un arco entre el conductor y el soporte a través del aire, cuya rigidez dieléctrica a veces no es suficiente para evitar la descarga. Esto suele ocurrir con la lluvia, debido a la ionización del aire, y se puede evitar con un diseño adecuado para aisladores de intemperie, tratando de aumentar la distancia entre aislador y soporte de forma que la tensión necesaria para la formación del arco sea mayor.

2.4.5. Fusibles y corta circuitos utilizados por la E.E.M.G.

Son los dispositivos de seguridad más comunes utilizados por la E.E.M.G., Estos dispositivos de protección eléctrica de una red hacen las veces de un interruptor, pero su costo es menor y su manejo es bastante sencillo. Se ha venido utilizando para interrumpir circuitos en caso de producir una falla en las líneas y en caso de maniobras de mantenimiento para algunas de las líneas de transmisión o de distribución. los parámetros utilizados para el dimensionamiento de estos fueron la corriente de corto circuito y la tensión máxima. Los cortacircuitos normados por la EEMG son de 50, 100 y 200 amperios dependiendo de la carga que pasa por dicho punto, es importante que se especifique el voltaje en el cual se piensan utilizar a modo de evitar que un posible arco producto de la ionización del aire se mantenga por tiempo indefinido.

Figura 10. Cortacircuitos de fusible abierto



Fuente: E.E.M.G.

Nota: en lugares donde se colocan pararrayos, estos se deben instalar antes del cortacircuitos, o sea del lado de la línea de media tensión.

Figura 11. **Pararrayos**



Fuente: E.E.M.G.

2.5. Pararrayos por parte de la E.E.M.G.

El propósito de un pararrayos es el de proteger todos los equipos contra daños del aislamiento causados por sobre tensiones, generalmente inducidas por rayos. Para proveer la protección contra sobre tensiones, el pararrayos desvía el flujo de sobre corriente hacia tierra al cambiar su impedancia característica de alta resistencia para baja resistencia y regresando a alta resistencia una vez que la sobre corriente ha sido desviada. El pararrayos, básicamente, debe aparecer como un circuito abierto a las tensiones de frecuencia nominal y como un corto circuito a las sobretensiones.

Este es una de las fallas más difíciles de encontrar en la red de transmisión administrada por la E.E.M.G., cuando un pararrayos entra en corto, muchas veces al levantar una cuchilla automáticamente se dispara, la diferencia estriba en que el disparo de la cuchilla ubicada en el ramal descrito se dispara instantáneamente. Una vez que el flujo de la corriente de frecuencia ha sido

iniciado no puede ser interrumpido por el espacio de aire, de esta manera que las características del pararrayos son que no solamente pueden descargar la sobretensión hacia tierra, pero que también puede interrumpir o prevenir el flujo de la corriente de frecuencia nominal una vez que la sobretensión ha sido desviada seguramente a tierra.

Estos pararrayos son muy escasos en las líneas de media tensión, es normal encontrarlos únicamente en transformadores auto protegidos, y en áreas montañosas como lo vienen siendo las montañas de San Agustín Acasguastlan y cerca de la subestación. Sin embargo actualmente existen aproximadamente un 20 % del total de los pararrayos con los que se debiese contar. El hecho de tener pararrayos, no solo mejora la estabilidad de la línea sino que ayuda a proteger los equipos electrónicos de los usuarios de la E.E.M.G.

Actualmente no se cuenta con hilo de guarda en las líneas de transmisión en media tensión, por eso de la importancia de contar con pararrayos, los cuales deben estar instalados en partes críticas de la red, de preferencia cada 200 metros de distancia entre ellos. Estos pararrayos deben estar debidamente instalados, colocando una reglilla sobre el cable de cobre para evitar que este sea cortado. Especial atención se debe dar con la población, haciéndoles ver que denuncien actos delictivos de este tipo. Es importante concientizar a la población respecto a los daños que este tipo de fechorías pueden causar en los equipos electrónicos en caso de caer un rayo.

2.6. Estado de las conexiones a tierra por parte de la E.E.M.G.

La conexión a tierra de todos los equipos de la red administrada por la E.E.M.G., es uno de los temas que se debe fortalecer, la conexión a tierra de los sistemas eléctricos, servicios y equipo, se hace en primer término por

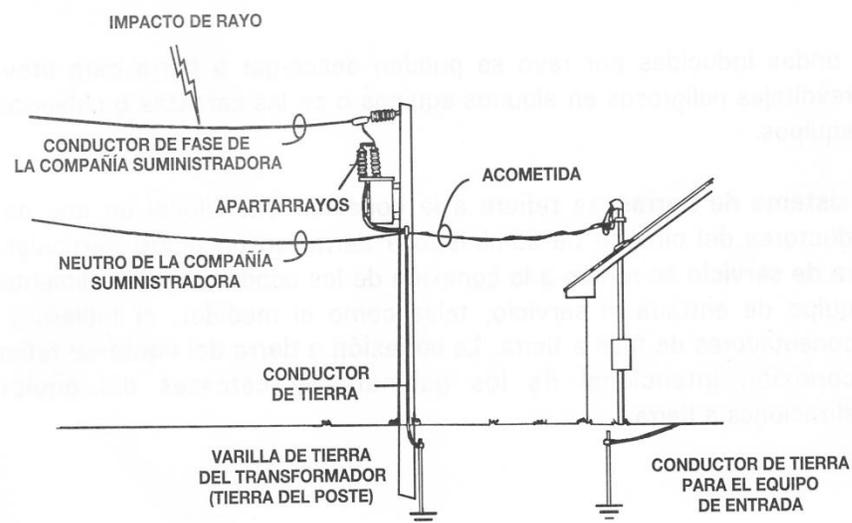
razones de seguridad; de esta manera se protege a los equipos y al personal en caso de un corto circuito. Un sistema de tierras, se refiere a la conexión intencional de uno de los conductores del circuito de suministro a tierra, en un punto particular. Es de suma importancia la inspección rutinaria de los equipos de potencia y los pararrayos de manera que se pueda constatar que están debidamente aterrizados. ¿Que sería un pararrayos si no estuviese debidamente aterrizado? ¿Hacia donde se transmitiría la descarga eléctrica?, efectivamente este tipo de fallas electro atmosféricas serian transferidas al resto de la red, de ahí de la importancia de su adecuado aterrizaje.

Es importante notar que una falla fuerte puede llegar a crear un fuerte desbalance en las cargas, y un desbalance fuera de los rangos permitidos ocasionará la respectiva multa por parte de la comisión nacional de energía eléctrica (CNEE). De tal modo, es importante recalcar que hay que realizar una programación que identifique los puntos mínimos de aterrizaje y la implementación de pararrayos y cuchillas para que estos ayuden a mantener estable la señal. Y que estos ahorros en multas puedan ser utilizados en mejoras a la red de transmisión en media tensión.

Como se mencionó con anterioridad, la conexión a tierra se hace principalmente por razones de seguridad, en la figura 12 se ilustra la necesidad de una conexión a tierra para prevenir sobre voltajes que puedan ocurrir en el sistema eléctrico de potencia. Conviene observar que el pararrayos está localizado en la parte superior del transformador. Un lado del pararrayos se conecta al conductor de la compañía de suministros y el otro se conecta a tierra.

Si el voltaje a través del pararrayos excede al valor del voltaje nominal o de operación del pararrayos, entonces este debe operar resultado e una trayectoria de paso de baja impedancia a tierra. En el lado de baja del transformador este se conecta a tierra por medio de cable de cobre y una varilla de tierra física.

Figura 12. **Conexión típica a tierra física, típica de baja tensión y acometida**



Fuente: E.E.M.G.

Para garantizar que las conexiones de una malla de tierra física estén bien acondicionadas, y que sus uniones no disminuyan su área de contacto por medio de corrosión o sismos, estas se soldán por medio de una soldadura especial. Generalmente soldadura cadwell.

Figura 13. **Procedimiento para soldar cables de cobre utilizados en redes de tierras físicas**



Fuente: E.E.M.G

La barrilla de tierra física debe ser de preferencia un punto que requiera las condiciones de humedad y conductividad deseadas, sin embargo muchas veces por razones constructivas y de ubicación la varilla se debe colocar prácticamente en cualquier tipo de suelo, para este caso se puede abrir un pequeño agujero con un pujaguante, ya elaborado el agujero este se llena con tierra del punto, y carbón o sal dolomítica. Con esto lo que se logra es de brindar un poco de mayor conductividad entre la varilla y el suelo.

2.7. Coordinación de protecciones en líneas de distribución de la E.E.M.G.

Actualmente no existe un estudio actualizado de la red con relación a la coordinación de protecciones existente. Razón por la cual, muchas veces se dispara un dispositivo de seguridad primario antes que un secundario.

2.7.1. Definición para líneas de distribución

Las líneas de distribución principal, tiene un voltaje normal de operación es de 13,8 kV. Esta red cuenta con un ramal principal, este ramal también conocido como línea troncal, son las líneas que salen desde la subestación el Rancho, ubicada en el kilómetro 75, estas líneas están protegidas directamente por un fusible tipo expulsión en cada fase, las cuales están justo antes de un interruptor principal, o “recloser”. De este ramal principal las líneas pasan distintos ramales secundarios, los cuales también son conocidos como ramales en derivación; estos ramales cuentan con un fusible tipo expulsión por cada fase, muchas veces el ramal es trifásico y muchas veces este ramal es monofásico, lo cual dependerá de las características de la carga. De estos ramales secundarios, se acoplan directamente transformadores monofásicos o trifásicos dependiendo de la red disponible y de las características de la carga; una vez transformado el voltaje este llega a las líneas secundarias, las cuales dependerán del tipo de servicio instalado.

Figura 14. **Línea de transmisión típica utilizada por la E.E.M.G.**



Fuente: E.E.M.G.

2.8. Interrupciones del servicio eléctrico más comunes existentes en la E.E.M.G.

En el área de cobertura de la red de distribución administrada por la E.E.M.G.; Las líneas de transmisión en media tensión y las de distribución en baja tensión se extienden hasta varios kilómetros de distancia. Por lo general todas estas son líneas aéreas y están expuestas a la intemperie, la probabilidad de que su funcionamiento normal se interrumpa por causas como tormentas, caída de objetos externos, daño a los aisladores, vandalismo y vegetación, entre otros, es muy grande, razón por la cual se cuenta con numerosas fallas mecánicas, y en algunos casos fallas eléctricas.

Una falla es simplemente una condición anormal que ocasiona la reducción de la resistencia del aislamiento ya sea entre los conductores de las fases, entre los conductores de las fases y la tierra o entre cualquiera de las mallas a tierra que rodeen a los conductores aislados. La reducción del aislamiento no se considera una falla, hasta que la reducción de la impedancia entre los conductores o entre los conductores y la tierra provoca un exceso de corriente.

Las interrupciones del fluido eléctrico más comunes en la E.E.M.G., según el comportamiento del voltaje se pueden resumir de la siguiente forma:

- Interrupción con voltaje normal: esta puede ocurrir a causa del i) deterioro del aislamiento, y ii) el daño debido a hechos impredecibles como el que las aves se paren sobre las líneas, los corto circuitos ocasionados por serpientes, barriletes, ramas de árboles, etc.

- Interrupción con voltaje anormal: este caso puede ocurrir por a) variaciones de carga instantáneas y significativas como la activación de cuchillas en tiempos largos, b) descargas atmosféricas y c) eventos de baja frecuencia.
- Las interrupciones del fluido eléctrico más comunes en la E.E.M.G., por su origen podrían clasificarse como imprevistas, programadas y obligadas.

Imprevista:

Este tipo de fallas son de carácter impredecible, ya que muchas veces se debe a fenómenos atmosféricos, y muchas veces se debe a problemas generados por la mano del hombre. Como lo podría ser el viento, incendio de campos, la caída de una estructura, maniobras, descargas atmosféricas, etc. Estos fenómenos pueden originar diversos tipos de fallas como por ejemplo: falla simple de línea a tierra, falla de línea a línea, falla doble línea a tierra y falla trifásica.

- Falla simple de línea a tierra

Esta falla es de las más comunes en la E.E.M.G., esta falla es asimétrica en vista de que provoca que circulen corrientes desequilibradas en el resto de las líneas. Esto sucede en vista de que al existir una falla a tierra, el voltaje disminuya y la corriente se eleve demasiado. Esta falla es la más común, y se debe principalmente a fallas producto del contacto de ramas con alguna línea de transmisión, o por la falla de algún aislador.

- Falla de línea a línea

Esta falla es poco común, existe cuando una fase toca con la otra sin tocar tierra. Este tipo de fallas puede existir del hecho que algún aislador se caiga, y dos líneas se toquen, o porque algún objeto caiga sobre las líneas al mismo tiempo.

- Falla doble línea a tierra

Esta falla se presenta cuando dos conductores energizados de un sistema trifásico tocan tierra simultáneamente. No es muy común, al menos que exista algún accidente, y las líneas caigan al suelo. Esta falla también se puede considerar como dos fallas de línea a tierra simultáneas.

- Falla trifásica

Las fallas trifásicas simétricas tienen una probabilidad de ocurrencia muy baja, y cuando suceden generalmente es por descuido del personal de mantenimiento o por actos de mala fe. En maniobras de mantenimiento, los conductores de las tres fases se cortocircuitan con un juego de conductores aislados que tienen contacto efectivo con la tierra del sistema para protección del liniero, contra la energización inadvertida de la línea mientras se trabaja en red teniendo contacto con los conductores de fase. Una vez terminados los trabajos, hay ocasiones en las que el liniero olvida quitar las puestas a tierra y cuando se conecta el interruptor, ocurre una falla trifásica simétrica.

Figura 15. **Puestas a tierra para protección del personal**



Fuente: E.E.M.G.

- Programadas

Este tipo de interrupción generalmente se planifica para mantenimientos y mejoras a las instalaciones de la red de distribución eléctrica. Estas interrupciones se realizan de forma parcial en ciertos tramos de la línea de transmisión, y pocas veces la interrupción es a nivel general. En el caso de la E.E.M.G., se advierte a los usuarios, por medio de programas de radio o anuncios de prensa, detallando el día y hora en que se suspenderá el suministro de energía eléctrica. Muchas veces la interrupción se debe a mantenimiento en la subestación o en las líneas de transmisión principal es por parte del Inde.

- Obligada

Las interrupciones del fluido eléctrico obligadas, son aquellas donde es necesario afectar a cierto número de usuarios para hacer reparaciones de emergencia en la red de distribución o transporte.

2.9. Normativa para diseño de torres por parte de la Empresa Eléctrica Municipal de Guastatoya, E.E.M.G.

Actualmente se cuenta con torres trifásicas de media tensión para 13,2 kV de distintos diseños. Se cuenta con torres que utilizan postes de madera, postes de cemento, un solo poste o dos postes por torre.

2.9.1. Torres de transmisión utilizadas actualmente por la E.E.M.G.

Debido a las distintas administraciones y a los distintos encargados que han trabajado en la E.E.M.G.; Los diseños de la línea de media tensión ha variado dependiendo del área y del año en el cual fueron elaboradas. Razón por la cual podremos encontrar que todavía se cuenta con torres de transmisión en media tensión a base de rieles ferroviarios, (figura 16). Se pueden contar con torres de dos postes con 2 cruceros, estas pueden ser de rieles o de postes de madera, los postes de madera utilizados son de 35 y 40 pies, (figura 17). Estos postes de madera han contado con el inconveniente de que cuando han existido algunas corrientes de fuga a través de los aisladores, estos han sufrido quemaduras parciales y en algunos casos aislados han llegado a consumirse por completo. Adicionalmente se puede observar que otro de los problemas al momento de utilizar postes de madera es que existe un tipo de pájaros los cuales realizan agujeros y debilitan el poste.

Figura 16. **Torres fabricadas con rieles, propiedad de la E.E.M.G**



Fuente: E.E.M.G.

Figura 17. Torre trifásica de media tensión, 13.8 kV. Utilizando postes de madera y doble crucero, como puede comprobarse, el extremo posterior de uno de los postes está quemado



Fuente: E.E.M.G.

Entre las torres de transmisión en media tensión trifásica de 13,8 kV, también se cuenta con postes de transmisión trifásica consistentes en 1 solo poste, los postes pueden ser de madera con 35 y 40 pies, (figura 18) y postes de concreto reforzado de 40 pies, (figura 19). Los cruceros son utilizados en algunos casos con corazón centrado y en otros casos colocados de manera lateral, dependiendo de las condiciones de la instalación para lo cual se utilizan braces de acero, a manera de poder equilibrar las fuerzas.

Figura 18. **Poste de transmisión de energía trifásica en 13,8 kV, con
braces laterales, y doble crucero. (Poste elaborado con cemento)**



Fuente: E.E.M.G.

Figura 19. **Poste de transmisión trifásica en 13,8 kV, poste de madera.**
Poste de izquierda

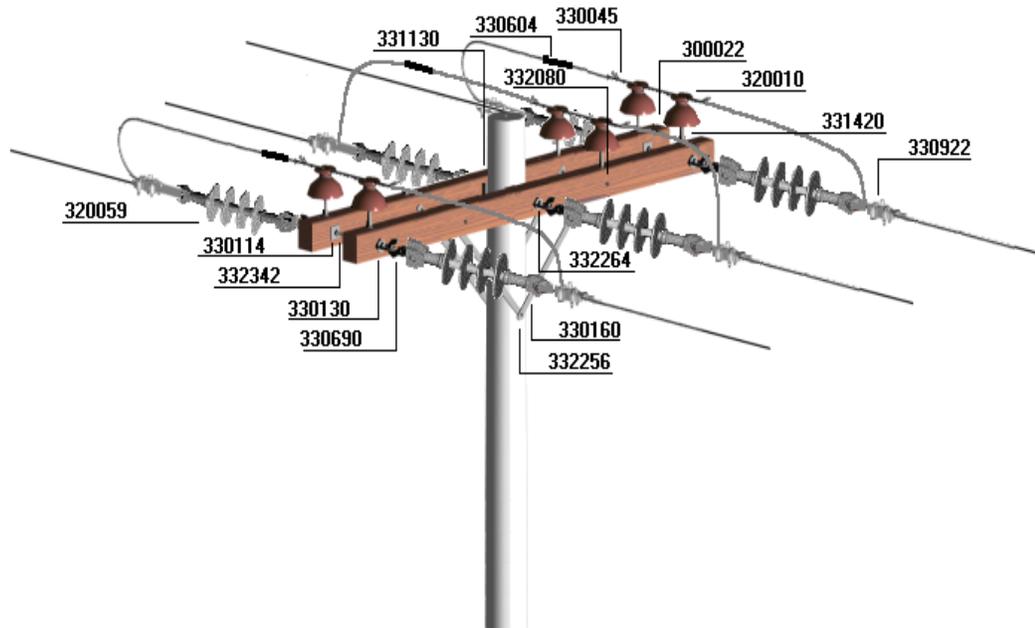


Fuente: E.E.M.G.

2.10. Normas y detalles de torres de transmisión trifásica en 13,8 kV, como referencia para la E.E.M.G.

A continuación se describe en detalle un listado de accesorios específicos, los cuales son necesarios para poder realizar un tramo en media tensión (13,8 kV), el diseño de la torre dependerá de la ubicación de la misma, vegetación existente, tipo de terreno en el cual se piensa colocar la torre, así como tipo de terreno y habitantes cercanos para evitar inconvenientes, (figura 20). A continuación se detalla un poste con los elementos básicos necesarios para transmitir energía trifásica de media tensión, según las normas utilizadas y exigidas por la Empresa Eléctrica Guatemalteca, S. A. (EEGSA).

Figura 20. Torre de transmisión normada en 13,8 kV



Fuente: normas de la EEGSA para constructores.

Tabla VIII. **Accesorios para torre de transmisión trifásica normada en 13,8 kV**

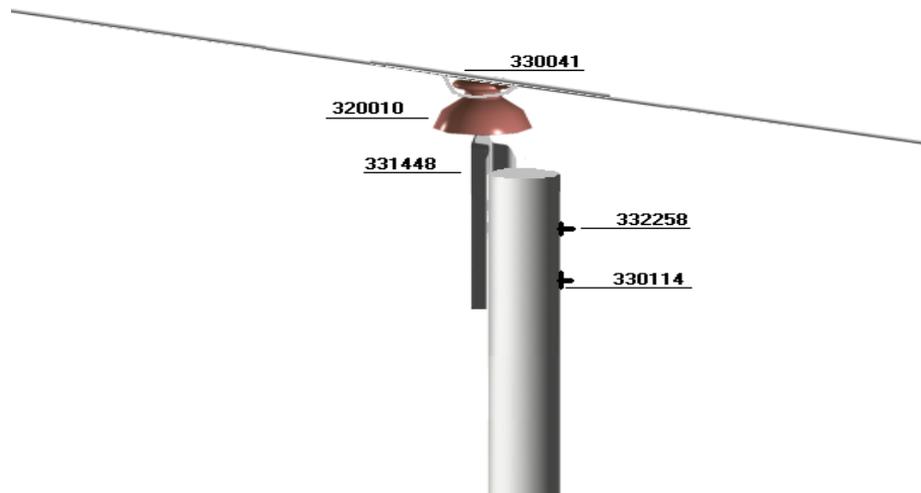
CODIGO	MATERIAL	CANTIDAD
300022	CRUCERO DE MADERA DE 2438.4 mm (96")	2
320010	AISLADOR TIPO PIN PARA 15 KV	6
320059	AISLADOR SINTETICO AUS II PARA 15 KV.	6
330045	AMARRADOR PREFORMADO EN ANGULO PARA 53.5 mm ² (1/0) (juego)	3
330114	ARANDELA CUADRADA GALVANIZADA DE 17.46 mm (11/16")	4
330130	ARGOLLA SIN ROCA DE 15.88 mm (5/8")	6
330160	BRACE GALVANIZADA DE 711.2 mm (28")	4
330604	EMPALME A COMPRESION AL 50 % PARA No. 53.5 mm (1/0)	3
330690	GANCHO DE PASADOR	6
330922	GRAPA DE REMATE PARA No. 53.5 mm ² (1/0)	6
331130	PLANCHA PARA POSTE DE CONCRETO	2
331420	SOPORTE RECTO PARA CRUCERO DE MADERA	6
332080	TORNILLO DE CARRUAJE DE 9.53 x 127.0 mm (3/8" x 5")	4
332256	TORNILLO DE MAQUINA DE 15.88 x 254.0 mm (5/8" x 10")	1
332264	TORNILLO DE MAQUINA DE 15.88 x 457.2 mm (5/8" x 18")	1
332342	TORNILLO DE ROSCA CORRIDA DE 15.88 x 457.2 mm (5/8" x 18")	2

Fuente: normas de la EEGSA para constructores.

2.10.1. Normas y detalles para tramos de transmisión monofásica en 13,8 kV, como referencia para la E.E.M.G.

La EEMG cuenta con un circuito principal de línea trifásica en 13,8 kV el cual recorre el centro de carga principal del municipio. De este circuito principal se ramifican las distintas fases monofásicas en media tensión distribuyendo la energía monofásica en 120/240 al resto de la población.

Figura 21. **Norma y detalles para trams de transmisión monofásica en media tensión, 13,8 kV**



Fuente: normas de la EEGSA para constructores

A continuación se describe en detalle un listado de accesorios, los cuales son necesarios para poder realizar un tramo monofásico en media tensión (13,8 kV).

Tabla IX. **Accesorios para torre de transmisión monofásica normada en 13,8 kV**

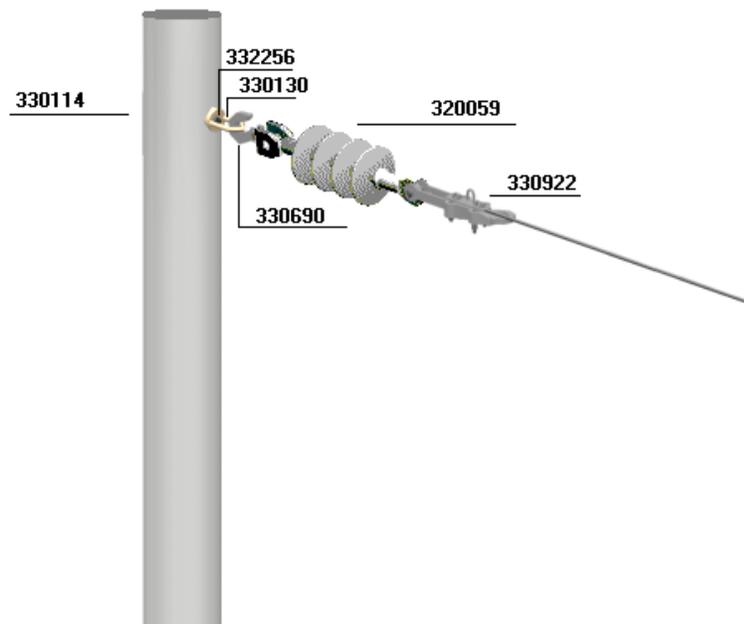
CODIGO	MATERIAL	CANTIDAD
320010	AISLADOR TIPO PIN PARA 15 KV.	1
330041	AMARRADOR PREFORMADO EN TANGENTE PARA No. 53.5 mm ² (1/0) AL.	1
330114	ARANDELA CUADRADA DE 17.46 mm (N 11/16") GALVANIZADAS	2
331448	SOPORTE DE EXTENSION PRIMARIA DE 609.6 mm (24 ")	1
332258	TORNILLO DE MAQUINA DE 15.88 x 304.8 mm (5/8" x 12")	2

Fuente: normas de la EEGSA para constructores.

2.10.2. Normas y detalles de tramos de transmisión monofásica en punto muerto para 13,8 kV, referencia para la E.E.M.G.

A continuación se detallan los accesorios necesarios para realizar una instalación trifásica en media tensión cuando termina la continuidad del cable de energía, esta presenta unos pequeños cambios los cuales se detallan a continuación.

Figura 22. Norma para tramo de transmisión monofásica en punto muerto



Fuente: normas de la EEGSA para constructores.

Tabla X. **Accesorios para tramo de transmisión monofásica, punto muerto 13,8 kV**

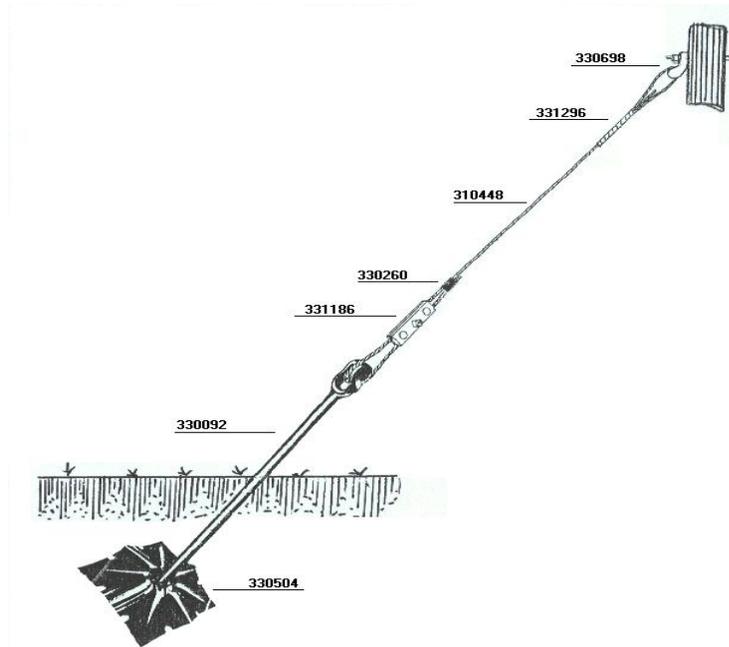
CODIGO	MATERIAL	CANT.
320059	AISLADOR SINTETICO AUS II PARA 15 KV.	1
330114	ARANDELA CUADRADA DE 17.46 mm (11/16")	1
330130	ARGOLLA SIN ROSCA DE 18.88 mm (5/8")	1
330690	GANCHO DE PASADOR	1
330922	GRAPA DE REMATE PARA 53.5 mm ² (1/0) ACSR.	1
332256	TORNILLO DE MÁQUINA DE 15.88 x 254.0 mm (5/8" x 10")	1

Fuente: normas de la EEGSA para constructores.

2.10.3. Normas y detalles para retenidas en postes de transmisión para 13,8 kV, ángulo de 45°, suficiente espacio

Las retenidas son de uso muy común por parte de la E.E.M.G. Estas retenidas se utilizan para estabilizar las fuerzas en los postes. Muchas veces el poste está en una esquina y las fuerzas están mal distribuidas, para esto se utilizan retenidas las cuales se entierran y jalan el poste de manera que se estabilicen los esfuerzos. Para colocar las retenidas se acostumbra realizar un agujero de aproximadamente 70 centímetros, se coloca la retenida y se alterna tierra y rocas para que ajuste y no permita que se salga. De igual manera la retenida está diseñada para que cuando se tire de ella, esta se expanda y se agarra mas a la tierra; el cable utilizado para la retenida es acerado, este se tensa y se utilizan preformados especiales para que este no permita su deslizamiento.

Figura 23. **Retenida para lugares en los cuales el espacio no es limitado**



Fuente: normas de la EEGSA para constructores.

Tabla XI. **Accesorios para retenidas en lugares en los cuales el espacio no es limitado**

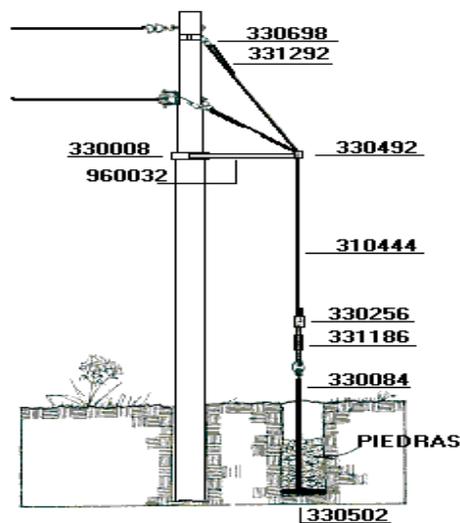
CODIGO	MATERIAL	CANTIDAD
310448	CABLE PARA TIRANTE 11.11 mm ² (7/16") PARA EL ANCLA	18
330092	ANCLA DE UN OJO DE 19.05 X 2438.4 mm (3/4" X 8')	1
330260	CONECTOR WR 289	1
330504	DISCO DE EXPANSION DE HIERRO DE 25.4 X 203.2 mm (1" X 8") No. 1082	1
330698	GANCHO PARA TIRANTE	1
331186	PRENSAS TRIPLES DE 7.94 A 11.11 mm (5/16" Y 7/16")	1
331296	REMATE PREFORMADO PARA TIRANTE 11.11 mm ² (7/16 ")	1

Fuente: normas de la EEGSA para constructores.

2.10.4. Normas y detalles para retenidas en postes de transmisión para 13,8 kV, ángulo reducido, sin suficiente espacio

Todo poste colocado en esquinas, en ángulos, o en extremos del tendido electric, deben tener retenidas con el fin de evitar que los mismos se inclinen o caigan, evitando de esta manera fallas eléctricas.

Figura 24. **Retenida en lugares donde el espacio es limitado**



Fuente: normas de la EEGSA para constructores.

Tabla XII. **Accesorios para retenidas en lugares en los cuales el espacio es limitado**

CODIGO	MATERIAL	CANTIDAD
310444	CABLE PARA TIRANTE 7.94 mm ² (5/16") PARA EL ANCLA	29
330008	ABRAZADERA DOBLE DE 177.8 A 228.6 mm (7" A 9")	2
330084	ANCLA DE DOS OJOS DE 15.88 X 1828.8 mm (5/8" X 6')	1
330256	CONECTOR WR 189	1
330492	DEDAL GALVANIZADO SDE 7.94 mm (5/16 ")	1
330502	DISCO DE EXPANSION DE HIERRO DE 15.88 X 203.2 mm (5/8" X 8")	1
330698	GANCHO DE PARA TIRANTE	2
331186	PRENSAS TRIPLES DE 7.94 A 11.11 mm (5/16" Y 7/16")	2
331292	REMATE PREFORMADO PARA TIRANTE 7.94 mm ² (5/16 ")	3
960032	HIERRO ANGULAR NEGRO DE 38.1 X 38.1 X 6.35 mm (1 1/2" X 1 1/2" X 1/4")	10

Fuente: normas de la EEGSA para constructores.

3. FASE DEL SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

3.1. Objetivo de la realización del EPS en la E.E.M.G.

La primera finalidad era la realización de un informe final que se convirtiera en una fuente de consulta útil, esta información debía contener información técnica de la Empresa Eléctrica Municipal de Guastatoya, (E.E.M.G.). Este documento servirá de consulta para el Departamento Técnico y para el personal administrativo. La segunda finalidad es, brindar apoyo teórico y técnico al personal de la E.E.M.G.; apoyo para beneficio de la población, y como tercera finalidad obtener experiencia a nivel técnico.

3.2. Estado de la E.E.M.G. al momento de iniciar el EPS

El inicio del EPS en la Empresa Eléctrica Municipal de Guastatoya, coincidió con el ingreso al país de la temporada lluviosa. Razón por el cual la cantidad de fallas mostro un aumento considerable.

Existen una variedad muy amplia de fallas eléctricas; algunas producto de descargas electro atmosférica, otras por fallas humanas, otras por falta de mantenimiento, pero es importante destacar que muchas de estas fallas pueden prevenirse. Una de las fallas más comunes es la falla imprevista de línea a tierra, este tipo de fallas se da por disminución del espacio dieléctrico en elementos pasivos a tierra. Este tipo de falla provoca que el voltaje de media tensión en 13,8 kV encuentre una falla a tierra a través de las sales minerales y suciedad depositadas en los elementos aislantes.

Una vez establecido el paso de corriente este provoca que los dispositivos de seguridad se disparen, sucedido el evento se procede a localizar y a resolverla falla. En algunos de los casos el mal diseño y la deficiente coordinación de protecciones provocan que la descarga se mantenga un tiempo mucho mayor del necesario para proteger los equipos. Si la falla continúa y el poste es de madera, este poste tiende a agarrar fuego, en algunos de los casos, los postes se consumen y las líneas de transmisión, quedan colgando. En algunos de los casos las fallas pudieron ser descargadas a tierra a través de un cable y de una varilla de cobre, sin embargo son muy pocos las torres que aún conservan su correcta instalación de tierra física.

Otra de las razones por las cuales ha existido fallas de una fase a tierra es por falta de mantenimiento preventivo, por descuido al no mantener limpia la brecha bajo las líneas de transmisión, razón por la cual muchas veces, y en especial en las épocas de lluvia, la vegetación tiende a crecer y a tocar alguna de las fases. Existen rompimientos del aislamiento por medio de sobrecargas de índole atmosféricas, dichas descargas muchas veces deteriora los aisladores y estos llegan a perforarse, una vez perforados permiten el paso de corriente. Adicionalmente existen fallas debidas al contacto de algunos animales, los cuales se suben en los postes y hacen puente, lo que provoca en algunos casos, fallas a tierra.

3.3. Normas de mantenimiento preventivo en equipos y accesorios recomendadas para trabajos en media tensión, 13,8 kV

Realizar un monitoreo constante de la red de media tensión, con especial énfasis en la temporada inicial del invierno y durante el invierno.

Recorrido visual de la línea de media tensión con especial énfasis en lo siguiente:

- Crecimiento de maleza y ramas, la maleza no debe estar a menos de 2 metros de distancia con la línea de media tensión, 13,8 kV.
- Daño en postes elaborado por aves, las cuales realizan hoyos en los mismos, debilitándolos.
- Postes vencidos o inclinados, con ausencia de tensores o con tensores en mal estado o mal ubicados.
- Que hayan agarrado fuego con anterioridad, observar si todavía están en buen estado y realizar el cambio de los mismos poco a poco con forme se vaya planificando, dependiendo de la existencia de los mismos y aprovechando los tiempos muertos en las actividades del personal, (generalmente en el verano).
- Distancia adecuada entre conductores desnudos, entre conductores desnudos y accesorios y entre conductores desnudos con objetos externos los cuales pueden estar cercanos (techos de lámina, terrazas, o postes pertenecientes a otros proveedores).
- Aisladores en mal estado (quemados o con agrietamientos).
- Transformadores en mal estado, (que estén goteando, que tengan la luz de sobre carga encendida). Para poder reemplazar por alguno más grande o compartir la carga con otro transformador.

- Ubicar los puntos donde se ubican las cuchillas y el fusible que tiene en las cuchillas, esta información se adquiere con el pasar del tiempo y según reportes de los electricistas quienes en su momento deben informar de la ubicación donde se realizó el cambio y del amperaje de dichos fusibles.
- Medición de amperaje en las dos líneas principales que salen de la subestación, para identificar sobrecargas con anticipación.

El programa de mantenimiento preventivo se realiza para anticipar cualquier contingencia, la cual pueda ser prevista. La mayor cantidad de fallas se deben a imprevistos que pudieron ser prevenidos. El proceso de mantenimiento debe ser de manera continua. El supervisor y dos ayudantes serían suficientes. Se necesita una cámara digital, y una tabla donde puedan anotar detalles, e información geográfica. Una vez se tenga la información detallada se procederá a realizar una orden de trabajo la cual debiera ser enviada al personal de mantenimiento.

3.4. Protocolo de seguridad para maniobras y solución de fallas en líneas de media tensión en 13,8 kV

Mantenimiento o trabajos en líneas de media tensión 13,8 kV.

Actividades comunes a realizar en mantenimiento y maniobra con líneas de 13,8 kV:

- Cambio de postes
- Cambio de cruceros o accesorios (aisladores, pararrayos, etc.)
- Limpieza de aisladores y accesorios.

- Reparaciones en la línea, entre otros.

3.4.1. Procedimiento de seguridad

- Ubicar la falla; identificar el fusible o la cuchilla accionada. Una vez identificada la falla, proceder a colocar una señal de advertencia (esta puede ser por medio de un marchamo rojo o alguna etiqueta plástica especial que se pueda ver a distancia). Esta identificación únicamente puede ser quitada por el personal que la colocó. Esta advertencia debe ser colocado únicamente en un sitio específico, de tal manera que cada vez que se proceda a realizar una re conexión se proceda a observar con anterioridad el mismo punto, una vez identificado y revisado que no tenga marchamo de advertencia, proceder a realizar la re conexión.
- Una vez colocado el marchamo y sabiendo que se procederá a quitar la energía en algún sector, se tiene que informar a la oficina de mantenimiento para que ellos tengan una bitácora en tiempo real pudiendo determinar en cualquier momento el estado cada trabajo realizado en el día, así como su ubicación. En dicha bitácora el electricista encargado de dicha reparación debe indicar el tipo de falla y el tiempo estimado en su reparación.
- Es indispensable contar con un plan corporativo de servicio de teléfonos, este plan debe permitir tiempo ilimitado para los miembros de dicho plan.
- Una vez terminados los trabajos de mantenimiento o de solución de fallas, el empleado de mantenimiento debe remover la señal de advertencia. Estas advertencias deben estar numeradas y asignadas a

cada encargado de grupo para monitorear las buenas prácticas de mantenimiento.

- Una vez realizados los trabajos el electricista encargado debe comunicarse a la oficina para informar que el trabajo fue concluido para dar por concluida la reparación o el mantenimiento en las líneas.

3.4.2. Normas de seguridad para trabajar en líneas aéreas energizadas

La seguridad de preservar la vida estará por encima de cualquier otra consideración.

- Ningún trabajo será considerado tan importante y urgente, que pueda obligar a omitir procedimientos y pasos necesarios para la seguridad del trabajador.
- Los equipos de seguridad y de protección personal como es el casco, lentes o gafas, guantes y manguillas protectoras, mantas aislantes, etc., serán siempre usados en todo trabajo.
- Siempre se deberá tener presente que los guantes protectores son la primera línea de defensa y estos serán siempre usados y cuidados por cada trabajador.
- No trabajar con líneas de media tensión solo, (siempre debe existir por lo menos 1 ayudante).
- Todo trabajador de líneas (liniero) debe ser responsable por su propia seguridad y la de sus compañeros en el campo de labor.
- Todo empleado tendrá la obligación de intervenir y prevenir cualquier acción que se muestre insegura, sin importar su nivel de cargo dentro de la empresa.

- Todo trabajador se posicionará adecuadamente por debajo de las líneas energizadas para trabajarles y siempre trabajará una fase a la vez.
- Todo trabajo deberá ser planificado, discutido y explicado en detalle antes de su ejecución para la seguridad de todo el equipo participante.
- Siempre se deberá proteger, inspeccionar y mantener periódicamente todos los equipos para trabajar líneas energizadas, y se desechará todo equipo deteriorado.
- Utilizar cincho de seguridad cada vez que trabaje en postes o puntos elevados.

3.4.3. Reglas de oro para maniobras en media tensión 13,8 kV

- Abrir todas las fuentes de tensión.
- Bloquear los aparatos de corte (señalizar).
- Verificar la ausencia de tensión (utilizar tester).
- Poner a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes de tensión.
- Delimitar y señalar la zona de trabajo.

3.5. Mapeo de red trifásica en media tensión, 13,8 kV

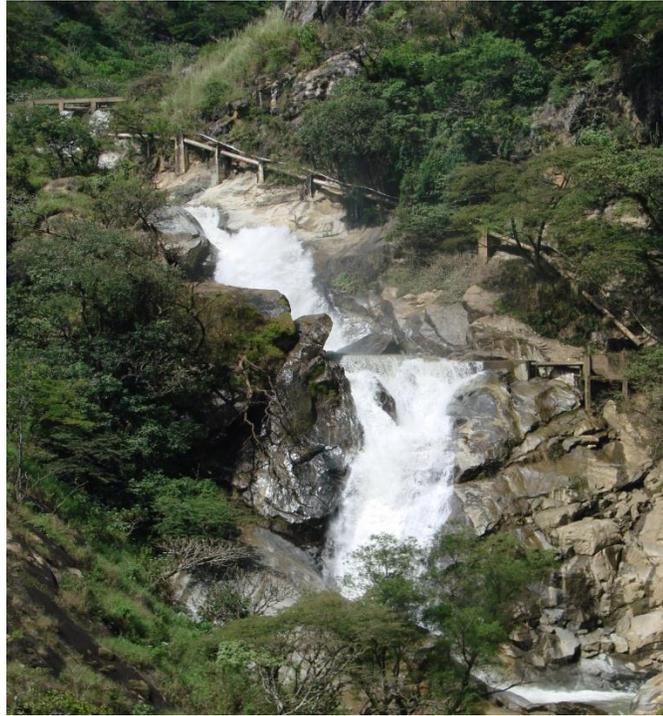
Como se explicó con anterioridad, la red trifásica de media tensión es la red principal que distribuye la energía en media tensión desde la subestación (figura 21), hasta los principales puntos de carga. Esta se distribuye en dos ramales principales, uno en dirección al casco urbano y el otro en dirección a Tulumajillo, San Agustín Acasaguastlan, área de aserraderos y termina en la planta hidroeléctrica de Comaja (figura 22), propiedad de la Empresa Eléctrica Municipal de Guastatoya.

Figura 25. **Subestación el Rancho, administrada por la E.E.M.G.**



Fuente: E.E.M.G.

Figura 26. **Tubería de 24” que transporta agua de represa al cuarto de máquinas**



Fuente: E.E.M.G.

Figura 27. **Represa de planta eléctrica, Comaja**



Fuente: E.E.M.G.

Se procedió a recorrer la línea de transmisión en media tensión 13,8 kV, en todo su recorrido; para este recorrido se procedió a ubicar geoespacialmente, torre por torre. A cada torre se procedió a ubicar su punto GPS, y una fotografía. Estos datos estarán a disposición del personal de mantenimiento para poder ubicar y planificar posibles cambios en la red. (Ver apéndice con listado de postes e identificación de los mismos).

4. FASE DE INVESTIGACIÓN PLAN DE CONTINGENCIA

Es importante tener una noción clara del ambiente en el cual está ubicada la red trifásica de distribución. Teniendo en cuenta un plan de contingencia ante sismos, erosiones de suelo, inundaciones, incendios y accidentes provocados por actividades humanas.

4.1. Marco tectónico y sismicidad

Guatemala es un país con mucha actividad tectónica y volcánica debido a su posición geográfica, ya que desde el punto de vista tectónico, en el territorio nacional convergen tres placas tectónicas. El punto de convergencia más cercana al municipio y al área de cobertura de la E.E.M.G., es la placa del Caribe; esta ocupa la parte central del país, de esta placa surge toda la cadena volcánica de una gran parte del país, y sobre esta placa corre la totalidad del trazo de la línea. La zona de falla del Motagua es parte del límite de esta placa con la de Norte América.

Sin lugar a dudas, la forma estructural más relevante del área la constituye la zona de discontinuidad de la falla del Motagua. La zona de callamiento de Motagua es un sistema de fallas de desplazamiento lateral izquierdo, la cual forma parte del sistema de fallas entre las placas de Norte América y Caribe, conformando el límite norte de la Placa Caribe. La Placa de Norte América se desplaza a lo largo de este sistema a una velocidad promedio de 2,2 centímetros, por año, hacia el oeste.

Durante el sismo del 4 de febrero de 1976, se verificó una ruptura de más de 250 kilómetros a lo largo de la Falla Motagua, con un desplazamiento horizontal de hasta 3,4 metros. El desplazamiento vertical fue en promedio un 30 % del desplazamiento horizontal.

Esta peligrosidad involucra el fenómeno natural y sus efectos secundarios tales como la ruptura o activación de fallas locales, amplificaciones anómalas, agrietamiento del terreno, hundimientos, licuefacción de suelos, etc. Motivo por el cual se enfatiza en que todo equipo instalado por parte de la E.E.M.G., deba ser instalado adecuadamente, así como coordinar supervisiones periódicas para establecer el buen estado de los mismos. Muchas veces el terreno aparenta ser bastante firme, y por la misma razón muchas veces los técnicos piensan que no es necesario realizar el hoyo del mismo tamaño; sin embargo, en caso sucediera algún problema de esta índole, podría crear una falla donde no debiera de haber existido.

Por eso es importante que los técnicos tengan siempre en mente, la permanencia constante a las normas técnicas, en vista que estas normas no son únicamente creadas para régimen estable sino que están previstas para evitar fallas aun en casos extremos como lo podría ser tormentas, huracanes o terremotos.

4.2. Amenaza volcánica

A pesar de que Guatemala cuenta con 34 volcanes y que de estos, varios se mantienen en actividad constantes, en la zona donde se desarrollará la E.E.M.G., no existe amenaza volcánica.

4.3. Riesgo de erosión

Para la zona de cobertura, el 80 % de los suelos tienen una alta susceptibilidad a ser erosionados y el 20 % restante tiene una susceptibilidad muy alta.

Es muy importante mencionar que la zona que tiene una susceptibilidad muy alta a la erosión coincide también con una zona geológicamente inestable debido al alto grado de actividad tectónica y que corresponde a depósitos de rocas carbonatadas cata clástica, debido a una alta actividad de formativa relacionada a la zona de fallas del Motagua.

Otro factor importante es la tala inmoderada de árboles, y el poco drenaje de los suelos, esto hace que en muchos casos se produzcan arroyos esporádicos, los cuales tienden a lavar la tierra. Este tipo de accidentes son difíciles de prever, por lo cual se recomienda realizar supervisiones oculares en vista de prever posibles.

4.4. Riesgos de inundación

Las inundaciones afectan únicamente aquellas áreas muy cercanas al río Guastatoya, y al río Motagua en la parte litoral del río en áreas de la aldea palo amontonado. Generalmente afecta directamente a las bombas de riego y de agua potable colocadas en las riberas del río Motagua y del río Guastatoya. Para lo cual, deben realizarse visitas periódicas en periodos de invierno para estudiar los causes de los ríos y quebradas que estén cercanas a los postes y equipos de la E.E.M.G., tratando de ubicar los puntos con problema, y tratando de alejar estos elementos de las áreas de inundación; siempre y cuando sea posible.

4.5. Riesgos de incendios

En la zona del proyecto se han generado y se generan incendios forestales en forma anual, debido a las prácticas de cultivo que incluyen las rozas (quemadas) que sirven para la preparación de los terrenos de cultivo. Estos incendios tienen una mayor prominencia en los meses secos del año, aumentando en la época de verano.

Prácticamente la E.E.M.G cuenta con una gran cantidad de postes de madera ubicados en su mayoría en áreas cubiertas por pasto y plantas que fácilmente prenden fuego. Por lo tanto la manera más eficaz prevenir un siniestro es por medio de mantener limpio el área cercana a los postes y establecer un procedimiento para mantener limpio y fumigado con mata hierbas y mata semilla a un área mínima de 2 metros alrededor de cada torre. Esto debe hacerse en cada torre del circuito es trifásico.

Es importante concientizar a las comunidades cercanas para que notifiquen lo antes posible cualquier problema en vías de solucionarlo lo antes posible; muchas veces las fallas dan indicios de la misma, pequeños destellos o chispazos los cuales son antesala a un problema más grande. Es importante que tengan a la mano los teléfonos de la E.E.M.G.

4.6. Riesgos derivados de los accidentes causados por actividades humanas

Estos riesgos muchas veces se escapan de nuestras manos por eso es importante basar toda instalación y construcción de torres en áreas donde el peligro pueda ser fácilmente predecible, casos como ubicar las torres alejadas de viviendas, no muy cerca de los caminos de mucho tráfico, evitar colocar

torres y postes en remates de curvas, áreas cercanas a quebradas, ríos, terrenos tendientes a la erosión etc. No olvidando mantener las alturas reglamentarias y su rutinaria supervisión.

Es importante prever la posible discontinuidad por motivo de accidentes viales, colocando postes de protección en las cercanías de torres de energía principal. Estos postes están construyen para evitar que el poste de energía absorba directamente el impacto, y de esta manera garantizar la continuidad del servicio de energía eléctrica por parte de la E.E.M.G.

Figura 28. **Poste quemado, por efectos de incendio en el suelo**



Fuente: E.E.M.G.

Figura 29. **Poste eléctrico sin protección, tumbado por un conductor ebrio**



Fuente: E.E.M.G.

4.7. Impactos ambientales

Es durante la fase de construcción de los proyectos nuevos se presenta la mayoría de impactos sobre el entorno. La magnitud del impacto depende directamente del valor ecológico del área que será utilizada. En general los impactos más extendidos se verifican sobre el suelo, debido a la construcción de caminos de acceso, modificaciones a las redes hidrológicas, daños y pérdida de la vegetación, pérdida del hábitat e invasión de especies exóticas; fragmentación y alteración de hábitats; aumento en la accesibilidad de áreas silvestres y protegidas, cambio en el uso de la tierra; riesgos para la aviación; inducción de campos eléctricos y magnéticos; deterioro de recursos culturales y estéticos (paisaje).

4.8. Impactos potenciales sobre el medio socioeconómico

No menos importante que los anteriores medios analizados es el medio socioeconómico. En este ámbito, los efectos positivos más evidentes son de carácter económico local, sin embargo, son los beneficios globales a largo plazo los que hacen que proyectos nuevos para expansión de líneas de electricidad sean de gran importancia para el departamento.

4.9. Impactos negativos

De acuerdo al análisis realizado, el único impacto negativo se presentara sobre los elementos del paisaje donde se realiza la obra. Esto por las dimensiones de las torres que involucra y los cables que transportan la energía eléctrica.

5. FASE DE ENSEÑANZA – APRENDIZAJE

5.1. Objetivo del método de capacitación

El objetivo primordial del método de capacitación, es el de dar una formación básica de electricidad, concepto de voltaje, corriente, aislamiento a tierra, tierras físicas, aisladores, pararrayos, cuchillas, conexiones básicas de transformadores monofásicos y conexiones estrella delta abierto para 2 fases.

Cabe mencionar que aproximadamente el 60% de los electricistas que trabajan en la E.E.M.G. no cuentan con cursos básicos en electricidad recibidos de manera formal, este grupo de electricistas han aprendido todo lo que saben en base a la experiencia y tecnificación proveniente de los electricistas que llevan varios años trabajando en la empresa.

Si bien los trabajadores tienen una idea muy general de trabajo, este ha sido aprendido en la práctica y siempre es bueno el realizar un refuerzo rutinario para que puedan organizar y comprender de una mejor manera el por qué y el cómo funciona y se transmite la energía eléctrica.

5.2. Método magistral

Los métodos de capacitación son un conjunto de procedimientos orientados a lograr objetivos del proceso enseñanza-aprendizaje.

El método que se uso para la capacitación fue el de clases magistrales a por medio de pizarra y marcador.

Para esto se hizo uso de presentaciones en Microsoft Power Point, así como también de varias clases interactivas con el personal de la empresa. Estando una persona encargada de analizar las reacciones de los trabajadores y por medio de técnicas de focusgroup. Creando de esta manera una interacción entre los trabajadores y el estudiante de practica supervisada.

5.3. Período de capacitación

La duración de este curso fue de 5 días y cada clase impartida fue de aproximadamente una hora. La ubicación de las clases fue en las mismas instalaciones de la empresa.

CONCLUSIONES

1. Es de suma importancia el lograr que la red trifásica de media tensión se mantenga estable, que su desbalance de fases se mantenga lo más cercano a 0 amperios y que las fallas en la líneas sea resueltas de la manera más pronta posible. Evitando de esta manera multas por parte de la comisión nacional de energía eléctrica (CNEE). Ya que como es de esperarse estas multas redundan en altos costos para la Empresa Electrica Municipal de Guastatoya (E.E.M.G).
2. Es de suma importancia que el departamento de mantenimiento de la Empresa Eléctrica Municipal de Guastatoya, lleve un estricto control de todas las fallas, guardando una bitácora del tipo de fallas y su ubicación, recuento histórico de fallas que servirá para anticipar futuras fallas y mejorar los programas de mantenimiento preventivo.
3. Al proyectar una nueva extensión en la red de media tensión, el ingeniero deberá tener en cuenta todas las cargas, así como las ampliaciones a que pudieran darse a mediano y a corto plazo. Ante ese panorama es indispensable que el ingeniero tome en cuenta todas las normativas ya estandarizadas, a efecto de planificar con anticipación y a detalle los accesorios necesarios en cada proyecto.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un monitoreo constante de las tres fases en 13,8 kV, anotando y digitalizando la información una vez por semana, para poder crear un historial y a la vez detectar algún desbalance en las fases, procediendo a realizar los cambios necesarios para corregir el problema.
2. Establecer un programa de preparación al personal de la Empresa Eléctrica Municipal de Guastatoya, por lo menos 2 veces al año. Mejorando el capital humano para que de esta manera se puedan reducir errores, disminuyendo de esta manera daños a los equipos y riesgos por motivo de accidentes al personal de mantenimiento.
3. Seguir el protocolo de seguridad para maniobras en media tensión y accidentes, enfatizando continuamente al personal de campo acerca de las ventajas de utilizar adecuadamente los equipos de seguridad. Coordinar con el cuerpo de bomberos voluntarios para que se les imparta cursos de primeros auxilios una vez al año a todos los empleados; y seguir el protocolo de seguridad para maniobras en media tensión y accidentes, al momento de producirse un accidente.
4. Aplicar un mantenimiento preventivo de manera continua a las líneas de media tensión, y sus accesorios aplicando el protocolo de mantenimiento preventivo para media tensión.

BIBLIOGRAFÍA

1. Catálogo I-78, A.B. Chance Company, International division, 1977.
2. Congreso de la República de Guatemala. Ley General de Electricidad. 1996.
3. Comisión General de Energía Eléctrica. Normas Técnicas del Servicio de Distribución – NTSD -. 1999.
4. Congreso de la República de Guatemala. Ley de Impacto Ambiental. 1996.
5. ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto. *La calidad de la energía en los sistemas eléctricos*. México: Limusa, 2006. p. 90.
6. MARTÍN, José Raúl. *Diseño de subestaciones eléctricas*. 2a ed. UNAM, Facultad de Ingeniería, 2000. p. 200.
7. PANSINI, Anthony J. *Transporte y distribución de la energía eléctrica*. Argentina: Glem, 1974. p. 50.
8. STEVENSON, William D. *Análisis de sistemas eléctricos de potencia*. 2a ed. México: McGraw Hill, 1985. p. 60.

APÉNDICE

1. Base de datos, con ubicación de las torres propiedad de la E.E.M.G.

base de datos Instrumento de recolección de datos							
red de alta tensión							
Circuito	Ramal	Poste	Elevación	Latitud	Latitud min	Longitud	Longitud min
1	0	1	2026	14	52.772	90	3.606
1	0	2	2026	14	52.772	90	3.606
1	0	3	2001	14	52.753	90	3.61
1	0	4	2214	14	52.516	90	3.714
1	0	5	2218	14	52.411	90	3.79
1	0	6	1905	14	51.927	90	3.764
1	0	7	1804	14	51.724	90	3.729
1	0	8	1762	14	51.619	90	3.758
1	0	9	1731	14	51.55	90	3.814
1	0	10	1725	14	51.528	90	3.817
1	0	11	1706	14	51.465	90	3.823
1	0	12	1729	14	51.408	90	3.875
1	0	13	1757	14	51.357	90	3.912
1	1	14	1756	14	51.325	90	3.912
1	1	15	1777	14	51.34	90	3.839
1	1	16	1768	14	51.352	90	3.779
1	1	17	1784	14	51.347	90	3.747
1	1	18	1787	14	51.345	90	3.721
1	1	19	1789	14	51.345	90	3.663
1	1	20	1786	14	51.333	90	3.628
1	1	21	1794	14	51.32	90	3.592

1	1	22	1807	14	51.291	90	5.383
1	1	23	1800	14	51.25	90	3.59
1	1	24	1807	14	51.228	90	3.58
1	1	25	1829	14	51.188	90	3.559
1	1	26	1830	14	51.174	90	3.584
1	1	27	1824	14	51.161	90	3.611
1	1	28	1827	14	51.145	90	3.642
1	0	29	1689	14	51.292	90	3.947
1	0	30	1752	14	51.253	90	3.97
1	0	31	1740	14	51.223	90	3.99
1	0	32	1748	14	51.177	90	4.009
1	0	33	1745	14	51.139	90	4.02
1	2	35	1735	14	51.145	90	4.035
1	2	36	1708	14	51.15	90	4.07
1	2	37	1672	14	51.153	90	4.104
1	2	38	1707	14	51.156	90	4.142
1	2	39	1687	14	51.158	90	4.172
1	2	40	1659	14	51.16	90	4.2
1	2	41	1670	14	51.164	90	4.216
1	2	42	1591	14	51.146	90	4.223
1	2	43	1706	14	51.125	90	4.231
1	2	44	1727	14	51.113	90	4.231
1	2	45	1741	14	51.118	90	4.252
1	2	46	1747	14	51.11	90	4.274
1	2	47	1727	14	51.123	90	4.275
1	2	48	1725	14	51.145	90	4.28
1	2	49	1732	14	51.145	90	4.285
1	2	50	1751	14	51.203	90	4.212
1	2	51	1715	14	51.221	90	4.202
1	2	52	1611	14	51.231	90	4.2
1	2	53	1720	14	51.242	90	4.199

1	2	54	1702	14	51.261	90	4.133
1	2	55	1710	14	51.272	90	4.13
1	2	56	1703	14	51.234	90	4.132
1	2	57	1707	14	51.304	90	4.182
1	2	58	1728	14	51.323	90	4.175
1	2	59	1727	14	51.323	90	4.163
1	2	60	1710	14	51.332	90	4.031
1	2	61	1735	14	51.326	90	4.13
1	2	62	1745	14	51.331	90	4.21
1	2	63	1742	14	51.339	90	4.234
1	2	64	1715	14	51.35	90	4.251
1	2	65	1741	14	51.346	90	4.262
1	2	66	1703	14	51.377	90	4.268
1	2	67	1716	14	51.403	90	4.273
1	2	68	1675	14	51.435	90	4.232
1	2	69	1715	14	51.453	90	4.232
1	2	70	1677	14	51.487	90	4.233
1	2	71	1695	14	51.52	90	4.312
1	2	72	1691	14	51.554	90	4.333
1	2	73	1592	14	51.57	90	4.344
1	2	74	1689	14	51.595	90	4.357
1	2	75	1676	14	51.627	90	4.376
1	2	76	1683	14	51.545	90	4.336
1	2	77	1682	14	51.657	90	4.404
1	2	78	1689	14	51.682	90	4.403
1	2	79	1583	14	51.702	90	4.401
1	2	80	1705	14	51.723	90	4.394
1	2	81	1699	14	51.756	90	4.331
1	2	82	1730	14	51.79	90	4.39
1	2	83	1729	14	51.812	90	4.403
1	2	84	1724	14	51.821	90	4.428

1	2	85	1735	14	51.829	90	4.455
1	2	86	1746	14	51.831	90	4.479
1	2	87	1778	14	51.829	90	4.508
1	2	88	1695	14	51.61	90	4.312
1	2	89	1684	14	51.601	90	4.419
1	2	90	1682	14	51.592	90	4.434
1	2	91	1689	14	51.591	90	4.451
1	2	92	1682	14	51.579	90	4.481
1	2	93	1651	14	51.548	90	4.607
1	2	94	1665	14	51.46	90	4.607
1	2	95	1671	14	51.544	90	4.607
1	2	96	1675	14	51.541	90	4.571
1	2	97	1727	14	51.511	90	4.259
1	2	98	1716	14	51.474	90	4.255
1	2	99	1796	14	51.5	90	4.204
1	2	100	1701	14	51.504	90	4.175
1	2	101	1695	14	51.514	90	4.276
1	2	102	1794	14	51.047	90	4.054
1	3	103	1794	14	51.047	90	4.054
1	3	104	1760	14	51.027	90	4.069
1	3	105	1785	14	51.338	90	4.072
1	3	106	1857	14	51.869	90	4.087
1	3	107	1880	14	51.794	90	4.115
1	3	108	1810	14	50.637	90	4.168
1	3	109	1815	14	50.55	90	4.2
1	3	110	1729	14	50.49	90	4.268
1	3	111	1908	14	50.476	90	4.238
1	3	112	1692	14	50.491	90	4.298
1	3	113	1685	14	50.422	90	4.293
1	3	114	1685	14	50.415	90	4.296
1	3	115	1685	14	50.409	90	4.3

1	3	116	1683	14	50.384	90	4.303
1	3	117	1690	14	50.357	90	4.312
1	3	118	1719	14	50.315	90	4.317
1	3	119	1722	14	50.28	90	4.324
1	3	120	1681	14	50.231	90	4.359
1	3	121	1708	14	50.2	90	4.368
1	3	122	1719	14	50.155	90	4.373
1	3	123	1697	14	50.091	90	4.368
1	3	124	1719	14	50.047	90	4.361
1	3	125	1721	14	50.021	90	4.361
1	3	126	1763	14	49.946	90	4.368
1	3	127	1763	14	49.905	90	4.358
1	3	128	1718	14	49.857	90	4.351
1	3	129	1712	14	49.823	90	4.229
1	3	130	1700	14	49.755	90	4.229
1	3	131	1737	14	49.749	90	4.196
1	3	132	1784	14	49.629	90	4.115
1	3	133	1843	14	49.578	90	4.008
1	3	134	1843	14	49.565	90	4.001
1	3	135	1869	14	49.554	90	3.982
1	3	136	1897	14	49.534	90	3.903
1	3	137	1929	14	49.511	90	3.878
1	3	138	1971	14	49.452	90	3.915
1	3	139	1971	14	49.445	90	3.91
1	3	140	1827	14	49.073	90	3.865
1	3	141	1797	14	49.04	90	3.905
1	3	142	1808	14	49.024	90	3.847
1	3	143	1821	14	49.008	90	3.82
1	3	144	1830	14	49.99	90	3.805
1	3	145	1845	14	48.979	90	3.795
1	3	146	1837	14	48.952	90	3.775

1	3	147	1802	14	48.938	90	3.758
1	3	148	1905	14	48.781	90	3.652
1	3	149	1933	14	48.743	90	3.507
1	3	150	1955	14	48.62	90	3.437
1	3	151	1966	14	48.554	90	3.374
1	3	152	2013	14	48.532	90	3.338
1	3	153	2049	14	48.511	90	3.281
1	3	154	2159	14	48.459	90	3.143
1	3	155	2267	14	48.456	90	3.005
1	3	156	2340	14	48.469	90	2.897
1	3	157	2541	14	48.469	90	2.837
1	3	158	2347	14	48.476	90	2.757
1	3	159	2470	14	48.468	90	2.695
1	3	160	2485	14	48.488	90	2.634
1	3	161	2401	14	48.479	90	2.572
1	3	162	2423	14	48.47	90	2.5
1	3	163	2441	14	48.467	90	2.437
1	3	164	2446	14	48.468	90	2.405
1	3	165	2541	14	48.469	90	2.379
1	3	166	2502	14	48.472	90	2.344
1	3	167	2563	14	48.487	90	2.305
1	3	168	2582	14	48.507	90	2.252
1	3	169	2579	14	48.533	90	2.223
1	3	170	2595	14	48.57	90	2.202
1	3	171	2606	14	48.603	90	2.185
1	3	172	2635	14	48.633	90	2.17
1	3	173	2707	14	48.692	90	2.068
1	3	174	2766	14	48.745	90	2.017
1	3	175	1785	14	48.7	90	1.98
1	3	176	2809	14	48.84	90	1.865
1	3	177	2825	14	48.849	90	1.735

1	3	178	2981	14	48.904	90	1.561
1	3	179	3325	14	48.9	90	1.381
1	3	180	3351	14	48.915	90	1.366
1	3	181	3356	14	48.936	90	1.336
1	3	182	3534	14	48.94	90	1.235
1	3	183	3638	14	48.964	90	0.995
1	3	184	3534	14	48.942	90	0.953
2	0	186	2220	14	52.819	90	3.615
2	0	187	1800	14	52.405	90	3.682
2	0	188	1701	14	53.169	90	3.719
2	0	189	1771	14	53.27	90	3.662
2	0	190	1643	14	53.454	90	3.697
2	0	191	1445	14	53.59	90	3.784
2	0	192	1469	14	53.699	90	3.551
2	0	193	1278	14	53.816	90	3.424
2	0	194	1185	14	53.97	90	3.368
2	0	195	1184	14	54.011	90	3.351
2	0	196	1192	14	54.03	90	3.338
2	0	197	1179	14	54.09	90	3.322
2	0	198	1763	14	54.169	90	3.299
2	0	199	1178	14	54.214	90	3.285
2	0	200	1170	14	54.256	90	3.273
2	0	201	1085	14	54.444	90	3.212
2	0	202	1023	14	54.598	90	3.16
2	0	203	978	14	54.866	90	3.052
2	0	204	1066	14	54.941	90	3.049
2	0	205	1107	14	55.057	90	3.053
2	0	206	1172	14	55.309	90	3.022
2	0	207	1144	14	55.396	90	3.028
2	0	208	1133	14	55.464	90	3.029
2	0	209	1124	14	55.534	90	3.026

2	0	210	1097	14	55.551	90	3.024
2	0	211	1097	14	55.551	90	3.024
2	0	212	1172	14	55.73	90	3.047
2	0	213	1135	14	55.84	90	2.983
2	0	214	1137	14	55.975	90	3.051
2	0	215	1152	14	56.02	90	3.087
2	0	216	1154	14	56.083	90	3.114
2	0	217	1150	14	56.246	90	3.125
2	0	218	1153	14	56.26	90	3.134
2	0	219	1148	14	56.36	90	3.23
2	0	220	1159	14	56.44	90	3.261
2	0	221	1176	14	56.53	90	3.291
2	0	222	1206	14	56.7	90	3.296
2	0	223	1231	14	56.771	90	3.334
2	0	224	1246	14	56.809	90	3.341
2	0	225	1298	14	56.847	90	3.345
2	0	226	1301	14	56.871	90	3.341
2	0	227	1304	14	56.877	90	3.335
2	0	228	1305	14	56.92	90	3.294
2	0	229	1378	14	56.997	90	3.298
2	0	230	1556	14	57.12	90	3.39
2	0	231	1554	14	57.14	90	3.421
2	0	232	1564	14	57.18	90	3.44
2	0	233	1561	14	57.323	90	3.511
2	0	234	1511	14	57.53	90	3.654
2	0	235	1551	14	57.586	90	3.661
2	0	236	1517	14	57.643	90	3.71
2	0	237	1480	14	57.688	90	3.709
2	0	238	1533	14	57.8	90	3.679
2	0	239	1519	14	57.829	90	3.688
2	0	240	1572	14	57.87	90	3.692

2	0	241	1556	14	57.927	90	3.691
2	0	242	1562	14	57.967	90	3.699
2	0	243	1692	14	58.081	90	3.719
2	0	244	1718	14	58.163	90	3.726
2	0	245	1730	14	58.218	90	3.745
2	0	246	1761	14	58.256	90	3.786
2	0	247	1745	14	58.305	90	3.842
2	0	248	2504	14	58.4	90	3.926
2	1	249	1137	14	55.558	90	3.069
2	1	250	1129	14	55.556	90	3.101
2	1	251	1125	14	55.55	90	3.137
2	1	252	1148	14	55.554	90	3.185
2	1	253	1137	14	55.555	90	3.237
2	1	254	1138	14	55.554	90	3.277
2	1	255	1152	14	55.558	90	3.33
2	1	256	1143	14	55.548	90	3.382
2	1	257	1170	14	55.541	90	3.439
2	1	258	1209	14	55.542	90	3.484
2	1	259	1212	14	55.544	90	3.534
2	1	260	1212	14	55.544	90	3.534
2	1	261	1091	14	55.675	90	2.871
2	1	262	1091	14	55.661	90	2.861
2	1	263	1103	14	55.693	90	2.901
2	1	264	1118	14	55.762	90	2.968
2	2	265	1019	14	55.526	90	0.982
2	2	266	1043	14	55.569	90	1.06
2	2	267	1034	14	55.588	90	1.107
2	2	268	1034	14	55.601	90	1.136
2	2	269	1044	14	55.626	90	1.183
2	2	270	1057	14	55.649	90	1.236
2	2	271	1063	14	55.703	90	1.351

2	2	272	1062	14	55.732	90	1.401
2	2	273	1056	14	55.787	90	1.485
2	2	274	1055	14	55.822	90	1.549
2	2	275	1007	14	55.726	90	1.618
2	2	276	999	14	55.713	90	1.6
2	2	277	999	14	55.713	90	1.6
2	2	278	977	14	55.649	90	1.635
2	2	279	978	14	55.629	90	1.671
2	2	280	962	14	55.648	90	1.761
2	2	281	974	14	55.623	90	1.802
2	2	282	1022	14	55.58	90	1.828
2	2	283	1018	14	55.543	90	1.856
2	2	284	1040	14	55.52	90	1.894
2	2	285	1050	14	55.51	90	1.94
2	2	286	1047	14	55.499	90	1.988
2	2	287	1043	14	55.492	90	2.025
2	2	288	1047	14	55.483	90	2.059
2	2	289	1051	14	55.48	90	2.085
2	2	290	1092	14	55.459	90	2.164
2	2	291	1173	14	55.561	90	2.198
2	2	292	1158	14	55.577	90	2.199
2	2	293	1168	14	55.578	90	2.206
2	2	294	1169	14	55.567	90	2.226
2	2	295	1164	14	55.562	90	2.28
2	2	296	1164	14	55.562	90	2.28
2	2	297	1126	14	55.565	90	2.351
2	2	297	1126	14	55.565	90	2.351
2	2	298	1107	14	55.536	90	2.358
2	2	299	1107	14	55.536	90	2.358
2	2	300	1115	14	55.559	90	2.353
2	2	301	1116	14	55.556	90	2.389

2	2	302	1041	14	55.458	90	2.234
2	2	303	1022	14	55.444	90	2.412
2	2	304	1014	14	55.417	90	22.278
2	2	305	1029	14	55.57	90	2.598
2	2	306	1049	14	55.584	90	2.64
2	2	307	1069	14	55.613	90	2.755
2	2	308	1070	14	55.616	90	2.778

Fuente: elaboración propia.