



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN PARA EL MANTENIMIENTO DE
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE TORRES HABITACIONALES APLICANDO LA
NORMATIVA NFPA 70E DEL CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL (NEC) 2021 EN ZONA 10 DE
LA CIUDAD DE GUATEMALA, GUATEMALA**

Isaías Ottoniel Cano Yac

Asesorado por Msc. Ing. Carlos Alberto Navarro Fuentes

Guatemala, julio de 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN PARA EL MANTENIMIENTO DE
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE TORRES HABITACIONALES APLICANDO LA
NORMATIVA NFPA 70E DEL CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL (NEC) 2021 EN ZONA 10 DE
LA CIUDAD DE GUATEMALA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ISAIAS OTTONIEL CANO YAC

ASESORADO POR MSC. ING. CARLOS ALBERTO NAVARRO FUENTES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, JULIO DE 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a. i.)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Bladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Ing. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a. i.)
EXAMINADOR	Ing. Endor Steve Ortiz del Cid
EXAMINADOR	Ing. Edgar Yanuario Laj
EXAMINADOR	Ing. Carlos Alberto Navarro Fuentes
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:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN PARA EL MANTENIMIENTO DE
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE TORRES HABITACIONALES APLICANDO LA
NORMATIVA NFPA 70E DEL CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL (NEC) 2021 EN ZONA 10 DE
LA CIUDAD DE GUATEMALA, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 4 de mayo de 2024.

A handwritten signature in black ink, reading "Isaias Cano". The signature is stylized and cursive.

Isaias Ottoniel Cano Yac



EEPFI-PP-0932-2024

Guatemala, 4 de mayo de 2024

Director
Armando Alonso Rivera Carrillo
Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica
Presente.

Estimado Mtro. Rivera

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **PROPUESTA DE DISEÑO DEL PLAN DE GESTIÓN PARA EL MANTENIMIENTO DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE TORRES HABITACIONALES APLICANDO LA NORMATIVA NFPA 70E DEL CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL (NEC) 2021 EN ZONA 10 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA, GUATEMALA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Sistemas Integrados de Gestión - Salud y seguridad ocupacional**, presentado por el estudiante **Isaías Ottoniel Cano Yac** carné número **201617046**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Artes en Gestion Industrial.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

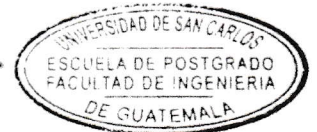
Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Mtro. Carlos Alberto Fernando Navarro Fuentes

Asesor(a)
Carlos Alberto Fernando Navarro Fuentes
Ingeniero Electricista
Colgado 8339

Mtro. Kenneth Lubeck Corado Esquivel
Coordinador(a) de Maestría



Mtra. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



Oficina Virtual





EEP-EIME-0932-2024

El Director de la Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica de la Facultad de Ingenieria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **PROPUESTA DE DISEÑO DEL PLAN DE GESTIÓN PARA EL MANTENIMIENTO DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE TORRES HABITACIONALES APLICANDO LA NORMATIVA NFPA 70E DEL CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL (NEC) 2021 EN ZONA 10 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Isaías Ottoniel Cano Yac**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingenieria en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Mtro. Armando Alonso Rivera Carrillo
Director
Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica

Guatemala, mayo de 2024



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad e Ingeniería

24189101- 24189102

LNG.DECANATO.OIE.313.2024

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: **PROPUESTA DE DISEÑO DEL PLAN DE GESTIÓN PARA EL MANTENIMIENTO DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE TORRES HABITACIONALES APLICANDO LA NORMATIVA NFPA 70E DEL CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL (NEC) 2021 EN ZONA 10 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA, GUATEMALA**, presentado por: **Isaias Ottoniel Cano Yac** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.



Guatemala, julio de 2024

Para verificar validez de documento ingrese a <https://www.ingenieria.usac.edu.gt/firma-electronica/consultar-documento>

Tipo de documento: Correlativo para orden de impresión Año: 2024 Correlativo: 313 CUI: 2633453430502

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, - Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS). Postgrado Maestría en Sistemas Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Licenciatura en Matemática. Licenciatura en Física. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por su misericordia, gracia y fidelidad en este camino que inicié hace algunos años.
- Mis padres** Porque han sido la razón principal para seguir avanzando en la vida.
- Mi hermano** Porque fue la persona importante que me ayudó a seguir estudiando y fue motivo para esforzarme.
- Mis amigos** Porque de una, o de otra forma, siempre forman parte de los logros y caídas en la vida. En especial a Cesar Espinoza por ser la única persona que me motivó y apoyó a dar el paso de ir a la universidad a buscar un objetivo.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Porque a través de su nombre tuve la determinación de luchar hasta el final.
Facultad de ingeniería	Por aportar los conocimientos para una preparación profesional e integral.
Ingeniero	Carlos Alberto Navarro por su apoyo y la oportunidad de conseguir este importante logro.
Mis padres	Porque a lo largo de la vida me han dado la mayor herencia que es el amor y respeto hacia el ser supremo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
JUSTIFICACIÓN.....	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. ANTECEDENTES	1
1.1. Análisis de resultados de investigaciones previas	1
1.1.1. Análisis a nivel internacional	1
1.1.2. Antecedentes a nivel nacional.....	12
1.2. Discusión de resultados de investigaciones previas	24
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	25
2.1. Descripción general del problema.....	25
2.2. Definición del problema	27
2.2.1. Problemas específicos	29
2.2.2. Delimitación del problema	29
2.2.3. Pregunta principal de investigación.....	29
2.2.4. Preguntas complementarias de investigación	30
2.3. Necesidades por cubrir y esquema de solución.....	30
2.4. Ubicación del área o lugar en estudio	34
2.5. Localización del área o lugar en estudio	35
3. INFORMACIÓN GENERAL.....	37
3.1. Aspectos generales	37

3.1.1.	Antecedentes históricos del municipio de Guatemala.....	39
3.1.2.	Aspectos geográficos del municipio.....	41
3.1.3.	Aspectos generales de torres habitacionales en Guatemala.....	42
3.1.3.1.	Reseña histórica.....	46
3.1.3.2.	Misión, visión y valores	47
3.1.3.3.	Estructura organizacional	48
3.1.3.4.	FODA	49
4.	MARCO TEÓRICO	51
4.1.	Planeación	51
4.1.1.	Plan de gestión.....	53
4.2.	Subestaciones Eléctricas	54
4.3.	Clasificación de subestaciones	56
4.3.1.	Subestación eléctrica según su función.....	56
4.3.1.1.	Subestación de distribución	56
4.4.	Elementos de una subestación eléctrica residencial	57
4.4.1.	Transformador eléctrico.....	57
4.4.1.1.	Transformador tipo seco	59
4.4.1.2.	Transformador de distribución convencional.....	61
4.4.1.3.	Transformador tipo pedestal	62
4.4.2.	Tablero de distribución	63
4.4.3.	Transferencia automática	65
4.4.4.	Generador eléctrico	66
4.5.	Mantenimiento.....	68
4.5.1.	Objetivo del mantenimiento	69
4.5.2.	Tipos de mantenimiento	71
4.5.2.1.	Mantenimiento preventivo.....	71

	4.5.2.2.	Mantenimiento predictivo	72
	4.5.2.3.	Mantenimiento correctivo	73
4.6.		Torres habitacionales	75
4.7.		Norma nfpa.....	77
	4.7.1.	Nfpa 70E.....	78
5.		MARCO METODOLÓGICO	81
	5.1.	Diseño de la investigación	81
	5.2.	Enfoque de la investigación	81
	5.3.	Tipo de investigación	82
	5.4.	Variables	82
		5.4.1. Operacionalización de variables	82
	5.5.	Técnicas de investigación.....	85
	5.6.	Población y muestra de estudio	89
		5.6.1. Criterios de inclusión.....	89
		5.6.2. Criterios de exclusión.....	89
	5.7.	Muestreo	90
	5.8.	Técnicas de recolección de datos.....	92
	5.9.	Instrumentos de recolección de datos.....	92
	5.10.	Procesamiento y análisis de datos.....	92
	5.11.	Límites de la investigación.....	93
	5.12.	Obstáculos (riesgos y dificultades)	93
	5.13.	Aspectos éticos de la investigación	94
	5.14.	Autonomía de la investigación	94
	5.15.	Riesgos de la investigación	94
		5.15.1. Nivel 1 (sin riesgo)	95
6.		CRONOGRAMA Y COSTOS DEL ESTUDIO	97
	6.1.	Cronograma.....	97
	6.2.	Costo del estudio	98
7.		FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	101

8. PROPUESTA ÍNDICE DE CONTENIDOS	103
REFERENCIAS.....	105
APÉNDICES	119

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Esquema de solución	33
Figura 2.	Ubicación del área en estudio.....	34
Figura 3.	Localización del área de Estudio	35
Figura 4.	Organigrama de la organización	49
Figura 5.	Análisis FODA de torres habitacionales.....	50

TABLAS

Tabla 1.	Operacionalización de variables.	83
Tabla 2.	Instrumentos de investigación.	85
Tabla 3.	Valor de K asociado al nivel de confianza	91
Tabla 4.	Cronograma de actividades	98
Tabla 5.	Costos del estudio	99

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
AT	Alta Tensión
BT	Baja Tensión
AC	Corriente Alterna
Kg	Kilogramo
KVA	Kilovolt-amperio
KV	Kilovoltios
MT	Media Tensión
ATS	Transferencia Automática

GLOSARIO

Aislante	Es un material cuya composición química no permite el desplazamiento de electrones y por lo tanto no puede circular ninguna corriente.
Arco eléctrico	Descarga eléctrica que se forma entre dos electrodos sometidos a una diferencia de potencial y colocados en una atmosfera gaseosa.
Cortocircuito	Circuito que se produce, generalmente de manera accidental, por contacto entre dos conductores de polos opuestos y suele ocasionar una descarga.
Corriente	Es el flujo de carga eléctrica que recorre un material. También se puede definir como un flujo de partículas cargadas.
Circuito eléctrico	Es una interconexión de componentes eléctricos que transportan la corriente eléctrica a través de una trayectoria cerrada.
Carga instalada	Suma de la capacidad nominal de todos los equipos eléctricos que se conectara al servicio.

Descarga eléctrica	Es la liberación y transmisión de electricidad en un campo eléctrico aplicado a través de un medio como un gas.
EPP	Equipo de protección personal.
Frecuencia eléctrica	Se refiere al número de veces que la AC cambia entre positivo y negativo en un segundo.
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
Mantenimiento	Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando.
NFPA	<i>National Fire Protection Association</i>
NEC	<i>National Electric Code</i>
OSHA	Administración de seguridad y salud ocupacional.
POT	Plan de ordenamiento territorial.
Potencia Eléctrica	Es la cantidad de energía eléctrica entregada o absorbida por un elemento en un momento determinado.

Red de tierras	Conjunto de elementos que permiten la circulación y liberación de flujo de corriente.
SEP	Sistema eléctrico de potencia
Trifásico	Sistema de producción, distribución y consumo de energía eléctrica formado por tres corrientes alternas monofásicas de igual frecuencia y amplitud, desfasadas 120° entre ellas.
Termografía	Es una técnica que permite determinar temperaturas a distancia y sin necesidad de contacto físico con el objeto de estudio.
Torre Habitacional	Es un edificio alto que consta de múltiples niveles de departamentos, regularmente se establece en zonas urbanas.

RESUMEN

En la presente investigación se buscará establecer la aplicación de la normativa NFPA 70E del código eléctrico nacional en las torres habitacionales de la zona 10 en ciudad de Guatemala, a través de una propuesta de gestión de un plan de mantenimiento. Se hará debido a la falta de un programa de mantenimiento en estas edificaciones y debido a la inexistencia de una normativa nacional que regule la forma en que se realizan los mantenimientos y el cuidado de las personas que lo realizan.

En el estudio se analizarán variables cuantitativas y cualitativas las cuales ayudarán a darle solución al problema que se desea resolver. A través de los instrumentos creados como cuestionarios y entrevistas se describirá los problemas encontrados y las soluciones. A través de programas como Excel se hará el análisis de los datos recopilados de cada uno de los individuos de la muestra que se definirá a través de la ecuación de muestreo aleatorio simple al ser una población finita.

A través de los resultados obtenidos mediante las técnicas e instrumentos de recolección de datos, se hará la propuesta de un plan para gestionar los mantenimientos, se establecerá la aplicación de la normativa y la forma adecuada del uso para reducir el riesgo de accidentes del personal a cargo de los mantenimientos y un adecuado funcionamiento de los equipos en la subestación eléctrica de estos edificios.

JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se realizará con el propósito de ayudar, a los encargados de la administración de los edificios, a elaborar un plan para la realización de los distintos tipos de mantenimientos, de los principales equipos de la instalación eléctrica de los edificios. Esta investigación proveerá de una guía para la correcta aplicación de la norma de seguridad eléctrica NFPA 70E del NEC.

Los requerimientos de servicio continuo consisten en la planificación temprana de programas de mantenimiento preventivo en las subestaciones del sistema eléctrico de las torres habitacionales. Los problemas y fallas eléctricas en un entorno eléctrico (ya sean de índole eléctricos o mecánicos) que estén precedidos por cambios térmicos en los componentes de los equipos, pueden ser detectados mediante una correcta monitorización de su temperatura. (Saraccini, 2016, p. 9)

El poder realizar los mantenimientos de los equipos puede llevar a alargar la vida útil de cualquier máquina eléctrica o mecánica por lo cual es importante darle prioridad a los equipos principales los cuales se ubican en la subestación eléctrica. “Se les debe dar mantenimiento a los equipos eléctricos de acuerdo con lo establecido en las instrucciones del fabricante a fin de reducir el riesgo de falla.

La aplicación de las normativas para la realización de los diferentes mantenimientos es importante para reducir los riesgos que pueden darse en la

manipulación de cargas eléctricas, por lo cual es importante aplicar una de las normativas de seguridad eléctrica como la NFPA 70E, la cual puede llegar a prevenir accidentes que puedan afectar la integridad física de los técnicos que realizan el mantenimiento. En el tema de seguridad y salud ocupacional otros autores han destacado lo siguiente:

En las empresas para elevar el nivel de seguridad en búsqueda de la salud de los colaboradores se requiere de un alto nivel de compromiso de todos los involucrados y se alcanza el objetivo de seguridad cuando todos adoptan actitudes positivas, que generan comportamientos seguros en entornos saludables. (López, 2016, p. 8)

El correcto mantenimiento y en el momento adecuado puede prevenir fallas repentinas o cortes de energía en toda la torre ya que al realizar mantenimientos se pueden detectar detalles que pueden ser significativos y peligrosos en el funcionamiento de la red eléctrica. Detectar detalles en los mantenimientos puede llegar a prevenir incluso corto circuitos los cuales pueden tener consecuencias peligrosas como incendios de grandes magnitudes. Esta investigación constituye un instrumento esencial para las autoridades de estas torres habitacionales, debido a que la aplicación de este puede servir para garantizar un servicio continuo y de calidad para los habitantes de estos edificios. Al existir una proyección alta de crecimiento de la ciudad en forma vertical la aplicación de esta investigación toma relevancia.

OBJETIVOS

General

Proponer un plan de mantenimiento para los equipos de subestaciones eléctricas en los edificios habitacionales aplicando la normativa de seguridad eléctrica NFPA 70 E del NEC.

Específicos

1. Establecer la aplicación de la normativa NFPA 70E en la ejecución de los mantenimientos de la subestación eléctrica de torres habitacionales.
2. Proponer a la administración un programa para la realización de los mantenimientos de las subestaciones eléctricas de las torres habitacionales.
3. Establecer la forma adecuada según la normativa NFPA 70E para la realización de los mantenimientos de las subestaciones eléctricas de torres habitacionales.

INTRODUCCIÓN

Las torres de apartamentos en Guatemala, nacen como una necesidad debido al aumento del índice poblacional en la ciudad. Algunos desarrolladores de estos proyectos ven una oportunidad de inversión en el presente y a futuro, esto debido a escases de tierra que limita un crecimiento horizontal, lo que provoca una solución de crecimiento vertical, lo que hará que cada día existan más organizaciones dispuestas a invertir en los edificios de apartamentos.

Los edificios para viviendas cuentan con equipo eléctrico y mecánico que sirve de uso para los habitantes de estas edificaciones, no contar con una guía que ayude a realizar los mantenimientos de estos equipos es un problema que puede afectar tanto a los equipos y por consiguiente a las personas que ocupan estas edificaciones. Por consiguiente, esta investigación busca proponer un programa para la realización de los mantenimientos estableciendo una norma de seguridad eléctrica y la forma adecuada de aplicarla para minimizar los riesgos asociados a los equipos como al personal que llevará a cabo el mantenimiento.

De esta manera se hace importante esta investigación debido a que proporcionara una guía que sirva de asesoramiento a los administradores de estos edificios y de esa manera prolongar la vida útil de los equipos eléctricos y mecánicos y evitar que ocurran fallas repentinas que afecten directamente a los equipos y a los habitantes de estos edificios.

1. ANTECEDENTES

A continuación, se presentan algunos antecedentes nacionales e internacionales que aportan, a esta investigación, aspectos esenciales que se tienen que tomar en cuenta para gestionar un plan de mantenimiento tomando en cuenta normas de seguridad eléctrica.

1.1. Análisis de resultados de investigaciones previas

A continuación, se presentará un análisis a nivel internacional y nacional de las investigaciones que se han realizado con respecto a un plan de gestión para el mantenimiento de subestaciones eléctricas en torres habitacionales con la aplicación de la normativa de seguridad eléctrica NFPA 70E del NEC.

1.1.1. Análisis a nivel internacional

Protocolo de mantenimiento para mejorar el sistema eléctrico mecánico de los talleres de la Institución Educativa República de Colombia-Ugel-02-Lima es el título de la investigación de Flores (2018) que plantea lo siguiente:

El presente estudio se desarrolló en las instalaciones de la Institución Educativa República de Colombia y se pudieron identificar tres problemas fundamentales en la investigación:

Primero: La carencia de políticas y objetivos institucionales que hayan sido aplicados para materializar el adecuado mantenimiento,

implementando a los talleres de producción (Industria Alimentaria, Industria del Vestido, Industria de la Madera, Mecánica Automotriz, Mecánica de Producción, Electrónica, Electricidad, Cosmetología, Dibujo y Diseño asistido por Computadora, Secretariado y Contabilidad) y a los sistemas y subsistemas.

Segundo: La selección de la estrategia de mantenimiento, que asegure la continuidad operativa requerida por el sistema de energía eléctrica del taller de Mecánica de Producción, ejecutada por el encargado de los servicios generales y mantenimiento, para lograr un servicio eficiente.

Tercero: La carencia de protocolos de mantenimiento para poder ser aplicados en el sistema investigado, mediante los objetivos. Las propuestas de mejora en concordancia con los problemas planteadas, sustentando con esta base las hipótesis de la investigación que han sido validadas con la tesis.

Mediante la utilización de una metodología que contempla técnicas e instrumentos se ha podido desarrollar una investigación descriptiva, explicativa y prospectiva cuyo enfoque es concordante a enriquecer la sistematización del mantenimiento mediante una propuesta de protocolo específico para ser aplicado en el sistema

eléctrico esencial del taller de mecánica de producción de la Institución Educativa República de Colombia. (p. 13)

Según lo indicado por Flores, la buena utilización de metodologías las cuales contengan técnicas e instrumentos acoplados con estrategias de mantenimiento enriquece la sistematización de los mismos, lo cual lleva a tener una propuesta eficiente para la realización de dichos mantenimientos de un edificio en general.

Gestión de mantenimiento predictivo a transformadores de potencia por medio de análisis de gases disueltos (DGA) y técnicas complementarias, es el título del trabajo de Borda (2019) que plantea lo siguiente:

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar la disponibilidad, confiabilidad y realizar el análisis de criticidad del equipo. El transformador de potencia quien es el principal activo de cada subestación eléctrica tiene por finalidad de dar servicio a nuestros clientes libres y regulados; con el fin de suministrar energía eléctrica de calidad y seguridad, su importancia radica en gestionar el mantenimiento, manteniendo las condiciones operativas basadas en el historial de eventos registrados en el equipo.

Se ha registrado un historial de 10 años de muestras de análisis de aceite, físico químico y cromatográfico, realizando la interpretación de los resultados de análisis de datos utilizando técnicas de

cromatografía de gases permite evaluar la condición del equipo de manera eficiente y determinar un posible evento o falla en el equipos se utilizó técnicas complementarias como Triángulo Duval, limite tasas y valores TDCG de la norma IEEE C57.104.2008, relaciones de Doernenburg, relaciones de Rogers, límites y relaciones IEC60599 y análisis termográfico para determinar el punto exacto del evento o falla.

Para técnica complementarias, los gases más importantes son: Hidrogeno (H_2) Metano (CH_4), Etileno (C_2H_4), Acetileno (C_2H_2), Oxigeno (O), Etano (C_2H_6), Monóxido de carbono (CO), y Dióxido de carbono (CO_2), donde se puede realizar el análisis y condición a los transformadores. Detectando fallas como: arcos, descargas parciales, arcos de baja y alta energía, sobrecarga severa, sobrecalentamiento y humedad en el aislamiento, logrando evitar indisponibilidad del equipo o colapsó en el sistema eléctrico, aumentar el ciclo de vida al activo, mejor disponibilidad y reducir el costo O y M, asimismo se desarrolló análisis modo efecto de falla logrando incrementar la disponibilidad del equipo 0.999. (p.9)

Borda hace una investigación con el objetivo de ver la disponibilidad y confiabilidad del equipo más importante en una subestación eléctrica el cual es el transformador y se encarga de distribuir la energía a los clientes, por lo cual es importante para esta investigación ya que se desea gestionar el

mantenimiento con el fin de suministrar energía de calidad y seguridad en los habitantes de las torres habitacionales.

Ypaneque y Vargas (2019) presentaron una investigación titulada *Modelo de gestión de mantenimiento preventivo para optimizar la confiabilidad operativa de los helicópteros modelo EC145 y MI-17 de la dirección de aviación policial*. En donde plantean el siguiente resumen:

El presente trabajo de investigación tiene como objeto general proponer un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para optimizar la confiabilidad operativa de los Helicópteros MI-17 y EC145 de la DIRAVPOL, lo cual optimizará el funcionamiento de la administración de los recursos, las actividades y mejorará la confiabilidad en el servicio de la ciudadanía; el punto de partida de la investigación, para el modelo de gestión de mantenimiento preventivo, considera la información obtenida del personal de mantenimiento, las actividades que realizan, los objetivos institucionales, la falta de indicadores de la DIRAVPOL, la falta de filosofías de mantenimiento, motivo por el cual se ha considerado tres (3) tipos de actividades, el mantenimiento preventivo, la planificación y el control de mantenimiento., Además, para garantizar la confiabilidad operativa en las aeronaves se ha identificado tres variables bien definidas, tales como, la criticidad, la disponibilidad y el análisis de modo y efecto de fallas (AMEF).

El diseño de la investigación es no experimental y el tipo es longitudinal. Para el análisis de datos inferenciales y la contrastación de hipótesis se empleó el software estadístico SSPS versión 22. La conclusión del trabajo de investigación es, con un nivel de significancia del 5%, existe una evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula; por tanto, la DIRAVPOL, aplicando en sus actividades de mantenimiento el modelo de gestión de mantenimiento preventivo para optimizar la confiabilidad operativa de los helicópteros modelo EC145 y Mi-17, reduce la cantidad de aeronaves inoperativas significativamente lo cual eleva la confiabilidad de las aeronaves para realizar los objetivos de salvaguardar el orden y la seguridad Ciudadana. (p.6)

Según lo indicado por estos autores, tener modelos de gestión de mantenimiento preventivos, puede ayudar a tener una mayor confiabilidad en los equipos que usemos en una actividad en general. Tener un plan de gestión optimiza la utilización de los recursos y mejora la confiabilidad en servicio de la ciudadanía. Para la gestión del mantenimiento, los autores consideran factores como: personal de mantenimiento, las actividades que realizan y la falta de filosofías de mantenimiento. Por lo cual es importante para esta investigación ya que se debe considerar el mantenimiento en general, planificación y control del mantenimiento.

Cuadros (2021) en su tesis titulada *Implementación de un sistema de gestión de mantenimiento en la empresa Record S.A.* presenta el siguiente resumen:

La presente investigación tiene como fin principal establecer una metodología de implementación de un sistema de gestión del mantenimiento de plantas industriales para que las empresas alcancen a ser competitivas, productivas y eficientes. El otro objetivo de la investigación es mejorar los principales indicadores de gestión de la producción y mantenimiento de planta, que reflejará y evidenciará que la investigación es significativa su implementación.

Las metodologías propuestas están fundamentadas en conocimientos teóricos y prácticos sobre la elaboración de un plan de mantenimiento por protocolos genéricos, que abarca desde la organización de las máquinas, la documentación necesaria de las máquinas y mantenimiento, el registro de información, la programación del mantenimiento, y por el último el procesamiento de la información para la obtención de los indicadores de gestión, para el control y supervisión del mantenimiento y procesos productivos. Lo cual llevará a buscar el mejoramiento continuo, con el fin supremo de llegar a ser competitivos de clase mundial. Cabe resaltar que el solo hecho de tener organizada una planta y su mantenimiento, conlleva a tener un control de los procesos y buscar en forma natural el mejoramiento continuo.

El complemento de esta investigación es la aplicación de las herramientas del TPM que contribuye a la implementación de buenas prácticas de orden y limpieza, mantenimiento, calidad, seguridad y medio ambiente en los procesos en general. Estas contribuyen a los objetivos de la investigación, como son mejorar los indicadores de gestión como disponibilidad, calidad, rendimiento y el indicador único de efectividad global de los equipos OEE en una de las líneas de fabricación de la Empresa Récord, con lo cual se corroboró que esta metodología aplicada es significativa.

Finalmente, esta propuesta contribuye a otras empresas industriales a aplicarlas para que logren mejorar sus capacidades de gestión de la producción y mantenimiento y ser competitivos. (p. XIII)

Según lo indicado por Cuadros, el tener una metodología de gestión del mantenimiento puede ayudar a ser eficiente a cualquier sistema de trabajo. Por lo cual es importante para esta investigación ya que se buscarán los indicadores adecuados del equipo para hacer una correcta programación de los mantenimientos que eleven la confiabilidad de los equipos de la subestación eléctrica.

Neyra (2020) en su trabajo titulado *Seguridad eléctrica en el lugar de trabajo* expone lo siguiente:

La electricidad es el motor del progreso en toda industria y la forma de energía más utilizada en el mundo actual; sin embargo, si no es protegida y no se tienen los conocimientos necesarios para manejarla, existe el potencial de que cause daño. La presente investigación abarca los principales riesgos en el manejo de la electricidad: el arco eléctrico y el choque eléctrico. Es por ello que se aplica una metodología en seguridad eléctrica que consiste en reconocer los peligros asociados al uso de la energía eléctrica para tomar acciones preventivas con la finalidad de evitar los riesgos que ocasionan lesiones o muertes. Al realizar un análisis del arco y choque eléctricos, los resultados aportan para la prevención de accidentes dentro del lugar de trabajo, según los estándares de las normas NFPA 70E y IEEE 1584-2002. (p. 127)

De acuerdo con lo indicado por Neyra, es importante tener el conocimiento de los riesgos que conlleva la manipulación y exposición a cualquier medio que utilice la electricidad. Es importante conocer temas como arco eléctrico los cuales se hacen presente de forma natural en cualquier equipo eléctrico. Por lo tanto, esta investigación es importante ya que se utiliza la aplicación de la normativa NFPA 70E del NEC para la prevención de accidentes aplicando estándares de esta normativa de seguridad eléctrica.

Muñoz (2022) realizó una investigación titulada *Estudio y aplicación de la norma nfpa 70e, en una instalación de media tensión, ubicada en el taller eléctrico de la universidad* en la que plantea lo siguiente:

Este trabajo tiene como objetivo el estudio de los riesgos eléctricos los cuales se puedan manifestar al realizar una instalación de un Reconectador y Transformador situado en las instalaciones de la UTFSM sede Concepción, específicamente en la línea de MT del taller eléctrico.

Así poder reconocer riesgos eléctricos a los cuales se pueda ver enfrentado el personal al estar en la zona de la instalación y cuando se interactúe con esta línea de MT. Para esto se procederá a realizar un estudio minucioso principalmente de la norma NFPA-70E, así recolectar la mayor información posible tanto de esta norma, como de diferentes fuentes.

Este estudio presenta un protocolo, el cual contempla procedimientos los cuales aseguran la integridad física de las personas.

En el primer capítulo se desarrolla toda la teoría, se mencionan 2 puntos de la constitución política de Chile, luego se estudió minuciosamente la norma NFPA-70E, añadiendo puntos de interés de esta, posteriormente se menciona una pincelada de la NSEG 5 E.N 71,

dando paso a la investigación de riesgos eléctricos, para continuar con los tipos de contacto eléctrico y finalizar con las 5 reglas de oro.

El segundo capítulo consta con una descripción de la línea de Media Tensión (MT).

El tercer capítulo contempla los riesgos asociados a la exposición del arco eléctrico, el cálculo de energía incidente de los equipos ya instalados y por instalar, por último, se mencionan las principales causas que provocan daños a los transformadores.

Finalmente, en el cuarto capítulo genera, con toda la información anterior, un protocolo el cual contempla la instalación de los equipos y la interacción con la línea de MT. (p. 3)

Según Muñoz, el uso de energía eléctrica trae algunos riesgos para el personal encargado de la manipulación de los diferentes equipos de un sistema eléctrico, por lo tanto, esta investigación es importante ya que se hace una evaluación de los riesgos a través de la normativa nfpa 70E y se pretende disminuir los riesgos a través de la correcta aplicación.

1.1.2. Antecedentes a nivel nacional

Gonzalez (2023) en su tesis titulada *Diseño de investigación de un plan de gestión para la mejora de instalaciones eléctricas domiciliarias aplicando la norma nfpa 70 del código eléctrico nacional (NEC) 2020 en la zona 3 cantón el mosquito del municipio de san pedro Sacatepéquez del departamento de santos marcos* expone lo siguiente:

El presente trabajo de graduación se realiza como un diseño de un plan de gestión para la mejora de instalaciones eléctricas domiciliarias aplicando la norma NFPA 70 del Código Eléctrico Nacional (NEC) 2020 en la zona 3 del cantón El Mosquito, del municipio de San Pedro Sacatepéquez, del departamento de San Marcos, ya que en la actualidad es importante la buena aplicación de la seguridad eléctrica lo que conlleva a la mejora en las instalaciones domiciliarias.

Es importante tener en cuenta para que esto se lleve a cabo, se fundamenta en implementar la norma NFPA 70 del Código Eléctrico Nacional (NEC) 2020 a nivel nacional, la importancia de la normativa es evitar el riesgo eléctrico que pueda provocar lesiones a usuarios o daños a los aparatos que tenemos instalados en nuestros domicilios.

Al tener una buena planificación de un diseño de plan de gestión, con el uso de herramientas adecuadas de gestión hace que al

implementar la normativa sea más efectiva, para llevar un orden detallado de las actividades que se realizan al momento de ejecutar trabajos en instalaciones eléctricas domiciliarias. (p. XIII)

Según Gonzalez, tener una buena planificación de un diseño de plan de gestión, con el uso de herramientas adecuadas, trae como consecuencia una aplicación efectiva de la normativa nfpa 70E. Por lo cual esta investigación es importante ya que se busca aplicar la normativa para la ejecución de mantenimientos en la subestación de torres habitacionales lo que permite el cuidado de la seguridad de los trabajadores a través de la correcta ejecución de los mantenimientos basados en programas idóneos de gestión.

Mateo (2022) realizó un trabajo de investigación titulado *Propuesta de plan de mantenimiento correctivo que garantice la disponibilidad de la flota de camiones fríos de 5 toneladas para distribuidoras avícolas* en el que expresa lo siguiente:

El propósito de la investigación es analizar la administración del mantenimiento y análisis de fallas mecánicas, estas nos ayuden a diseñar un plan de mantenimiento que nos proporcione los procedimientos correctos para operar un mantenimiento de una forma ágil y oportuna, garantizando la alta disponibilidad de la flota de camiones fríos de 5 toneladas.

El objetivo general es diseñar un plan de mantenimiento correctivo que garantice la disponibilidad de la flota de camiones fríos de 5 toneladas, se basa en crear nuevas estrategias para operar los mantenimientos en las distribuidoras avícolas. Estas podrán tener procesos más eficientes para tener alta confiabilidad en la disponibilidad de su flota. Esta solución, garantizara una cadena de frío de los productos bajo los parámetros establecidos, mediante el mantenimiento correctivo ágil y precioso con ejecución de calidad.

El diseño de esta investigación fue no experimental basado en los métodos, técnicas y procedimientos que se plantearon para cumplir los objetivos del plan de mantenimiento correctivo para camiones fríos de 5 toneladas que, con una buena ejecución de plan, obtiene una propuesta de valor para la empresa con el plan. El tipo de estudio fue descriptivo debido que se realizó un plan de mantenimiento, el cual se convierte en un instrumento de toma de decisión para enviar un camión a mantenimiento y priorizar fallas mecánicas, en donde se plantearon procedimientos de rutina y contingencia que garanticen el correcto funcionamiento de las unidades.

El principal resultado fue determinar las fallas recurrentes que afectan a la operación y esto mejorara las rutinas de mantenimiento.

Con esta información se diseñó un plan de mantenimiento el cual, describió las nuevas rutinas, planes de contingencia, indicadores de rendimiento y optimización de tiempos y costos para la flota.

Por lo tanto, al contar con un plan de mantenimiento correctivo de camiones fríos, el taller cuenta con una propuesta de formatos de control por medio de ordenes de trabajo, tareas preventivas y control de servicios, que por medio de indicadores de mantenimiento, como lo son el MTBF: Mean Time Between Failures y MTTR: Mean Time To Repair, podrán medir la disponibilidad de los camiones y así satisfacer la necesidad del taller de entregar a la distribuidora una flota activa para distribución de los productos. Esto ayudará a tener una adecuada administración del mantenimiento para aumentar la disponibilidad de camiones que realizan la distribución de pollo y productos derivados.
(pp. IX-X)

Según Mateo, tener un plan de mantenimiento es importante para poder administrar los mantenimientos en cualquier tipo de organización, diseñar un plan proporcionará los procedimientos correctos para operar un mantenimiento de forma ágil y oportuna. Por lo cual es importante esta investigación ya que el objetivo es diseñar un plan de mantenimiento que permita tener gran disponibilidad de los equipos de la subestación de las torres habitacionales.

Noriega (2022) en su tesis titulada *Implementación de un plan de gestión basado en la norma técnica 79-2018 para garantizar la certificación sanitaria emitida por el ministerio de salud de Guatemala en la empresa laboratorios químicos e higiénicos S.A.* expone que:

La finalidad del presente trabajo de investigación fue la implementación de un plan de gestión que tuvo por objeto principal cumplir con la normativa técnica 79-2018 y con ello conseguir la certificación sanitaria emitida por la Ministerio de Salud de Guatemala, con lo cual se respaldó el control sanitario de los productos higiénicos manufacturados en la empresa Laboratorios Químicos e Higiénicos S.A.

Se realizaron auditorías internas en las diferentes áreas de la empresa con la finalidad de encontrar los procedimientos involucrados de la normativa que no se estaban cumpliendo y se implementaron una serie de lineamientos e indicadores para que la empresa cumpliera con lo demandado. Los lineamientos que se implementaron involucraron procesos de manufactura, así como de almacenamiento y de control de calidad de los productos higiénicos.

Mediante la implementación del sistema de gestión se logró que la empresa cumpliera con todos los requerimientos de la normativa técnica 79-2018 obteniéndose con ello la acreditación sanitaria

pertinente que permitió a la empresa seguir operando como laboratorio regulado de productos higiénicos y respaldando con ello los procedimientos de fabricación, calidad y almacenaje de sus productos.
(p. XV)

Para Noriega, es importante contar con un sistema de gestión en el que la empresa cumpla con los requerimientos de una normativa técnica, para poder acreditar la empresa y que los procesos puedan ser respaldados por ellos mismos. Esta investigación toma importancia ya que se desea hacer un plan de gestión en el que se cumpla con una normativa de seguridad eléctrica (nfpa), y que todo el proceso de mantenimiento este respaldado por una guía que tome en cuenta la normativa de seguridad basado en un proceso de gestión eficiente y confiable.

González (2022) en su trabajo titulado *Diseño de investigación de la propuesta de plan de mantenimiento para transformadores eléctricos de distribución que suministran energía a una edificación y sus instalaciones*. Expresa:

La edificación y sus instalaciones está conformada por salones que son utilizados para la realización de eventos feriales, de animación, conciertos, bodas, cumpleaños, celebraciones religiosas, exposiciones industriales, eventos nacionales e internacionales, el suministro de energía es muy importante para poder realizar sus operaciones y esta es proveída por transformadores de distribución que transforman el

voltaje de la línea de media tensión (13.8 Kilovoltio) a un voltaje de baja tensión (240/120 voltios).

Es necesario contar con un plan de mantenimiento que tenga la capacidad de realizar distintos tipos de inspecciones y pruebas a los transformadores de distribución en periodos determinados de revisión, esto con el fin de reducir fallas operativas de los equipos y áreas de trabajo.

El impacto de pérdidas materiales al momento de una suspensión de energía, producido por un fallo en el transformador de distribución es bastante elevado debido a que pueden quemarse equipos muy sensibles, como pérdidas en materiales, económicas y humanas, se propone el plan de mantenimiento para evitar estas pérdidas manteniendo un sistema de distribución de energía estable.

(p. XIII)

De acuerdo con lo investigado por González, en una edificación en donde se cuente con lugar de amenidades y apartamentos, el suministro de energía es muy importante para poder realizar sus operaciones y esta es proveída por transformadores de distribución que transforman el voltaje de la línea de media tensión (13.8 Kilovoltio) a un voltaje de baja tensión (240/120 voltios). Por lo tanto, esta investigación resulta importante ya que se desea satisfacer la demanda de un servicio continuo en estas edificaciones a través

de la planificación periódica de los mantenimientos que provean un servicio continuo y alarguen la vida útil de los diferentes equipos que la conforman.

Ruiz (2023) publicó su trabajo titulado *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo basado en la norma IEEE c.57.12.90-2015 para la estandarización de pruebas básicas no destructivas a transformadores de distribución sumergidos en aceite para una empresa de mantenimiento eléctrico ubicada en el municipio de Mixco, Guatemala* en el que manifiesta que:

El propósito de la investigación es brindar a la empresa donde se desarrolla la investigación una herramienta fiable con la cual puedan llevar a cabo el proceso de diagnóstico técnico y mantenimiento preventivo a transformadores de distribución sumergidos en aceite, garantizando a través de pruebas básicas no destructivas el correcto funcionamiento del transformador.

El objetivo general es diseñar un plan de mantenimiento preventivo basado en la norma IEEE C.57.12.90-2015 para la estandarización de pruebas básicas no destructivas a transformadores de distribución sumergidos en aceite, con ello garantizar un diagnóstico certero al estado del transformador, con ello evitar hacer trabajo en vano lo que garantiza el correcto funcionamiento de los transformadores para su posterior ingreso a la red eléctrica.

El diseño de esta investigación es no experimental, ya que esta estrictamente basado en los métodos, procedimientos, estandarización y perfiles los cuales fueron planteados para el cumplimiento de los objetivos en el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para transformadores de distribución sumergidos en aceite. El tipo de estudio fue descriptivo ya que se realizó un plan de mantenimiento estandarizado en donde se plantearon, perfil del personal técnico, procesos y equipo necesario para llevar de manera eficiente el mantenimiento.

El principal resultado fue determinar las pruebas básicas no destructivas y criterios de aprobación para realizar el diagnóstico técnico a transformadores de distribución, así como definir los procesos estandarizados y el personal técnico calificado para realizarlos.

Con base en los resultados obtenidos se definió el plan de mantenimiento preventivo estandarizando las pruebas eléctricas básicas para determina un diagnóstico técnico a transformadores de distribución sumergidos en aceite, basados en la norma IEEE C.57.12.90 – 2015. Se definieron procedimientos, criterios de aceptación, perfiles del personal operativo, delimitación de áreas, equipos y periodicidad de calibraciones.

Con los resultados obtenidos se sugiere una constante revisión bibliográfica de la norma IEEE C.57.12.90, para mantener actualizados los procesos, procedimientos y criterios de aceptación según los requerimientos de la industria los cuales tienden a desarrollarse constantemente. (pp. XVII-XVIII)

Según Ruiz, el propósito de su investigación es brindar a la empresa donde se desarrolla la investigación una herramienta fiable con la cual puedan llevar a cabo el proceso de diagnóstico técnico y mantenimiento preventivo a transformadores de distribución sumergidos en aceite, garantizando a través de pruebas básicas no destructivas el correcto funcionamiento del transformador. Por tanto, Esta investigación toma importancia ya que se hace un análisis de los equipos de una subestación, principalmente el transformador que es el alma de la subestación eléctrica de algunas torres habitacionales y a través del mantenimiento se desea obtener un buen funcionamiento de este y otros equipos de la subestación.

Velásquez (2023) elaboró el *Diseño de investigación de la normativa OHSAS 18001 como guía para garantizar la seguridad ocupacional e industrial en una empresa de almacenaje, corte y distribución de acero para la industria* en el que presenta lo siguiente:

OHSAS 18001 define riesgo como la combinación de la probabilidad de que ocurra un suceso o exposición peligrosa y la severidad del daño o deterioro de la salud que puede causar el suceso o exposición. En este

caso, y como ocurre con frecuencia, el riesgo queda definido directamente por la combinación de las variables probabilidad y severidad.

Un plan de gestión de seguridad va enfocado a que una de las principales preocupaciones en un proceso administrativo, producción, logística, debe ser el control de riesgos que atentan contra la integridad física de sus trabajadores, contra sus recursos materiales y financieros.

Los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales en la industria son factores que interfieren en el desarrollo normal de la actividad, incidiendo negativamente en su desarrollo y por consiguiente amenazando su solidez y permanencia en el mercado; conllevando además graves implicaciones en el ámbito laboral, familiar y social.

En consideración a lo anterior, la administración y la gerencia de toda empresa debe asumir su responsabilidad en buscar y establecer planes que definan las fases necesarias que contribuyan a mantener y mejorar los niveles de eficiencia en los procesos productivos y brindar a sus trabajadores un medio laboral seguro.

La empresa necesita brindarles a sus colaboradores un sitio de trabajo adecuado, libre de zonas de riesgo para disminuir la cantidad de accidentes, porque con ello obtendrá mejores resultados, logrará ser más productiva; el trabajador se sentirá más a gusto con la organización y se identificará con ella.

Además, la empresa obtendrá una mejor imagen con sus clientes, todo esto le significará una ventaja competitiva en el mercado.

Una guía que implemente la Norma OHSAS 18001 dentro de la organización generará una serie de ventajas competitivas y brindará a los trabajadores un sentimiento de pertenencia y responsabilidad en su sitio de trabajo, disminuirá la cantidad de accidentes mediante la prevención y el control de riesgos, se reducirá la rotación de personal y el ausentismo laboral, disminuirán los tiempos de espera en los procesos de corte, manipulación y carga/descarga de materiales, ya que serán menos las interrupciones de producción por eventos no deseados. (pp. XIII-XIV)

Para Velásquez, el hecho de que el peligro está ligado a cualquier forma de trabajo, hace énfasis en la importancia de aplicar normas con las que se puedan reducir esos riesgos que atenten contra la integridad física de todo trabajador. Esta investigación toma relevancia ya que se dese aplicar en todo

momento la normativa de seguridad eléctrica NFPA 70E para poder reducir los incidentes que se puedan dar al trabajar con la electricidad en los diferentes trabajos que se hagan en la subestación eléctrica de las torres habitacionales.

1.2. Discusión de resultados de investigaciones previas

El uso de normativas desarrolladas por el Código Eléctrico Nacional (NEC), constituye un gran apoyo para las empresas que quieren implementar normas de seguridad en los diferentes puestos de trabajo. Además, las actualizaciones que realiza el NEC constituyen un apoyo significativo para la facilidad en la implementación de las estas.

La existencia de investigaciones previas relacionadas con el tema de investigación, constituyen un apoyo esencial para presentar una propuesta mejor desarrollada que sea de gran utilidad para las organizaciones que deseen implementar las normas para un mejor desarrollo de sus actividades. El tema de salud y seguridad ocupacional toma mucha relevancia en las empresas en donde los trabajadores están expuestos a múltiples riesgos relacionados con electricidad o riesgos que puedan afectar la integridad física de las personas por lo cual toma relevancia esta investigación.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En este capítulo se hará la descripción del problema que se abordará en la investigación, así como el contexto general de esta.

2.1. Descripción general del problema

En cuanto al tema de las instalaciones eléctricas de torres habitacionales, estas torres aun no cuentan, dentro de su equipo de administración, con un plan de mantenimiento de los equipos de las subestaciones las cuales son pulmones de la instalación eléctrica. Por lo cual es necesario que los encargados de estas edificaciones tengan el conocimiento que los mantenimientos periódicos de sus equipos podrían evitar problemas a futuro de sus instalaciones lo que podría provocar pérdidas y problemas a sus habitantes. González (2021) dice que:

El problema de fallos en cualquier momento del suministro eléctrico se debe a que no existe un plan de mantenimiento para los transformadores eléctricos de distribución, el interior del salón al momento de una falla se mantiene sin iluminación más las desactivaciones repentinas acompañado de la alta posibilidad de que algunos dispositivos sufran daños por sobrevoltajes o perdidas de alguna fase, da como resultado afectar al cliente el cual se queja de un mal servicio de suministro de energía. (pp. 7 y 8)

Actualmente las instalaciones de las torres no han presentado problemas graves en cuanto al servicio eléctrico, ya que muchos proyectos aún tienen poco tiempo de haber sido levantados, pero es probable que al no tener un seguimiento en cuanto a los mantenimientos de los equipos de las instalaciones, estas no van a tener un largo tiempo de vida útil y si no se da mantenimiento correspondiente a los equipos principales de la torre estos pueden presentar problemas reales que pueden afectar toda la torre. Y con la creciente de estos proyectos en Guatemala es necesario que ellos tomen muy en cuenta los mantenimientos de estos equipos.

El no hacer mantenimiento a los equipos eléctricos, está ligado al tema de fallas eléctricas o cortes de energía repentinos, interferencias y sobretensiones. Incluso cortos circuitos que de no controlarse de forma correcta e inmediata podría llegar a ocasionar incendios de magnitudes altas. El no tener inspecciones en cuanto a la red de tierras físicas de un edificio puede ocasionar problemas graves a la edificación ya que no contaría con un sistema de seguridad adecuado contra sobretensiones, tanto externas, como internas. Como lo describe la siguiente afirmación, “un mal mantenimiento del sistema de protección de tierras degrada la calidad de respuesta ante un evento de fallo eléctrico por descarga atmosférica o de maniobra exponiendo el patrimonio activo” (Marroquín, 2021, p. 9).

Estos mantenimientos deben hacerse de la mejor manera posible y tomar en cuenta normativas de seguridad eléctrica y de forma ordenada. La falta de consideración de normativas de seguridad como la NFPA 70E puede llegar a implicar que los trabajadores estén en riesgo durante los mantenimientos, esos riesgos podrían ser desde accidentes leves de los trabajadores como fisuras en la piel o accidentes graves como intoxicación y hasta perder la vida. Y en cuanto a los habitantes de las torres, estos están

expuestos a incendios por descargas eléctricas y cortocircuitos, que de no ser controlados a tiempo podrían tener grandes consecuencias.

La falta de mantenimiento a los equipos, como motores, de los sistemas generales de estos edificios podría provocar interrupciones en el servicio de agua potable por fallas en las bombas a través del mal dimensionamiento de los mismos. Así mismo se podría llegar a tener inundaciones en el edificio por las aguas de lluvia al no tener un motor que guie su curso. Además, se puede tener problemas en los elevadores y accidentes graves al no tener un cuidado en los mantenimientos periódicos de estos.

El conocimiento de normativas eléctricas puede ayudar a prevenir accidentes a la hora de realizar los mantenimientos, con este conocimiento se podría evitar lesiones graves e incluso la muerte de electricistas o ingenieros. Estos accidentes pueden reducirse a través de la correcta aplicación de la normativa NFPA 70E del NEC. Si los administradores de estas torres habitacionales tienen una guía para la realización de los mantenimientos, podrán garantizar la integridad física de los trabajadores.

2.2. Definición del problema

En la actualidad la salud y seguridad ocupacional es un tema muy importante en la ejecución de trabajos y proyectos eléctricos, “el propósito de la aplicación de la norma NFPA 70E es proveer de una forma práctica un área de trabajo segura a los trabajadores en relación con los riesgos que se derivan del uso de la electricidad”. (NFPA 70e 2018, p. 12)

Dentro de la manipulación de equipos eléctricos se han dado accidentes que han terminado en tragedia para los trabajadores. La OSHA ha registrado

en sus estadísticas incidentes, por arco eléctrico, “donde 99 personas han sufrido lesiones por quemaduras causados por fallas o averías del equipo, resultando en 21 muertes y 94 lesiones hospitalizadas durante el periodo de enero de 1991 a diciembre de 1998. A partir del 1 de enero de 2015, OSHA Federal exige que se informe cada una de las lesiones hospitalizadas”. (norma nfpa 70e 2018, p. 91).

Bajo estos riesgos planteados se hace la presente investigación buscando que los mantenimientos realizados a las subestaciones eléctricas se puedan hacer tomando en cuenta todas las medidas necesarias para el uso de la electricidad que se presentara en estas áreas de trabajo. Se toma como prioridad la integridad física de los trabajadores y de la población en general de estos edificios y que pueda ser de beneficio con la garantía de un servicio de calidad y continuo.

Como se mencionó anteriormente, históricamente se tienen registros de personas que han perdido la vida por malas prácticas en la realización de proyectos de electricidad, por lo cual es necesario que las personas que ejecutan todo este tipo de trabajos sepan los peligros que enfrentan en cualquier tipo de trabajo y que de esta manera aprendan a utilizar su equipo de trabajo personal y que se pueda crear en ellos una cultura de seguridad eléctrica. Como lo afirman algunos autores, “Los elementos de protección personal (EPP) evitan y minimizan los daños que podrían sufrir si se tuviera un accidente: Deben estar en perfecto estado de conservación para cumplir su función” (Delfino, Pujadas y Montanaro, s.f., p.22)

2.2.1. Problemas específicos

Dentro de los problemas específicos detectados se encuentran los siguientes puntos:

- Ausencia de aplicación de normativa de seguridad eléctrica NFPA 70E, en los mantenimientos de las subestaciones eléctricas de torres habitacionales.
- Ausencia de un programa de mantenimiento para la realización de los mantenimientos de las subestaciones eléctricas de las torres habitacionales.
- No se tiene establecida la forma adecuada según la normativa NFPA 70E para la realización de los mantenimientos de las subestaciones eléctricas de torres habitacionales.

2.2.2. Delimitación del problema

La presente investigación se realizará en algunos edificios habitacionales en la zona 10 de la ciudad de Guatemala que tengan un transformador eléctrico en sus instalaciones, se evaluará si cuentan con programas de mantenimiento para los equipos de la subestación eléctrica y si respaldan esos mantenimientos con la normativa de seguridad eléctrica como la NFPA 70 E del NEC para aplicar los mantenimientos respectivos.

2.2.3. Pregunta principal de investigación

¿Cómo se puede tener un plan de mantenimiento para los equipos de subestaciones eléctricas en los edificios habitacionales con la aplicación de la normativa de seguridad NFPA 70E 2021 del NEC?

2.2.4. Preguntas complementarias de investigación

A continuación, se presentan las preguntas que se desea responder en la investigación, derivadas de la pregunta central de la investigación.

- ¿Cómo establecer la aplicación de la norma NFPA 70E en la ejecución de los mantenimientos de las subestaciones de las torres habitacionales?
- ¿Cómo proponer a la administración un programa para la realización de los mantenimientos de las subestaciones eléctricas de las torres habitacionales?
- ¿Cuál es la forma adecuada, según la normativa NFPA 70E, de realizar los mantenimientos de las subestaciones eléctricas de las torres habitacionales?

2.3. Necesidades por cubrir y esquema de solución

El plan de gestión para el mantenimiento de subestaciones en torres habitacionales busca cubrir la necesidad de tener una guía o plan para la realización de los mantenimientos en las torres habitacionales en zona 10 de Guatemala. Se busca cubrir la necesidad de mantenimientos deficientes en dichas torres, tomando en cuenta la normativa de seguridad eléctrica NFPA 70E del NEC.

La importancia de la aplicación de los mantenimientos a los equipos de la subestación tiene relevancia en tener como resultado un servicio de calidad y continuo para las personas que habitan estos edificios, además de un correcto funcionamiento de los equipos de la subestación. “En términos generales, se entiende por mantenimiento al conjunto de acciones que tiene

como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado donde el mismo pueda desarrollar la función requerida” (Saraccini, 2016, p. 27).

Se les debe dar mantenimiento a los equipos eléctricos de acuerdo a lo establecido en las instrucciones del fabricante o en normas consensuadas de la industria, a fin de reducir el riesgo de falla. El dueño del equipo o el representante designado por el dueño debe ser responsable por el mantenimiento del equipo eléctrico y la documentación. (NFPA 70E norma para la seguridad eléctrica en lugares de trabajo, 2018, p.45)

Además de lo referente a la calidad del servicio de energía eléctrica, el plan de gestión busca cubrir la necesidad de salud y seguridad en los trabajos de mantenimiento buscando priorizar en todo momento la integridad física de los trabajadores. A través de la aplicación de la normativa de seguridad NFPA 70E del NEC, se busca cubrir la necesidad de falta de aplicación de normativas para lo cual se toma en cuenta la manipulación de la electricidad. Tal y como lo describe la normativa:

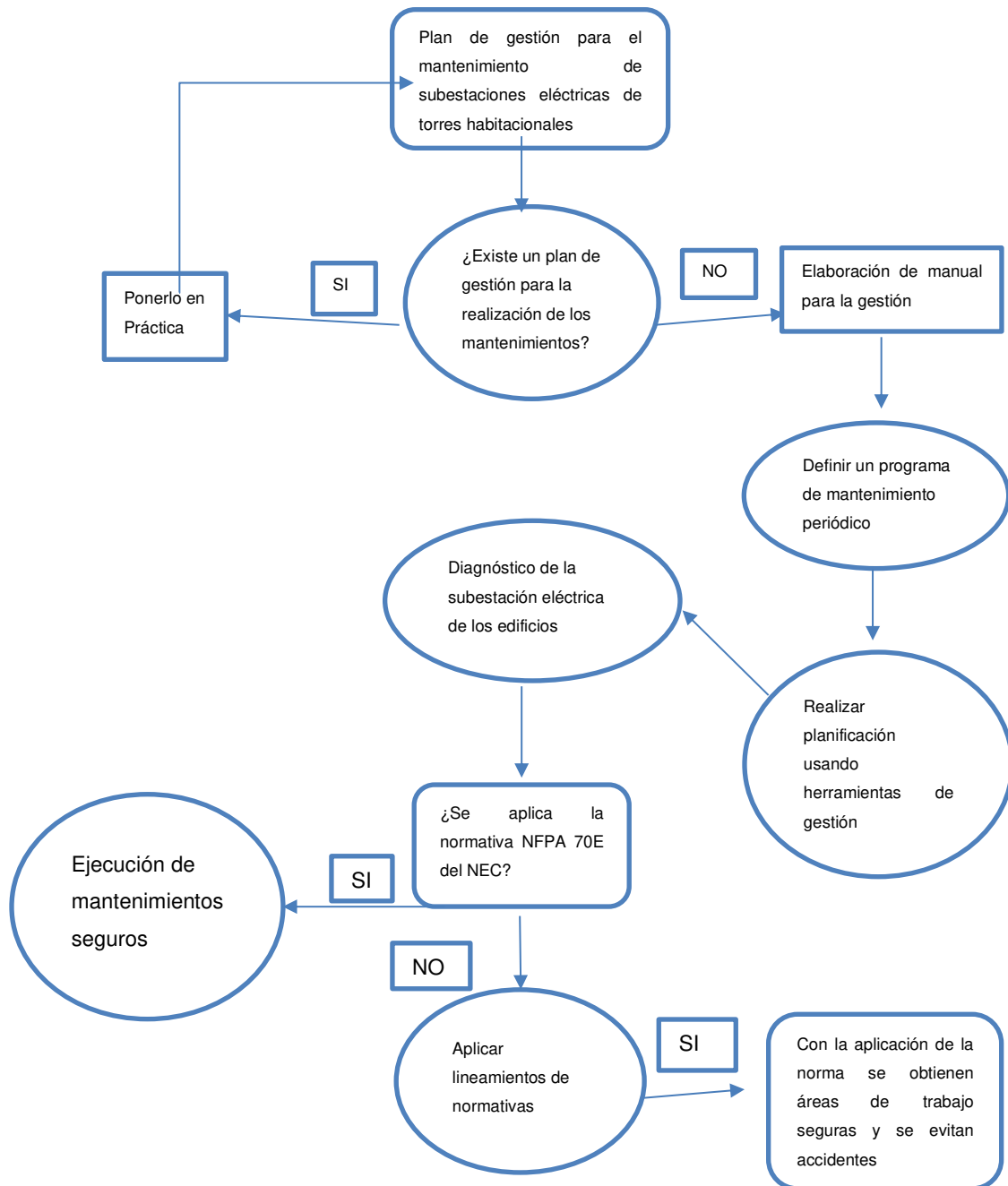
La presente norma trata lo relativo a las prácticas de trabajo relacionadas con la seguridad eléctrica, los requerimientos de mantenimiento relacionados con la seguridad, y otros controles administrativos en los lugares de trabajo de los empleados necesarios para salvaguardar de manera práctica a los empleados de los riesgos de la energía eléctrica durante actividades tales como la instalación,

retiro, inspección, operación, mantenimiento y demolición (desmantelamiento) de conductores eléctricos, equipos eléctricos y conductores, equipos y canalizaciones de comunicación y señalización. (NFPA 70E norma para la seguridad eléctrica en lugares de trabajo, 2018, p.8)

De acuerdo con lo descrito anteriormente, el plan de gestión busca aportar una guía para la realización de los mantenimientos de las torres habitacionales con el cumplimiento de normativas de seguridad para garantizar la correcta ejecución lo que traerá como resultado un servicio de calidad y continuo para los habitantes de estos edificios.

Figura 1.

Esquema de solución



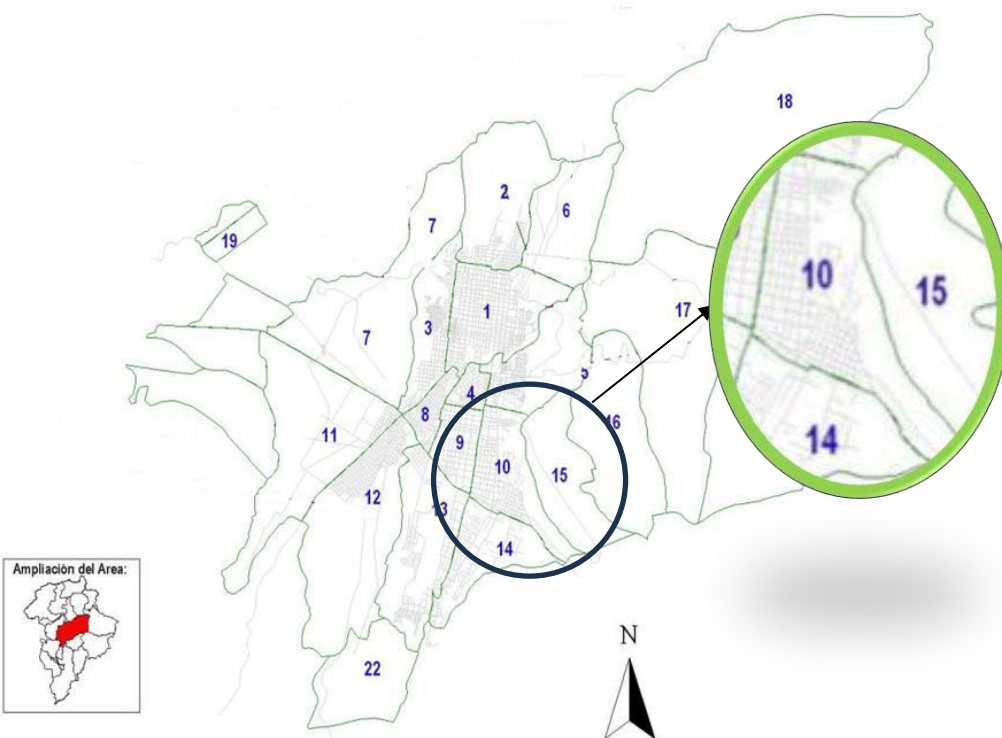
Nota. Se presentan los aspectos que conforman el esquema de solución. Elaboración propia, realizado en Word.

2.4. Ubicación del área o lugar en estudio

El área que se estudiará se encuentra ubicada en zona 10 del municipio de Guatemala en el departamento de Guatemala.

Figura 2.

Ubicación del área en estudio



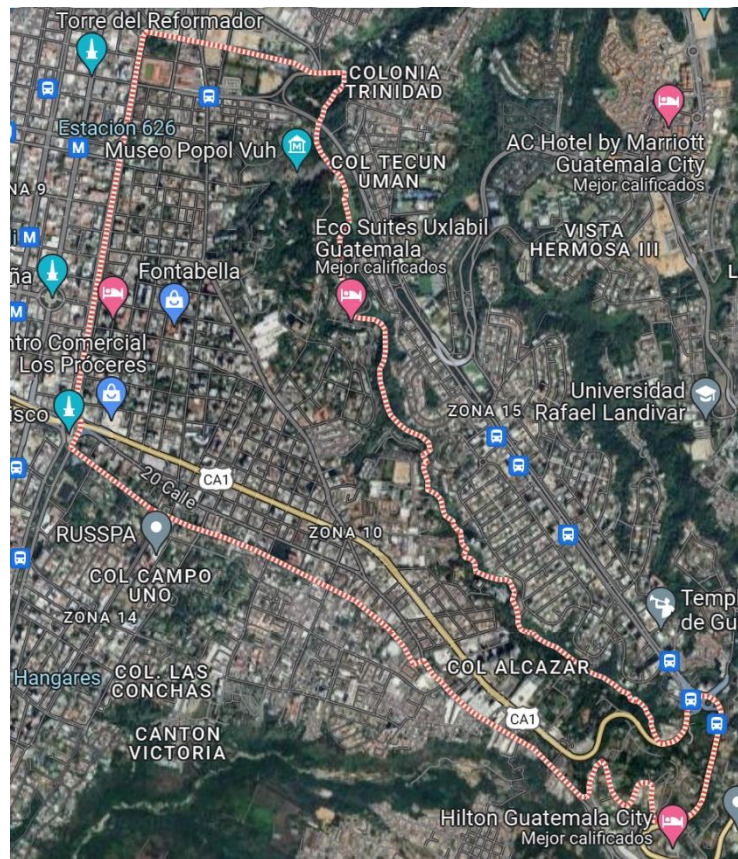
Nota. Mapa con la ubicación del área en estudio. Obtenido de Gauss (2010) *Segmentos socioeconómicos de Guatemala*. (<https://hectorgauss.blogspot.com/2010/02/ciudad-de-guatemala-en-mapa.html>) consultado el 14 de abril del 2024. De dominio público.

2.5. Localización del área o lugar en estudio

El área que se estudiará se encuentra localizada en zona 10 del municipio de Guatemala en el departamento de Guatemala, se encuentra a una altura de media de 1500 metros sobre el nivel del mar, una latitud norte de 14°36'7" y una longitud de 90°31'0" oeste.

Figura 3.

Localización del área de estudio



Nota. Localización del área de estudio. Obtenido de Google Maps (2024) *Ciudad capital de Guatemala.* (<https://www.google.com/maps/@14.5999238,-90.5163323,15z?entry=ttu>)

consultado el 14 de febrero 2024. De dominio público.

3. INFORMACIÓN GENERAL

En este capítulo se presentarán aspectos generales del municipio de Guatemala, lugar geográfico donde se realizará el estudio de la investigación.

3.1. Aspectos generales

La ciudad de Guatemala es un centro de oportunidades muy amplio para los guatemaltecos, esto va desde la parte académica hasta la parte laboral. Es ahí donde la población encuentra oportunidades de crecimiento. Con respecto a esto Rivadeneira (2001) dice lo siguiente:

El 48 % de la población nacional reside en las regiones Metropolitana y Suroccidente, y cerca de la cuarta parte en el departamento de Guatemala –donde se ubica la ciudad capital, que alberga a más de la mitad de la población urbana del país. Junto con Haití y Honduras, Guatemala conforma el grupo de países de menor grado de urbanización en el contexto latinoamericano. Cuatro de cada diez migrantes interdepartamentales tienen al departamento de Guatemala como destino preferente, lo que obedece a sus mayores oportunidades económicas y de consumo en comparación con los otros contextos territoriales; Santa Rosa y Jutiapa, por su parte, son los departamentos con menores posibilidades de retención de su población. Guatemala es

un país de fuerte emigración internacional y los Estados Unidos y México constituyen el destino principal de los emigrantes; a su vez, siete de cada diez inmigrantes internacionales provienen de países limítrofes, especialmente de El Salvador. (pp. 7-8)

La urbanización en el aspecto demográfico constituye el incremento de la población urbana en comparación con la rural, pero es el resultado de transformaciones económicas en el plano nacional e internacional. El crecimiento urbano lo conforman, los aumentos de población urbana considerados separadamente o en conjunto con incrementos de población rural. La urbanización se define como un creciente proceso de concentración de población, por lo que la proporción total de población urbana se incrementa. Los componentes del crecimiento urbano son, el crecimiento natural, la migración neta y los cambios en los límites de la ciudad. (Martínez, 2011, p. 3)

La migración de la población del área rural al área urbana provoca un crecimiento general en las áreas urbanas, desde la parte académica hasta el crecimiento proporcional de la parte económica. Las organizaciones ven esto como una oportunidad de inversión en estos sectores ya que, al existir una alta población, esto traerá una alta demanda en servicios básicos y en servicios de vivienda. Por tanto, esta urbanización en la ciudad de Guatemala ha llevado al crecimiento horizontal de la ciudad y poco a poco se ha reducido el territorio, es ahí donde nace la idea de un crecimiento vertical a través del desarrollo de viviendas a través del modelo de torres habitacionales.

3.1.1. Antecedentes históricos del municipio de Guatemala

La primera ciudad de Guatemala fue fundada por Pedro de Alvarado en 1525 en Iximché, capital del reino cakchiquel; la segunda en 1527 en el Valle de Almolonga; la tercera en el Valle de Panchoy; y la cuarta en 1776 en el Valle de la Virgen, en donde se asienta hoy la ciudad de Guatemala.

Es la urbe más grande de Centroamérica desde su fundación, ya que fue el centro de la Capitanía General de Guatemala, que abarcó desde Chiapas y Soconusco hasta Costa Rica. (Valladares, 2017, párr. 5 y 6)

Un día como hoy, el 25 de julio de 1524, día del apóstol Santiago, con el nombre de “Villa de Santiago de los caballeros de Goathemala” fue fundada la Ciudad de Guatemala, por primera vez, en la localidad que ocupaba Iximché, capital del reino Kaqchikel.

Los cronistas dicen que la primera sesión del Ayuntamiento, nombrado por Pedro de Alvarado, se realizó dos días después, el 27 de julio.

La primera municipalidad la formaron Diego de Porres y Baltazar de Mendoza como alcaldes, y Pedro Portocarrero, Hernán Carrillo, Juan Pérez Dardón y Domingo Zubarreta como regidores, según lo indica el historiador Daniel Contreras.

La fundación de una ciudad era un acto jurídico por medio del cual, el jefe de una expedición constituía en nombre del rey a los miembros del Ayuntamiento: alcaldes, regidores, oficiales de Hacienda, fiscales, escribano real, escribanos públicos y pregonero, según el sabio José Mata Gavidia.

Hecha la designación de los miembros del Ayuntamiento, la ciudad quedaba fundada. Seguía entonces la edificación de la misma”, dice el sabio Gavidia. “El primer acto era hacer la traza de la ciudad o sea limitar con cordel las calles, avenidas, los solares. (Blanco, 2021, párr. 1-5)

La ciudad capital de Guatemala ha tenido diferentes ubicaciones geográficas debido a los constantes cambios que ha tenido por la influencia de diferentes factores, pero el principal factor que ha provocado un cambio en su ubicación han sido los desastres provocados por causas naturales, en este caso los terremotos, que, debido a ser un país en constante movimiento telúrico, a afectado significativamente al país en general.

3.1.2. Aspectos geográficos del municipio

Los aspectos geográficos de la ciudad de Guatemala Morataya (2011) lo presenta de la siguiente manera:

La ciudad de Guatemala está localizada en un valle en el área sur central del país, donde habitan 968,712 personas en una extensión de 228Km². Pero considerando su área metropolitana, de acuerdo con el instituto nacional de estadísticas de Guatemala, alcanza un estimado de 3,103,685 habitantes para 2010, lo que la convierte en la aglomeración urbana más poblada de Guatemala y América Central.

La ciudad de Guatemala es la más grande de América Central, localizada a 1,500 metros sobre el nivel del mar, latitud 14^o 37'15'' N, longitud 90^o 31'36''E Se constituye en la cabecera departamental y municipio de Guatemala, ubicada en el altiplano central. La ciudad se caracteriza porque habita el 20 % de la población del país, tiene la mayor oferta de empleo y el mejor índice de desarrollo humano, donde se ubican las principales sedes políticas, económicas, sociales y se concentran las actividades económicas. (párr. 1-3)

3.1.3. Aspectos generales de torres habitacionales en Guatemala

En la actualidad, la ciudad de Guatemala se distingue por tener a la vista edificios de gran altura y modernidad. El crecimiento de la población en esta área urbana, que es la ciudad más grande del país, ha sido muy significativo en los últimos años. La innovación en el desarrollo de estas urbes se ha dado con el paso del tiempo, en un inicio se desarrollaron proyectos que al no tener experiencia es posible que se cometieran algunos errores o que no se haya tenido en cuenta ciertos factores que con el paso del tiempo se han mejorado en busca de innovación y brindar un mejor servicio a las personas que los ocupan.

Dentro de algunas torres de apartamentos en la ciudad de Guatemala se encuentran las siguientes:

Torre Premier Club

Se conoce como la edificación de mayor altura de ciudad Guatemala en la actualidad, mide 101.6 metros y está dividida en 31 niveles; se encuentra ubicada en la zona 14, su construcción finalizó en 1999 y su uso es principalmente residencial.

Torre Atrium

Es el segundo edificio de mayor altura con un total 93.45 metros, es una estructura constituida por dos torres unidas, cada una posee 14 niveles de apartamentos tipo LOFT, además cuenta con una ubicación privilegiada en zona 10 o en lo que se ha llamado Zona Viva de ciudad de Guatemala. Esta torre inició su construcción en 2002 y comenzó a funcionar con fines residenciales a partir del 2006.

Zona Pradera

Se identifica como un conglomerado de 4 torres, cada una de ellas con una altura de 83.6 metros y 18 niveles; se encuentra ubicada en zona 10 de Ciudad Guatemala, frente al Centro Comercial Pradera, Zona 10. Este importante proyecto fue creado con fines corporativos y su inauguración se llevó a cabo en el año 2010.

Torre Marqués del Valle

Es un edificio construido en zona 14 de Ciudad de Guatemala, tiene una altura de 82 metros y 25 niveles, su uso es exclusivamente residencial. (City Max, 2021, párr. 6-10)

Dentro de los aspectos más importantes en la planificación y desarrollo de estos proyectos, Zarceño (2024) quien cumple funciones de gestor de proyectos en este sector de desarrollo, considera lo siguiente:

En la fase de planificación, existe un primer acercamiento entre el cliente y las personas que desarrollan el proyecto, en este punto ambas partes interesadas realizan el diseño tomando en cuenta costos y aquellos diseños que se adecuen a las normas establecidas por la municipalidad del lugar. Posteriormente se elaboran los planos arquitectónicos que sirven para el trámite municipal.

Dentro de los distintos permisos que se deben gestionar con diferentes instituciones una de ellas es la Dirección General de Aeronáutica Civil, el permiso que se desea conseguir con esta institución tiene que ver con la altura del edificio que se desea construir y se debe cumplir con los lineamientos establecidos por dicha institución.

Otras instituciones de las que se desea conseguir las licencias son: Ministerio de Ambiente, Municipalidad y Conred. A cada una de estas instituciones se debe entregar los documentos que ellos soliciten los cuales sirven como aval de la construcción que se desea realizar. Para la municipalidad es necesario realizar una memoria descriptiva y

revisión de planos arquitectónicos, en donde se aprecie el área registral y física del terreno donde se hace el empate.

En temas de edificabilidad es importante analizar el plan de ordenamiento territorial (POT) del lugar donde se desea construir. A través de este instrumento técnico que utilizan en los territorios, es posible apreciar los lugares en donde se puede construir y donde no es posible. A través de todo ello se realizan los planos para tramites de licencias municipales.

Después de esto, se pasa a otra área en donde se entregan los terrenos y previo a ello, se han realizado la recolección de datos preliminares en donde se incluye: mix de los apartamentos, cual es el área edificable en donde es necesario tomar en cuenta los incentivos de la obra, los cuales sirven para tener mayor edificabilidad.

El POT ordena zonas en la ciudad de Guatemala que van desde el G0 al G5, en donde ordena en que área se puede construir. Esto permite a los desarrolladores o planificadores, observar que limite de edificabilidad se podrá construir dentro de los espacios que interese. Dentro de todo esto se debe pensar en el tema de costos y cuanto será la inversión tomando en cuenta todos los actores dentro del proceso de

planificación y ejecución de los desarrollos urbanos a través de estos edificios modernos.

Zarceño, indica todos los aspectos a tomar en cuenta para el desarrollo de las torres de apartamentos en donde sin lugar a dudas, el objetivo primordial es entregar al cliente lo que ellos quieren cumpliendo todas las normas posibles que garanticen la seguridad y comodidad de las personas que desean habitar estos edificios.

3.1.3.1. Reseña histórica

Los padres de este tipo de vivienda fueron los multifamiliares del Banvi, luego con el cambio de siglo, y según datos estadísticos del Instituto de Fomento de Hipotecas Aseguradas (FHA), las primeras zonas con proyectos de edificios para viviendas que buscaron calificar para aseguramiento hipotecario surgieron en las zonas 11, 16 y 18.

Vicente Jo, director de Nuevos Negocios de Qualicons, explica a Soy 502 un poco más: Hace alrededor de 20 años atrás hubo una tendencia donde las familias buscaron alternativas de vivienda horizontal (casas unifamiliares) en el perímetro del área metropolitana tal es el caso de Villa Nueva, Amatitlán, Mixco, San Lucas, San José Pinula, Fraijanes, Villa Canales y otros.

En la actualidad el número de vehículos que circulan desde la periferia metropolitana hacia la ciudad para llegar a los centros de estudio, lugares de trabajo o bien lugares de comercio provocan un impacto vial muy alto donde estas familias pasan alrededor de 3 horas en la mañana y 3 horas al final del día para ir y venir de sus viviendas. Este desgaste es la principal razón que ha impulsado a que en la actualidad la vivienda vertical sea una opción de mucha aceptación para que estas familias regresen a vivir dentro de la ciudad obteniendo una mejor calidad de vida y evitando tantas horas en el tránsito. (Campos, 2020, párr. 35-36)

3.1.3.2. Misión, visión y valores

Las organizaciones dedicadas al desarrollo de proyectos habitacionales tienen en común aspectos que desean tomar en cuenta todo el tiempo con el fin de presentar u ofrecer mejores condiciones de vida a las personas. Estas cosas en común se ven reflejadas en su misión, visión y valores. Los siguientes puntos de misión, visión y valores son abrazados por muchas organizaciones que buscan brindar un producto de calidad e innovación.

- Misión

Presentar un producto confiable y seguro, a través del desarrollo y trabajo en equipo con nuestros colaboradores basados en estándares de excelencia que brinden un nuevo concepto de vivienda en las personas.

- Visión

Ser la primera opción de desarrollo de proyectos habitacionales en el mercado nacional, con la construcción de viviendas de la más alta calidad e innovación arquitectónica y que se convierta en el hogar seguro de familias guatemaltecas.

- Valores

Innovación: las empresas están a la vanguardia en el tema de innovación para que pueda brindar mejores opciones que generen seguridad en las personas.

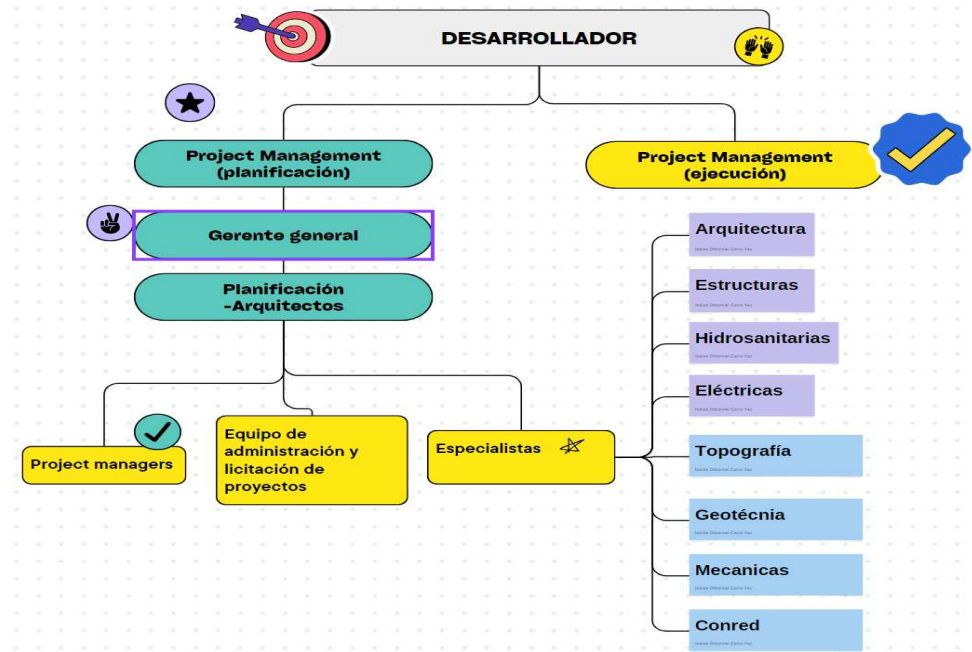
Responsabilidad: Todas las partes incluidas en el equipo de trabajo muestran la disposición en la consecución de las metas y así logran entregar un producto en tiempo y espacio acordado.

3.1.3.3. Estructura organizacional

A través de un organigrama se presenta de manera grafica la forma en la que se estructura una organización. Dentro del rubro de desarrolladores de proyectos habitacionales se tiene una estructura tradicional la cual se presentará en el siguiente esquema, y pertenece a toda la parte involucrada en la planificación.

Figura 4.

Organigrama de la organización



Nota. Estructura de la organización en el área de planificación. Elaboración propia, realizado en Canvas.

3.1.3.4. FODA

El análisis foda de las torres habitacionales, permite tener una perspectiva del punto en donde se encuentran actualmente las torres habitacionales en Guatemala desde el punto de vista de inversión y de desarrollo. De esta manera se puede aprovechar todo aquello que va en contra de la inversión en este tipo de proyectos y aumentar todo aquello que permitirá el desarrollo de estas.

Figura 5.

Análisis foda de torres habitacionales



Nota. Análisis foda de torres habitacionales. Elaboración propia, realizado en Canvas.

4. MARCO TEÓRICO

En esta sección se abordan las diferentes definiciones y conceptos acerca de lo que es un plan de gestión, subestaciones eléctricas, tipos de subestaciones eléctricas, así como algunos de los equipos más importantes que conforman la subestación de un edificio en baja tensión. Además, se dan a conocer algunos conceptos básicos de lo que son los diferentes tipos de mantenimiento y se finalizará el capítulo la normativa de seguridad eléctrica NFPA ya definida y lo que implica su utilización.

4.1. Planeación

Algunos autores definen el término de la siguiente manera:

La planeación como el proceso de decidir anticipadamente lo que se ha de hacer y cómo. A largo plazo, la planeación es un proceso dirigido hacia la toma de decisiones actuales, con el mañana en mente y como medio de preparación para decisiones futuras de manera que puedan ser hechas rápida y económicamente, y con el mínimo trastorno posible.

La planeación cuenta con etapas definidas: la de organización, donde se establecen las premisas para el arranque del plan; una evaluación de lo existente y lo que ofrece el entorno; la formulación del modelo deseado, en la que se define el punto al que se quiere llegar en

el largo plazo; el diseño de alternativas de solución y su selección para posteriormente diseñar las acciones, programas y proyectos concretos a realizar. Y, por último, una etapa de ejecución y revisión de resultados. Estas etapas, independientemente del método de realización, se forma un ciclo dentro del cual se desarrollan pruebas y modificaciones, regresando al punto original de partida para su reconsideración de manera dinámica. (Arteaga y Triana, 2014, pp. 20-21)

La planeación es aquella herramienta de la administración que permite determinar el curso concreto de la acción que se debe seguir para lograr la realización de los objetivos previstos.

La planeación debe existir en toda empresa, independiente de la magnitud de esta, es una función vital del proceso administrativo, considerando como la función básica de otras también fundamentales como son la organización, ejecución y el control. (Guerra, 1999, p.1)

Una definición de planeación simple es la toma anticipada de decisiones. En este sentido, toda decisión de planeación se basa en el conocimiento previo de la realidad para controlar las acciones presentes, encaminadas al logro de un objetivo deseado y satisfactorio, y prever sus consecuencias futuras. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [Minambiente], 2023, párr. 1)

La planificación es seguir una serie de pasos que llevará a conseguir los objetivos. Cuando se detallan las etapas a seguir en determinada tarea, será más fácil anticipar cada una de las variables que se encuentren en determinada tarea y se podrá dar la solución de forma precisa. La planificación toma en cuenta todos los aspectos técnicos distribuidos a lo largo de un periodo de tiempo en específico dentro del cual se desea alcanzar un objetivo o la meta en el cumplimiento de las actividades.

4.1.1. Plan de gestión

El plan de gestión es la plataforma de la administración por cuanto define las acciones concretas a implementar para orientar la actualidad hacia un futuro con propósitos anticipados, en otras palabras, el plan es el marco orientador que permite adelantarse a los hechos, a las circunstancias, y a trabajar con la idea, no tan fácil de aceptar, que el futuro no nace, sino que se hace, se crea. (Huertas *et.al.*, 2020, p. 172)

Los planes de gestión del alcance se implementan para crear una estructura del proyecto mediante la documentación de los recursos necesarios para alcanzar los objetivos del proyecto. El plan de gestión del alcance también ayuda a reducir la posibilidad de que se produzca la corrupción del alcance.

El proceso de gestión del alcance es muy útil para evitar problemas comunes, entre ellos, los siguientes:

- Cambiar constantemente los requisitos.
- Gastar de más.
- Perder el tiempo.
- Incumplir con los plazos previstos. (Asana, 2022, párr. 4)

Un plan de gestión es un diseño sobre la mejor forma de manejar la organización durante sus actividades cotidianas y a largo plazo. Incluye los métodos convencionales de hacer diversas cosas, administrar cualquier factor, lidiar con las tareas actuales de la organización, abordar la forma en que las personas de la organización realizan su trabajo y el marco general, filosófico e intelectual, en el que estos métodos operan. (Gonzalez, 2023, p. 22)

El objetivo del plan de gestión es crear una estructura de determinada tarea de forma documentada al tomar en cuenta los recursos disponibles para lograr los objetivos de la tarea. Con esto se busca evitar pérdida de factores como tiempo y dinero en la realización de las tareas específicas.

4.2. Subestaciones Eléctricas

Las subestaciones eléctricas intervienen en la generación, transformación, transmisión y distribución de la energía eléctrica. Una

subestación eléctrica está compuesta por dispositivos capaces de modificar los parámetros de la potencia eléctrica (tensión, corriente, frecuencia, entre otros) y son un medio de interconexión y despacho entre las diferentes líneas de un sistema eléctrico. (Chedraui, 2010, p. 17)

Según la definición de Saraccini (2016), de una subestación, ésta consiste en un punto dentro del sistema de potencia en donde se modifican los niveles de tensión y corriente, con el fin de reducir pérdidas y optimizar la distribución de la potencia por todo el sistema; es también el centro de recepción y distribución de energía producida en las generadoras en donde puede maniobrase y controlar su destino final con determinados requisitos de calidad. Estas subestaciones pueden encontrarse junto a las centrales generadoras y en la periferia de las zonas de consumo, exterior o interior de edificios. (p. 16)

Es el conjunto, situado en un mismo lugar, de la aparamenta eléctrica y de los edificios necesarios para realizar alguna de las funciones siguientes: transformación de la tensión, de la frecuencia, del número de fases, rectificación, compensación del factor de potencia y conexión de dos o más circuitos. Quedan excluidos de esta definición los centros de transformación. (Trashorras, 2015, p. 46)

Las subestaciones eléctricas en muchas ocasiones son receptoras de la energía producida en las centrales eléctricas que viajan grandes distancias hasta el punto de los consumidores. Existen algunas subestaciones ubicadas en edificios industriales o domiciliarios que demandan gran cantidad de energía por lo que se hace necesario contar con una pequeña subestación para satisfacer la demanda sin cumplir con requisitos que las empresas eléctricas detallan en sus normativos y toman en cuenta temas de costos en su implementación.

4.3. Clasificación de subestaciones

Las subestaciones eléctricas se pueden clasificar según las características que se analicen de cada una de ellas, dentro de la clasificación están los siguientes tipos:

4.3.1. Subestación eléctrica según su función

Según la función que realizan, las subestaciones se dividen de la siguiente manera.

4.3.1.1. Subestación de distribución

Su función principal es reducir los niveles de transmisión y subtransmisión a voltajes de 13.2 kV, 23 kV y 34.5 kV para alimentar las redes de distribución y a los centros de consumo, sea el sector residencial o industrial en donde los transformadores de distribución instalados a lo largo de la red cumplen con la tarea de reducir los

voltajes a niveles de BT para suministro al usuario final. (Díaz, 2020, p. 21)

Se le llama subestación de distribución a una subestación que se ubica centralmente dentro del área de carga. Las subestaciones de distribución pueden estar a sólo dos millas de cada una en áreas densamente pobladas. Estas subestaciones también pueden ubicarse cerca de una fábrica grande o dentro de un edificio de gran altura para satisfacer las demandas de sus clientes de elevada carga. (Di Troia, Woo, K. y Zahalman, s.f., párr. 3)

Estas subestaciones se encuentran regularmente dentro de las ciudades, ya que es allí en donde los niveles de tensión de las líneas son bajos y es donde se necesitan estas subestaciones para poder darles la última transformación al voltaje para que los pequeños usuarios puedan consumirla

4.4. Elementos de una subestación eléctrica residencial

A continuación, se definen conceptos de algunos equipos que forman parte de una subestación eléctrica, principalmente aquellas subestaciones que forman parte de una subestación ubicada en residencias o en zonas urbanas.

4.4.1. Transformador eléctrico

Un transformador eléctrico es una máquina estática*, que se basa en el principio de la inducción electromagnética entre bobinas estacionarias,

enlazadas por un campo magnético variable, con el fin de cambiar niveles de tensión y corriente a igual frecuencia. Excepto en los autotransformadores, no existe conexión física directa entre bobinas. (Pérez y López, 2018, p. 19)

Villanueva (como se citó en González, 2021) afirma que un transformador eléctrico:

Es el principal elemento dentro de una subestación eléctrica porque es el encargado de alimentar la carga total de la industria o proyecto correspondiente, es decir nos permite manejar los voltajes a niveles de utilización adecuados según sean los requerimientos de la instalación, este dispositivo se encarga de transferir energía eléctrica de un circuito a otro sin alterar la frecuencia, trabaja mediante el principio de la inducción electromagnética, dependiendo su tipo, tiene circuitos eléctricos que están eslabonados magnéticamente y aislados eléctricamente, en su forma más simple, un transformador consiste en dos devanados conductores que se ejercen inducción mutua. (p. 19)

Un transformador es una máquina eléctrica que, basándose en los principios de inducción electromagnética, transfiere energía de un circuito eléctrico a otro, sin cambiar la frecuencia. La transferencia se

lleva a cabo con el cambio de voltaje y corriente. Un transformador aumenta o disminuye la corriente alterna cuando es necesario. (Tecsa, 2019, párr. 1)

El transformador eléctrico es uno de los inventos más grandes en el campo de la electricidad, ya que a través de estas máquinas es posible alimentar equipos que necesitan operar con magnitudes de voltaje pequeñas o diferentes a las que se producen en las centrales de generación. Su uso conlleva una responsabilidad grande por su importancia, por lo tanto, es importante que se le den los mantenimientos correspondientes para garantizar un servicio de calidad y seguro en los usuarios.

4.4.1.1. Transformador tipo seco

Los transformadores tipo seco son equipos que utilizan el aire ambiente como medio de refrigeración – así como de aislamiento – de sus devanados y demás componentes.

Su función principal y usual es la misma de los transformadores sumergidos en líquido aislante, o sea, adecuar los niveles de tensión primaria para aquellos de utilización en industrias, residencias y emprendimientos en general. (Weg, s.f., párr. 2-3)

Estos transformadores secos son ideales para ser utilizados cerca de los puntos de utilización de potencia lo cual permite una

correcta operación de diseño minimizando los circuitos de baja tensión y alta intensidad. Los transformadores secos son medioambientalmente seguros, proporcionan un excelente comportamiento a los cortocircuitos y robustez mecánica. (Montes, 2018, p. 23)

Es una máquina eléctrica (refrigerada a través de aire) para subir o bajar voltajes AC, para adaptarlos a las condiciones de funcionamiento de los dispositivos conectados dentro de un rango de voltaje (superior e/o inferior), además tienen la capacidad de separar galvánicamente ambos niveles de voltaje, todo esto de forma segura sin afectar la frecuencia.

Los devanados de un transformador de tipo seco se encuentran envueltos en aire, resina epoxi o completamente encapsulados, es decir, no están impregnados ni sumergidos en ningún líquido como aceites, siliconas o materiales similares. (Orion Italia, s.f., párr. 1-2)

Estos tipos de transformadores ayudan a que los circuitos de acople entre la empresa eléctrica y las edificaciones, pueda ser más seguro ya que al demandar una alta potencia se puede evitar que los conductores de conexión principal sean de diámetros grandes, lo cual influye en altos costos entre los encargados de hacer las diferentes conexiones.

4.4.1.2. Transformador de distribución convencional

“Los transformadores de distribución convencionales se utilizan en intemperie o exterior para la distribución de energía eléctrica; son usados para convertir de media tensión a baja tensión o viceversa” (Electroingeniería, s.f., párr. 1).

“Estos transformadores son utilizados para alimentar cargas residenciales, comerciales e industriales de baja tensión, como: fraccionamientos residenciales, zonas urbanas, pequeña industria, comercio, zonas rurales y pozos de bombeo entre otras aplicaciones” (Correa y Giraldo, 2014, p. 19).

Se denominan transformadores de distribución, generalmente a los transformadores de potencia iguales o inferiores a 500 KVA y de tensiones iguales o inferiores a 34.500 KV, tanto monofásicos como trifásicos.

Aunque la mayoría de tales unidades están proyectadas para montaje sobre postes, algunos de los tamaños de potencia superiores, por encima de las clases de 18kv, se construyen para montaje en estaciones o en plataformas. Las aplicaciones típicas son para alimentar a granjas, residencias, edificios o almacenes públicos, talleres y centros comerciales.

Este tipo de transformadores se utilizan para alimentar un número de viviendas en específico, ya sean viviendas típicas de manera horizontal o aquellas viviendas que han sido construidas de forma vertical en torres habitacionales. Son muy utilizados para distribución y se utilizan a la intemperie ya que están diseñados para soportar las condiciones atmosféricas

y son protegidos por dispositivos como fusibles y pararrayos para proteger las cargas conectadas a este.

4.4.1.3. Transformador tipo pedestal

La subestación pedestal o pad mounted (tipo jardín) puede ser utilizada a la intemperie o al interior de edificios, ofrecen seguridad para ser instalada en lugares en que existe paso de personas como en parques o avenidas.

Se deben instalar sobre pedestal los transformadores con capacidad superior a 250kVA o 800 kg de peso, en casos en los cuales no es posible la construcción de subestaciones aéreas o cuando no existe disponibilidad de espacios para la instalación de una subestación de patio o capsulada. (Alvarado, 2017, p. 32)

El Transformador pad mounted es una subestación que integra protección en media y baja tensión. Dispone de una estructura envolvente que hace posible su instalación a la altitud del piso sin que sea necesario la incorporación de una valla de protección. Por otro lado, está diseñado de forma compacta con tal de que ocupe el menor espacio posible.

Estos transformadores son aptos para ser instalados en hospitales, escuelas, espacios públicos o centros comerciales, gracias a su cuidada estética y su diseño altamente protegido.

“Este tipo de transformador es ideal para ser utilizado en sistemas de distribución subterránea, en centros comerciales, apartamentos, escuelas, edificios de oficinas, entre otros” (Grajeda, 2008, p. 28).

Este tipo de transformador tiene el mismo funcionamiento que los demás transformadores ya que son utilizados para aumentar o disminuir voltajes, pero su aplicación es la que varía, ya que se le encuentra un mayor uso en centro comerciales, edificios, entre otros. Están contruidos para operar en intemperie y si se le da los manteamientos en el tiempo correcto, se podrá mantener su eficiencia y alargar la vida útil de este. Se utiliza regularmente en edificios habitacionales ya que están contruidos en las capacidades adecuadas para su uso.

4.4.2. Tablero de distribución

Los tableros de distribución se utilizan para distribuir la electricidad de manera segura en todas las instalaciones comerciales e industriales.

Un tablero de distribución es un componente de un sistema eléctrico de distribución que divide una alimentación de energía eléctrica en circuitos derivados, al tiempo que proporciona un disyuntor o fusible de protección para cada circuito, en un gabinete común. (Eaton, s.f., párr. 1)

Cada circuito derivado cuenta con un sistema de protección individual y son alimentados de acuerdo a sus demandas de carga particulares. Esto significa que los circuitos están aislados y en caso de que

sucediese una falla, la misma no afectará a los demás componentes de la instalación.

En cualquier instalación eléctrica, el punto de conexión después del medidor de energía eléctrica, lo constituye el tablero de distribución puede estar constituido de uno o más interruptores de cuchilla con palanca y protección de fusibles o de una combinación de fusible y termomagnético. Se fabrican para instalación interior bajo techo o para instalación a la intemperie. (Laj, 2011, p. 65)

Los tableros cumplen la función de recibir la energía eléctrica y distribuirla por medio de conductores a las cargas de los circuitos derivados, estos se protegen individualmente para sobrecargas y cortocircuito por medio de fusibles o interruptores termomagnéticos montados en los tableros junto a los instrumentos de medición.

El tablero eléctrico es la parte principal de la instalación eléctrica, en el mismo se encuentran todos los dispositivos de seguridad y maniobra de los circuitos eléctricos de la instalación. Consiste en una caja donde se montan los interruptores automáticos respectivos, cortacircuitos y fusibles, y el medidor de consumo. (Pocasangre, 2017, p. 37)

El objetivo principal de un tablero de distribución o centro de carga es el de poder dividir las cargas, distribuidas de forma equilibrada en ella. Este sirve para poder proteger los equipos conectados en el, a través del uso de Interruptores termomagnéticos, es posible proteger equipos y de igual manera a las personas de cortocircuitos que puedan generar incendios en sus viviendas o edificaciones en general.

4.4.3. Transferencia automática

Un interruptor de transferencia es un interruptor que se emplea en caso de fallo de la red principal, se encarga del cambio entre la red principal y una red secundaria que puede ser de tipo solar, otra red o un generador.

Consiste normalmente en 2 interruptores enclavados que, en caso de conmutación, conecta uno y el otro interruptor queda desconectado. (Sánchez, 2021, p. 1)

El tablero de transferencia está compuesto por un interruptor de transferencia que realiza la conmutación de la fuente primaria de energía a una segunda fuente de energía que puede ser de emergencia o respaldo. Esta transferencia puede realizarse de forma automática o manual. (García, 2019, p. 19)

Se realiza mediante un sistema de control automático que se encuentra en estado de STAND BY (en espera). Cuando hay anomalías o falla de red, el controlador automático ejecuta acciones de apertura y cierre de interruptores en paralelo, maniobra de conmutación. Una vez que regrese la energía a la red eléctrica, se desacopla y se vuelve de la auxiliar a la principal. (Curo, 2021, p. 18)

Este dispositivo, sirve principalmente para hacer un cambio en la fuente de energía eléctrica que provee el servicio a una edificación en general. Su funcionamiento se basa en detectar cuando el servicio de la empresa distribuidora de energía no sea eficiente, este hace un cambio que permite entrar a funcionar un generador eléctrico el cual suministrará energía a toda la edificación o algunos circuitos indispensables. Al detectar una estabilidad en el servicio de la red, realiza nuevamente el cambio para que el generador de emergencia pare su marcha.

4.4.4. Generador eléctrico

El generador sincrónico es una maquina eléctrica rotativa que transforma energía mecánica en energía eléctrica alterna. La característica principal de este es la relación directa entre la velocidad de giro del rotor w , la frecuencia del voltaje y corriente generados. (Calero, 2008, p. 14)

También conocidos como grupos electrógenos, se emplean para el abastecimiento eléctrico alternativo o complementario a red de suministro normal.

Están formados por un motor de combustión interna que funciona normalmente con diésel o gasolina y en algunos casos con gas, en función de la potencia, un acoplamiento, un generador eléctrico de corriente alterna y un armario eléctrico con sistema automático de control.

Un generador es una máquina eléctrica rotativa que transforma energía mecánica en energía eléctrica. Lo consigue gracias a la interacción de sus componentes principales: el rotor (parte giratoria) y el estátor (parte estática). Cuando un generador eléctrico está en funcionamiento, una de las dos partes genera un flujo magnético (actúa como inductor) para que el otro lo transforme en electricidad (actúa como inducido). Los generadores eléctricos se diferencian según el tipo de corriente que producen, dando lugar a dos grandes grupos: los alternadores y las dinamos. Los alternadores generan electricidad en corriente alterna y las dinamos generan electricidad en corriente continua. (Endesa, s.f., párr. 1)

El generador o alternador eléctrico, es una máquina que es capaz de producir energía eléctrica a través de otro tipo de energía, este se encarga de hacer la transformación. Es de mucha utilidad en edificaciones grandes ya que se utiliza para suministrar energía eléctrica en los momentos donde la empresa

de distribución tiene problemas para hacerlo. A través del uso de la transferencia ATS, se puede hacer la transición.

4.5. Mantenimiento

El concepto más general de mantenimiento puede encontrarse en cualquier diccionario con el que se cuente, este se resume en el conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente.

El concepto de mantenimiento ha sido ampliamente desarrollado por muchos autores debido a la necesidad de conservar y mantener no solo las edificaciones sino todo aquello que dentro de su vida útil pueda deteriorarse. (Arencibia, 2007, párr. 3)

El mantenimiento es un servicio que agrupa una serie de actividades mediante las cuales un equipo, máquina, construcción civil o instalación, se mantiene o se restablece a un estado apto para realizar sus funciones, siendo importante en la calidad de los productos y como estrategia para una competencia exitosa. (Ortiz, Rodríguez e Izquierdo, 2013, p. 88)

El mantenimiento eléctrico consiste en realizar inspecciones en el equipamiento eléctrico de cara a facilitar la detección de estos posibles

problemas en su rendimiento, bien mediante acciones correctivas (respuesta a incidencias puntuales), bien preventivas [comprobaciones rutinarias con cierta periodicidad] (STEL Order, 2021).

El mantenimiento es una actividad que se le debe dar a cualquier maquina u obra para que pueda alargar su vida útil. Una correcta programación de un mantenimiento es muy importante para que el equipo o maquina pueda hacer sus funciones de la mejor manera posible, con ello se evitan incidentes y se podrá corregir fallas a tiempo.

4.5.1. Objetivo del mantenimiento

El objetivo básico del mantenimiento es alcanzar el grado óptimo de eficiencia del equipo (máquina) o proceso. La oportunidad y calidad de los productos elaborados o de la operación ejecutada, será el resultado de la disponibilidad y confiabilidad de ellos. Pero garantizar un adecuado funcionamiento de máquinas y equipos; igualmente, implica hacerlo económicamente, administrando eficientemente recursos técnicos, humanos e insumos. Paradas recurrentes significan, obviamente pérdidas de producción, y crecimiento del inventario de repuestos, lubricantes, herramientas y personal. El concepto de mantenimiento debe asociarse con una inspección que evidencia una posible falla funcional, para corregirla en un período de tiempo que permita preparar una intervención, sin que haya un paro o tenga consecuencias graves. (Garcia, Gonzáles y Cortez, 2009, p. 139)

El objetivo fundamental de mantenimiento no es, contrariamente a lo que se cree y se practica en muchos departamentos de mantenimiento, reparar urgentemente las averías que surjan. El Departamento de Mantenimiento de una industria tiene cuatro objetivos que deben marcar y dirigir su trabajo:

- Cumplir un valor determinado de disponibilidad.
- Cumplir un valor determinado de fiabilidad.
- Asegurar una larga vida útil de la instalación en su conjunto, al menos acorde con el plazo de amortización de la planta.
- Conseguir todo ello ajustándose a un presupuesto dado, normalmente el presupuesto óptimo de mantenimiento para esa instalación. (Garcia, 2016, párr. 3)

“El objetivo general del mantenimiento industrial es el de planear, programar y controlar todas las actividades encaminadas a garantizar el correcto funcionamiento de los equipos utilizados en los procesos de producción” (Olarte, Botero y Cañón, 2010, p. 355).

A través de la programación de un mantenimiento se puede alcanzar el objetivo de que las maquinas o equipos trabajen con la mayor eficiencia posible. El resultado del trabajo de cada uno de ellos será un reflejo del estado en que ellos se encuentren y de la disponibilidad para realizar determinada tarea.

4.5.2. Tipos de mantenimiento

A continuación, se presentan algunos de los tipos de mantenimientos que las empresas u organizaciones utilizan para cada una de las actividades destinadas a mantener el equipo en óptimas condiciones.

4.5.2.1. Mantenimiento preventivo

Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene, aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema. (Garijo, 2019, p. 1)

“Se define como mantenimiento preventivo a diferentes actividades que se ejecutan para la conservación de los equipos, tales como limpieza, inspección, lubricación, entre otros” (Beltrán *et al.*, 2014, p. 22).

Es la actividad humana desarrollada en los recursos físicos de una empresa con el fin de garantizar que la calidad del servicio que éstos proporcionan continúe dentro de los límites establecidos.

Este tipo de mantenimiento es el que regularmente se realiza en las actividades de mantenimiento de manera periódica buscando así que los equipos ejecuten las tareas de manera regular.

4.5.2.2. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo es una técnica que utiliza herramientas y técnicas de análisis de datos para detectar anomalías en el funcionamiento y posibles defectos en los equipos y procesos, de modo que puedan solucionarse antes de que sobrevenga el fallo. Al igual que el análisis predictivo permite anticipar, por ejemplo, los movimientos de los mercados o las fluctuaciones en la demanda de energía, el mantenimiento predictivo utiliza el análisis de datos para adelantarse a los fallos de los sistemas y es parte fundamental del Internet Industrial de las Cosas (IIoT). (Iberdrola, s.f., párr. 3)

El mantenimiento predictivo es un conjunto de técnicas instrumentadas de medida y análisis de variables para caracterizar en términos de fallos potenciales la condición operativa de los equipos productivos. Su misión principal es optimizar la fiabilidad y disponibilidad de equipos al mínimo costo. (Preditec, s.f., párr. 3)

El mantenimiento predictivo o basado en condición es el conjunto de estrategias o técnicas que evalúan el estado de funcionamiento de un activo y a partir de estas evaluaciones recomienda la intervención o no de este equipo. El objetivo principal del mantenimiento predictivo es aumentar la fiabilidad y disponibilidad de equipos al mínimo costo.

Para realizar los estudios de estado de los activos es necesario utilizar diferentes técnicas para obtener diagnósticos correctos, entre esas técnicas se puede mencionar: análisis de vibraciones, análisis de lubricantes, termografía, pulso eco, ultrasonido industrial, entre otros.

Cada una de estas técnicas puede aportar de forma sustancial al diagnóstico del activo desde un punto de vista diferente, por lo cual se requiere mucho criterio y análisis para estudiar los datos obtenidos y tomar una decisión para intervenir el equipo.

En este tipo de mantenimiento se hacen las inspecciones para lo cual se toman en cuenta algunos aspectos visuales de las máquinas. Los defectos que se encuentren en la maquina será necesario realizar el cambio para poder garantizar el correcto funcionamiento del equipo y evitar problemas graves.

4.5.2.3. Mantenimiento correctivo

Se trata de en un conjunto de tareas técnicas, destinadas a corregir las fallas del equipo que demuestren la necesidad de reparación o reemplazo.

Este tipo de mantenimiento corrige los errores del equipo que dependen de la intervención para volver a su función inicial. Estas prácticas de mantenimiento no dependen de los planes de mantenimiento y, por consiguiente, la posibilidad de que no haya piezas de repuesto en existencia es alta. (Super user, 2020, párr. 2)

Es el concepto de mantenimiento más antiguo, puesto que permite operar el equipo hasta que la falla ocurra antes de su reparación o sustitución. Este tipo de mantenimiento requiere poca planeación y control, pero sus desventajas lo hacen inaceptable en grandes instalaciones, ya que el trabajo es realizado sobre una base de emergencia, la cual resulta en un ineficiente empleo de la mano de obra y ocasiona interrupciones del servicio. (Fulgencio Mejía, M. y Mejía, G., 2012, p. 36)

El mantenimiento correctivo es el conjunto de acciones encaminadas a la reparación de la máquina cuando ha dejado de funcionar. Este tipo de mantenimiento no es programable y lleva asociado un alto coste: mano de obra, materiales utilizados y lo no fabricado durante el tiempo que la máquina o línea está parada.

El mantenimiento correctivo también lleva implícito el concepto de mejora si tras el arreglo y la reparación se analizan las causas de la avería y se registran, lo cual facilitará la realización de acciones posteriores encaminadas a que no vuelva a ocurrir el fallo o avería. Aquí es donde entra en juego una buena gestión del mantenimiento correctivo para que no se quede sólo en un mero: arreglar las máquinas

sin analizar lo ocurrido, lo cual es bastante frecuente en las pequeñas y medianas empresas, principalmente. (Garcia, 2021, p. 10)

El tipo de mantenimiento correctivo se aplica cuando un equipo llega a sufrir una falla de tal manera que este no se programa ya que se da por razones imprevistas, pero con una correcta aplicación del mantenimiento predictivo y preventivo, se puede evitar que el equipo salga de funcionamiento.

4.6. Torres habitacionales

Las Torres son edificios cuya altura es mucho mayor que su anchura. Una torre puede estar aislada, o formar parte de una estructura más compleja. Debido a sus proporciones, puede llegar a convertirse en un hito en el paisaje.

Este término históricamente ha estado relacionado con una función religiosa, militar, o simplemente estética de un edificio. En la actualidad es fácil encontrar torres de viviendas, de oficinas, dentro de complejos de uso mixto... Incluso puede ser una estructura con funciones tecnológicas específicas [comunicaciones, molinos, tendidos eléctricos, entre otros]. (Is-Arquitectura, s.f., párr. 1-2)

En este artículo mi interés se centra en el derecho a la vivienda, antes que en las problemáticas relacionadas con las reivindicaciones sobre el

derecho a la patria o al territorio, en el sentido no occidental de los pueblos indígenas. No obstante, quiero retener el énfasis en la construcción social del espacio y del lugar, así como en el proceso activo de “habitar” en función de las prácticas y relaciones sociales, que está implicado en el concepto más amplio de “hogar”. En un mundo tan poblado por migrantes no se puede tampoco separar por completo el problema social de la vivienda del de los desplazamientos. (Gledhill, 2010, p. 105)

La vivienda en Guatemala sigue siendo deficitaria. Alrededor de millón y medio de soluciones habitacionales hacen falta para que cada familia pueda ser dueña de su propia casa. El problema fundamental está en las residencias de tipo popular, pues es en donde a criterio del gremio de los constructores, el sector cuenta con menos incentivos para ofertar. (Bosque, 2017, párr. 1)

La creciente de una población geográfica ya no se da de manera horizontal debido a que la tierra es cada vez menos para poder satisfacer la demanda con respecto a la cantidad de personas que existen en el mundo en general, es por eso que ha nacido la idea de crecimiento vertical a través de torres habitacionales. El tener una vivienda propia es un derecho fundamental de cualquier persona, es por ello que muchas organizaciones piensan en el hecho de hacer proyectos en la construcción de torres habitacionales que puedan satisfacer la demanda de vivienda de las personas. Todo esto debe ir

de la mano con poder brindar viviendas seguras y de calidad, ya que la vivienda debe de ser el lugar más seguro para cualquier persona, es por ello que se piensa en el mantenimiento de las diferentes áreas de una torre de apartamentos.

4.7. Norma nfpa

La Asociación Nacional De Protección Contra Incendios (NFPA) de USA es una organización global con fondos propios sin ánimo de lucro, establecida en el año 1896, dedicada a proteger las vidas y bienes de los efectos devastadores de los incendios. (Serra, 2019, párr. 1)

Una organización mundial que se fundó en el año 1896 y que tiene como objetivo difundir información y conocimientos para proteger a las personas, las propiedades materiales y el medio ambiente del fuego.

Para llevar a cabo su labor, ha desarrollado una serie de códigos y normas conocidas como las normas NFPA, que son referencia a nivel internacional en protección contra incendios. (Tecnitex, 2022, párr. 3-4)

La NFPA es la fuente principal mundial para el desarrollo y diseminación de conocimiento sobre seguridad contra incendios y de vida.

Con su sede en Quincy, Massachusetts, EE.UU., la NFPA es una organización internacional que desarrolla normas fundada en 1896 para

proteger gente, su propiedad y el medio ambiente del fuego. (Foro de seguridad, s.f., párr. 1)

La norma ha sido creada a partir de la necesidad de proteger a las personas contra todos aquellos riesgos que puedan tener consecuencias fatales que regularmente están asociadas a la integridad física de las personas. En consideración a ello se han detallado ciertos lineamientos para reducir los riesgos que puedan darse por falta de buenas prácticas en el área de trabajo.

4.7.1. Nfpa 70E

La norma NFPA 70E es una norma nacional estadounidense, definida por la Asociación Nacional de Protección contra Incendios para la seguridad eléctrica en el lugar de trabajo. A pesar de su origen en EEUU es aceptada y aplicada a nivel internacional. (Comulsa, 2023, párr. 2)

En cualquier sistema eléctrico de potencia (SEP), como una sala eléctrica, subestación, patio AT o en algún otro recinto eléctrico, puede llevarse a cabo muchas tareas eléctricas de rutina, como maniobras, bloqueos, inspecciones, registros, mediciones, análisis, entre otras. De las tareas pueden ejecutarse mediante de un programa de mantenimiento con la finalidad fundamental de minimizar la accidentabilidad y aumentar la confiabilidad de los procesos y la

seguridad del colaborador o técnicos, todo basado en la Norma NFPA 70E.

Es muy importante destacar que, para todas las tareas antes mencionadas, se deben tener en cuenta ciertas consideraciones indicadas en los artículos de la norma NFPA 70E, ya que, al llevarlas a cabo, el personal técnico se encuentra expuesto de forma constante y enfrentado a un sistema eléctrico con energía y en otras, desenergizado. (Esginnova, 2020, párr. 1-2)

“La norma NFPA70E, abarca todas las prácticas de trabajo relacionadas con la seguridad eléctrica, detalla los conceptos de trabajadores calificados y no calificados y brinda una guía para elaborar un programa de seguridad eléctrica” (Pilco, 2022, p. 26).

La importancia de la norma es muy grande en cuanto al tema de manejo de electricidad, una correcta aplicación de esta puede reducir los riesgos en el área de trabajo y con esto proteger en todo tiempo la integridad de las personas que realizan trabajos de mantenimiento o tarea que involucra la electricidad.

5. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se detallarán de forma concisa el procedimiento a seguir para conseguir los objetivos de la investigación. A través de las variables de la investigación se definirán los procesos por seguir y los instrumentos por utilizar en el trabajo de campo. Se definirá las generalidades de la investigación, con conocimiento del tipo, enfoque y diseño de la investigación abordada. Además, se definirá la operacionalización de las variables y se mostrará la forma en la que se hará la recolección, procesamiento y análisis de los datos.

5.1. Diseño de la investigación

El trabajo de investigación se clasifica dentro de lo no experimental, ya que se analizarán los fenómenos o acontecimientos de la forma en que se dan en su contexto natural, y seguidamente se hará el análisis de este. También se considera que es de carácter no experimental debido a que se basará en normativas internacionales que se desea aplicar en el área de estudio.

5.2. Enfoque de la investigación

El enfoque de esta investigación será Mixto, debido a que se considerarán variables cualitativas y cuantitativas para resolver el problema encontrado. Se tomará en cuenta aspectos del entorno y del estado de los equipos de las subestaciones en estudio. Además, se usarán métodos de recolección de datos en lo cual se hará manipulación de variables numéricas.

5.3. Tipo de investigación

El trabajo de investigación será del tipo descriptivo, en este se medirán variables numéricas que ya han sido estudiadas. Así mismo se analizarán equipos eléctricos y la forma en que se deben de cuidar para prolongar la vida útil de los mismos. Tomando en cuenta y en todo momento la seguridad de las personas implícitas en la investigación.

5.4. Variables

En la investigación se estudiarán dos macro variables que definirán y darán rumbo a la misma las cuales serán: Plan de mantenimiento y Normativa eléctrica NFPA 70E 2021 del NEC. De estas dos grandes variables se desprenden otras variables las cuales definen el problema que se quiere solucionar. A continuación, se darán los conceptos básicos de estas variables en la tabla de operacionalización.

5.4.1. Operacionalización de variables

En la siguiente tabla se definirán cada una de las variables en estudio y se señalaran las dimensiones, indicadores e instrumentos que se utilizarán para medir cada una de ellas buscando darle solución o respuesta a la problemática encontrada y tener una guía para la realización de las tareas que se programen.

Tabla 1.

Operacionalización de variables

TEMA				
Propuesta de diseño del plan de gestión para el mantenimiento de subestaciones eléctricas de torres habitacionales aplicando la normativa de seguridad eléctrica NFPA 70E del código eléctrico nacional (NEC) 2021 en zona 10 de la ciudad de Guatemala, Guatemala.				
Diseño de investiga.:	Enfoque de la investiga.:	Tipo de investiga.:	Alcance de la investigación:	
No experimental	Mixto	Descriptiva	Descriptivo	
Macro variable	Definición conceptual	Variables	Dimensiones	Indicadores
Plan de mantenimiento	Plan de gestión para la realización de las actividades de mantenimiento de forma organizada y eficiente con el objetivo de tener una fiabilidad y seguridad en el suministro de energía eléctrica en el edificio.	Eficiencia del mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de actividad. • Costo del mantenimiento. • Calidad del mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo promedio que dura una falla. • Disponibilidad del equipo • Porcentaje de los costos de mantenimiento del edificio. • Satisfacción del cliente. • Retrabajo del mantenimiento
		Procedimiento de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Ejecución de mantenimiento. • Gestión de recursos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de cumplimiento del plan. • Bloqueo y etiquetado. • Relación entre recursos y resultados obtenidos.
		Respaldo de energía	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo de los equipos. • Disponibilidad del sistema de respaldo.

Continuación de la tabla 1.

Macro variable	Definición conceptual	Variables	Dimensiones	Indicadores
Plan de mantenimiento	Plan de gestión para la realización de las actividades de mantenimiento de forma organizada y eficiente con el objetivo de tener una fiabilidad y seguridad en el suministro de energía eléctrica en el edificio.	Formación de personal	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimientos técnicos. • Habilidades prácticas. • Gestión del tiempo. • Actualización tecnológica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de los conocimientos adquiridos. • Capacidad para identificar y resolver problemas. • Habilidad de planear los tiempos de mantenimiento. • Grado de Adopción de nuevas tecnologías.
		Comunicación.	<ul style="list-style-type: none"> • Flujo de información en el edificio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de cumplimiento del plan. • Bloqueo y etiquetado. • Relación entre recursos y resultados obtenidos.
Normativa de seguridad eléctrica NFPA 70E 2021	Norma que regula todas las actividades laborales relacionadas con la manipulación de energía eléctrica. Por lo cual toma en cuenta la seguridad de las personas a través del cumplimiento de las mismas.	Seguridad eléctrica.	<ul style="list-style-type: none"> • Lineamientos de salud y seguridad ocupacional. 	<ul style="list-style-type: none"> • Salud y seguridad ocupacional. • Protección contra incendios, accidentes e incidentes.
		Cumplimiento de normativa	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento y comprensión. • Adopción de medidas de seguridad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de comprensión de la norma. • Adaptabilidad al uso de EPP.
		Historial de fallas	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia de fallas. • Gravedad de fallas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tasa de fallas. • Costo asociado a las fallas.

Nota. Esta tabla muestra cada una de las variables y los indicadores que se medirán en el desarrollo de la investigación. Elaboración propia, realizado en Word.

5.5. Técnicas de investigación

En esta sección se explicarán cada uno de los instrumentos que se utilizarán en el estudio de campo para medir las variables y hacer una serie de recolección de datos que servirán para cumplir los objetivos de la investigación y con ello orientar la solución del problema encontrado. En la tabla 2 se muestra cada uno de los instrumentos según las variables de la investigación.

Tabla 2.

Instrumentos de investigación

Técnicas e instrumentos de investigación					
Diseño de investiga.:	Enfoque de la investiga.:	Tipo de investiga.:	Alcance de la investigación:		
No experimental	Mixto	Descriptiva	Descriptivo		
Objetivos	Actores implicados	Variables	Indicadores	Técnicas	Instrumento
Proponer un plan de mantenimiento para los equipos de subestaciones eléctricas en los edificios habitacionales aplicando la normativa de seguridad eléctrica NFPA 70 E del NEC.	Administradores de los edificios, habitantes de la torre de apartamentos, supervisor y técnico en mantenimiento	Eficiencia del mantenimiento	Tiempo promedio que dura una falla.	Cuestionario	Pregunta 3 (cuestionario de generalidades)
			Disponibilidad del equipo	Cuestionario	Pregunta 2 y 3 (cuestionario de generalidades)
			Porcentaje de los costos de mantenimiento del edificio.	Cuestionario	Pregunta 5 (cuestionario de generalidades)
			Satisfacción del cliente.	Cuestionario	Pregunta 6 (cuestionario de generalidades)

Continuación de la tabla 2.

Objetivos	Actores implicados	Variables	Indicadores	Técnicas	Instrumento	
Proponer un plan de mantenimiento para los equipos de subestaciones eléctricas en los edificios habitacionales aplicando la normativa de seguridad eléctrica NFPA 70 E del NEC.	Administradores de los edificios, habitantes de la torre de apartamentos, supervisor y técnico en mantenimiento	Eficiencia del mantenimiento	Retrabajo del mantenimiento.	Cuestionario.	Pregunta 7 (cuestionario de generalidades)	
		Procedimiento de mantenimiento.	Índice de cumplimiento del plan.	observación/Hoja de proceso	Hoja de procedimiento en general	
			Bloqueo y etiquetado.	Check list	Pregunta 9	
				Relación entre recursos y resultados obtenidos.	observación/Hoja de proceso	Hoja de procedimiento en general
				Evaluación de los conocimientos adquiridos.	Cuestionario técnico	Cuestionario en general (Google forms)
				Capacidad para identificar y resolver problemas.	Cuestionario técnico/observación	Pregunta 7 (cuestionario de generalidades)
			Formación de personal	Habilidad de planear los tiempos de mantenimiento.	Cuestionario técnico	Cuestionario en general (Google forms)
				Grado de Adopción de nuevas tecnologías.	Cuestionario técnico	Pregunta 11 (Google forms)
				Costo de los equipos.	Lista de cotejo	Lista de cotejo en general
			Respaldo de energía	Disponibilidad del sistema de respaldo	Lista de cotejo	Lista de cotejo en general

Continuación de la tabla 2.

Objetivos	Actores implicados	Variables	Indicadores	Técnicas	Instrumento
Proponer un plan de mantenimiento para los equipos de subestaciones eléctricas en los edificios habitacionales aplicando la normativa de seguridad eléctrica NFPA 70 E del NEC.	Administradores de los edificios, habitantes de la torre de apartamentos, supervisor y técnico en mantenimiento	Comunicación.	Claridad de la información	Check list	Pregunta 10
		Seguridad eléctrica.	Salud y seguridad ocupacional.	Check list	Check list en general
			Protección contra incendios, accidentes e incidentes.	Check list	Pregunta 2 a la 9
		Cumplimiento de normativa.	Nivel de comprensión de la norma	Cuestionario técnico	Pregunta 12 y 13 (Google forms)
			Adaptabilidad al uso de EPP.	Cuestionario técnico	Pregunta 14 (Google forms)
		Historial de fallas.	Costo de los equipos.	Cuestionario general	pregunta 2
Disponibilidad del sistema de respaldo	Cuestionario general		pregunta 8		

Nota. En esta tabla se presentan los instrumentos por utilizar según la variable que se estudiará. Elaboración propia, realizado en Word.

Entre los instrumentos y técnicas que se utilizarán en esta investigación, se detallan los siguientes:

- Cuestionario técnico
- Lista de cotejo sistema de respaldo
- Hoja de parámetros
- Procedimiento
- Cuestionario general
- Check list

A través del cuestionario técnico se pretende saber el nivel de conocimiento del personal técnico con respecto al tema de subestaciones eléctricas, mantenimiento eléctrico y el compromiso que tienen los involucrados con relación a la seguridad en el área de trabajo.

En cuanto al sistema de respaldo de energía, se busca tener una guía que ayude a mantener el equipo en las óptimas condiciones de funcionamiento. A través de la lista de cotejo se pretende conocer los parámetros básicos del equipo y darle el seguimiento necesario para que este en las óptimas condiciones de uso, así mismo se pretende preparar al personal en el uso del equipo.

Con la hoja de parámetros se pretende analizar el nivel de eficiencia del mantenimiento realizado por el personal técnico. A través del comportamiento de los equipos post-mantenimiento, se podrá definir el grado de eficiencia alcanzado en el trabajo realizado.

En la hoja de procedimientos, se detallan, de forma general, algunas de las tareas que se deben realizar en el proceso de mantenimiento, con ello se busca llevar a cabo de manera ordenada y secuencial cada de una de las tareas buscando la eficiencia y mantener la seguridad física del personal a cargo del mantenimiento.

A través del cuestionario general, se hará la recolección de los datos de la torre de apartamentos, por medio de los administradores de los edificios se conocerán parámetros que servirán para desarrollar el plan de mantenimiento.

Con el instrumento denotado como Check list, se pretende que los encargados del proceso de mantenimiento tengan un control de cada una de

las cosas importantes que se deben de tener durante el mantenimiento esto incluye herramienta, equipo de protección personal y conocimiento del trabajo por parte de los involucrados.

5.6. Población y muestra de estudio

Para este estudio se tendrá una población que consiste en torres habitacionales ubicadas en la zona 10 de la ciudad de Guatemala el total es de 77 torres de apartamentos de la cual se tomará una muestra que se determinará a través de la ecuación estadística de muestreo aleatorio simple (1), la cual se describe en la sección 5.7.

5.6.1. Criterios de inclusión

Dentro del estudio se incluirán todas las torres habitacionales que se encuentren dentro de la zona geográfica de zona 10 de la ciudad de Guatemala. Se incluirán todas aquellas torres que sean destinadas para uso de viviendas no importando si cuentan con locales comerciales y otras amenidades. Otro criterio de inclusión será que sean torres de apartamentos de 10 o más niveles.

5.6.2. Criterios de exclusión

El criterio principal para excluir alguna de las torres de apartamentos será que no cuenten con un cuarto eléctrico destinado para subestación eléctrica y que no cuente con los equipos básicos como transformador eléctrico, transferencia automática, generador de emergencia los cuales definen una pequeña subestación eléctrica.

5.7. Muestreo

Para el muestreo, se hará uso de la ecuación estadística de muestreo aleatorio simple (MAS), debido a que esta ecuación es utilizada para el muestreo con elementos de forma limitada. A través de ella se obtendrá la muestra ideal para realizar la recolección de los datos en el menor tiempo posible, a través de las variables se definirá un nivel de confianza óptimo con un margen de error óptimo.

A continuación, se muestra la ecuación y se define cada una de sus variables:

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{e^2 * (N - 1) + k^2 * p * q} \quad (1)$$

Definiendo las variables:

- n = tamaño de muestra (número de elementos extraídos de la población).
- k = coeficiente de confiabilidad (parámetro estadístico que depende del nivel de confianza, en la tabla 1 se muestra la relación).
- p = variabilidad positiva (probabilidad de que ocurra el evento estudiado).
- q = variabilidad negativa (probabilidad de que no ocurra el evento estudiado, $1-p$).
- N = tamaño de la población
- e = error muestral

En el municipio del estudio se identifica que la población de torres habitacionales es de 77, las cuales pueden verificarse en Google maps y cotejar con la municipalidad de Guatemala. Entonces, para:

$$N = 77$$

$k = 1.96$ para un nivel de confiabilidad del 99%, según la distribución normal

$$p = 0.5, q = 0.5$$

$$e = 0.1$$

Sustituyendo en la ecuación (1),

$$n = \frac{(1.96)^2 * 0.5 * 0.5 * 77}{(0.1)^2 * (77 - 1) + (1.96)^2 * 0.5 * 0.5} = 42.98 \approx 43$$

el resultado es de: 42.98, este resultado se redondea a 43 debido a que la muestra es de torres habitacionales por lo que requiere números enteros. Se interpreta que, para una población de 77 torres habitacionales, con una confiabilidad del 99 % y una probabilidad de 50 % de éxito, se deberá tomar una muestra de 43 torres con un rango de torres de 33 a 53.

Tabla 3.

Valor de K asociado al nivel de confianza

Nivel de confianza (%)	k
99.7	3
99	2.58
98	2.33
96	2.05
95	1.96
90	1.645
80	1.28
50	0.674

Nota. Valores de k para algunos porcentajes de confianza según una distribución normal.

Elaboración propia, realizado en Word.

5.8. Técnicas de recolección de datos

Dentro de las técnicas que se utilizarán en esta investigación está el cuestionario, esta técnica servirá para hacer la recolección de los datos generales de las torres habitacionales que serán el objeto de estudio, dicho cuestionario va dirigido a los administradores de estos edificios quienes tendrán la capacidad de responder el cuestionario al ser simple y directo.

Otras de las técnicas por utilizar será la observación, a través de ella se pretende medir las variables de la investigación y va dirigido a los técnicos encargados del mantenimiento y administradores de los edificios en estudio para dar credibilidad de que el proceso se sigue de manera correcta y ordenada.

5.9. Instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de los datos en este estudio, se usarán dos instrumentos principales que van dirigidos a los administradores de las torres habitacionales y a los técnicos que realizaran los mantenimientos. A través de Cuestionarios se pretende hacer la recolección de los datos que servirán para realizar un plan de gestión estructurado y eficiente. También se pretende saber sobre las capacidades individuales de los técnicos y de esa manera saber si son aptos para la realización de las diferentes etapas del mantenimiento.

5.10. Procesamiento y análisis de datos

Al momento de tener los datos recolectados a través de los instrumentos destinados para este proceso, se procederá al análisis haciendo uso de herramientas de procesamiento de datos. Así mismo se analizarán los

datos obtenidos mediante la tabulación de estos y se graficará cada uno de ellos y a través de ello se podrá realizar la comparación de los datos con datos históricos del tema en estudio de investigaciones previas.

5.11. Límites de la investigación

Dentro de los límites del estudio se puede observar un límite financiero para llevarlo a cabo. Al existir muchas torres habitacionales en la zona donde se hará el estudio, se aprecia un gasto significativo al momento de realizar el estudio en todas ellas, por tal razón se tomará una muestra de esa población para poder reducir los costos asociados a la movilización hacia esa zona específica.

5.12. Obstáculos (riesgos y dificultades)

Dentro de los obstáculos que se podrían encontrar al realizar el estudio, se encuentra la falta de atención, por parte de los administradores, de facilitar información acerca de los edificios y el no permitir que se ingrese a las instalaciones de la subestación eléctrica la cual se desea estudiar. Esto limitaría el progreso y éxito del estudio mismo.

Así mismo el desconocimiento de normativas de seguridad eléctrica, aumentaría los riesgos de accidentes e incidentes durante los procesos de mantenimiento y la falta de disposición en la aplicación de estas normativas dificulta la realización en general del plan.

5.13. Aspectos éticos de la investigación

Dentro de los aspectos éticos y morales que se tendrán presentes durante la investigación se eran reflejados en la recolección de los datos, las encuestas o cuestionarios a los que serán sometidos las personas se harán de manera anónima, esto facilitará la recolección de los datos. En esta misma línea se utilizará información que es de acceso o dominio público.

5.14. Autonomía de la investigación

Al realizar cada uno de los pasos en el que se tendrá contacto con las personas que se desea. Se les dará a conocer en todo momento la confidencialidad de los datos que puedan proporcionar, de forma escrita se detallaran los procesos de privacidad para una mejor confianza y credibilidad.

Se tomarán en cuenta todos aquellos participantes que cumplan con los criterios de inclusión y que estén de acuerdo en la realización del estudio, dejando en todo tiempo claro los beneficios que traerá la realización del estudio.

5.15. Riesgos de la investigación

Dentro de los riesgos está incluido todo aquello que forma parte de la recolección de los datos que se hará a través de los instrumentos, la privacidad de estos será importante en caso de ser datos confidenciales o datos que los participantes no quieran proveer.

5.15.1. Nivel 1 (sin riesgo)

El nivel de riesgo de la recolección de los datos se clasifica en el nivel 1, ya que no habrá riesgo al solicitar cada uno de los datos detallados en los instrumentos. Además, la resolución de cuestionarios y encuestas se realizarán de manera anónima y no se harán pruebas que afecten la integridad física de las personas.

6. CRONOGRAMA Y COSTOS DEL ESTUDIO

En el siguiente capítulo se describirá el cronograma de actividades que se han realizaran en el periodo de tiempo desde que inicio seminario 2 hasta el final de la maestría que se culminara con el curso de seminario 3 y la entrega de informe final. También se describirá de forma general los costos asociados al estudio.

6.1. Cronograma

El cronograma de actividades se dividirá en fases las cuales se realizarán de forma periódica semana a semana. A continuación, se detalla cada una de esas fases:

- Fase 1: en esta fase se indagará de forma profunda acerca de la normativa que se aplicará y se elaborará la propuesta del plan de mantenimiento que se desea entregar. A través de la investigación de artículos científicos relacionados a la seguridad eléctrica y la seguridad ocupacional se elaborará el plan. De igual manera se validarán los instrumentos para aplicarlos en la siguiente fase.
- Fase 2: en esta fase se hará uso en campo de los instrumentos diseñados para la investigación, a través de ello se hará la recolección de los datos que servirán para realizar la comparación con datos históricos y se medirán cada uno de los indicadores desarrollados a través de los instrumentos.

- Fase 3: en esta fase se hará uso de herramientas como Excel para el análisis de los datos, mediante tablas y graficas se estudiarán cada uno de los datos obtenidos en las fases anteriores y se presentarán los resultados obtenidos. Con ello se describirá el plan de gestión que se pretende diseñar.
- Fase 4: en esta fase se diseñará y entregará el informe final del trabajo de graduación.

Tabla 4.

Cronograma de actividades

Actividad	3er. trimestre		4to. trimestre		5to. trimestre		6to. trimestre			
	Febr.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Sept.	Oct.	Nov
Seminario 2	X	X	X							
Fase I			X	X						
Fase II					X	X	X			
Fase III								X	X	
Fase IV										X

Nota. Esta tabla muestra la forma periódica en el que se realizará la investigación. Elaboración propia, realizado en Word.

6.2. Costo del estudio

A continuación, se presenta los costos asociados a la investigación del trabajo de graduación. Los costos serán absorbidos por el investigador.

Tabla 5.*Costos del estudio*

	Materiales	Presupuesto
Humano	Investigador	Q. 25,000.00
	Ayudante	Q. 10,000.00
	Médicos	Q. 1,000.00
	Capacitaciones	Q. 1,500.00
Transporte	Gasolina	Q. 1,500.00
	Mantenimiento	Q. 1,000.00
Administrativos	Matricula estudiantil	Q. 1,031.00
	Pago anual por cursos	Q. 8,100.00
	Gestión de permisos	Q. 1,200.00
Equipo de uso personal	Computadora	Q. 4,500.00
	Impresora	Q. 1,250.00
	Internet anual	Q. 2,400.00
Materiales de oficina	Hojas	Q 300.00
	Lapiceros	Q. 40.00
	Grapadoras	Q. 35.00
Gastos no previstos		Q. 1,000.00
Total		Q. 59,856.00

Nota. Costos estimados del trabajo de investigación. Elaboración propia, realizado en Word.

7. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

En esta investigación se tomarán en cuenta aquellos factores técnicos, económicos y demás factores que serán importantes en el éxito del estudio. A continuación, se describen algunos de los factores que demostraran la viabilidad de la investigación.

- Factibilidad técnica: el estudio contará con una factibilidad técnica, debido a que el estudio que se realizará requiere recursos técnicos que serán cubiertos por el investigador. Se usarán software que son de dominio público y son de conocimiento del investigador. Además, el investigador cuenta con el conocimiento y la experiencia en el estudio por realizar.
- Factibilidad económica: la investigación es factible desde el punto de vista económico, debido a que los costos del estudio son cubiertos por el investigador y se cuenta con el capital necesario para su éxito.
- Factibilidad operativa: el estudio cuenta con este tipo de factibilidad, debido a que se cuenta con las herramientas y medios necesarios para llevar a cabo las tareas que se deben realizar. Las tareas se llevarán a cabo con un plan que se deberá seguir paso a paso.
- Factibilidad social: el estudio tendrá una factibilidad social debido a que tendrá un impacto importante en la implementación de la propuesta para gestionar los mantenimientos. Esto provocará seguridad y calidad en el

servicio eléctrico de las torres habitacionales lo cual se transmitirá a los habitantes de estos edificios.

8. PROPUESTA ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Planeación

1.1.1. Plan de gestión

1.2. Subestaciones eléctricas

1.3. Clasificación de subestaciones

1.3.1. Subestación eléctrica según su función

1.3.1.1. Subestación de distribución

1.4. Elementos de una subestación eléctrica residencial

1.4.1. Transformador eléctrico

1.4.1.1. Transformador tipo seco

1.4.1.2. Transformador de distribución convencional

1.4.1.3. Transformador tipo pedestal

1.4.2. Tablero de distribución

1.4.3. Transferencia automática

1.4.4. Generador eléctrico

- 1.5. Mantenimiento
 - 1.5.1. Objetivo del mantenimiento
 - 1.5.2. Tipos de mantenimiento
 - 1.5.2.1. Mantenimiento preventivo
 - 1.5.2.2. Mantenimiento predictivo
 - 1.5.2.3. Mantenimiento correctivo
- 1.6. Torres habitacionales
- 1.7. Norma NFPA
 - 1.7.1. NFPA 70E

2. MARCO METODOLÓGICO

- 2.1. Universo
- 2.2. Variable
 - 2.2.1. Operacionalización de variables
- 2.3. Muestreo
- 2.4. Tipo y diseño de investigación
- 2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos
- 2.6. Procesamiento y análisis de datos
- 2.7. Límites de la investigación
- 2.8. Riesgos de la investigación
 - 2.8.1. Nivel 1 (sin riesgo)

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

REFERENCIAS

- Alvarado, D. (2017). *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de los equipos críticos de las principales subestaciones de la empresa de energía de boyacá s.a. e.s.p. aplicado por la empresa asistencia técnica industrial Ltda* [Tesis de licenciatura, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia]. Archivo digital. https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/handle/001/2722/TGT_1317.pdf;jsessionid=9B96B95BAE82CE65B1467D765A387231?sequence=1
- Arencibia, M. (2007). Conceptos fundamentales sobre el mantenimiento de edificios. *Revista de arquitectura e ingeniería*, 1(1), 1-8. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193915927005>
- Arteaga, Y. y Triana, J. (2014). *Modelo de gestión para la articulación de la planeación en la universidad distrital Francisco José Caldas* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Archivo digital. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/2769/52919113.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Asana, (2022). *Plan de gestión del alcance: Qué es y cómo crearlo*. Autor. <https://asana.com/es/resources/scope-management-plan>
- Beltrán, M., Fuentes, B. y Martínez, K. (2021). *Definición de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos clasificados como críticos e identificación de las fallas mecánicas de mayor impacto en la planta de producción de ITALCOL S.A Barranquilla*. [Tesis de licenciatura,

Universidad de la Costa]. Archivo digital.
[https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/4857/DEFINICI%
c3%93N%20DE%20UN%20PLAN%20DE%20MANTENIMIENTO%20
PREVENTIVO%20PARA%20LOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/4857/DEFINICI%C3%93N%20DE%20UN%20PLAN%20DE%20MANTENIMIENTO%20PREVENTIVO%20PARA%20LOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Borda, M. (2019). *Gestión de mantenimiento predictivo a transformadores de potencia por medio de análisis de gases disueltos (DGA) y técnicas complementarias* [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Callao]. Archivo digital.
<https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/7920>

Bosque, H., (2017). *Construcción vertical, una ciudad que ya no se expande*. Asociación de gerentes de Guatemala. [https://agg.org.gt/blog/revista-
gerencia/construccion-vertical-una-ciudad-que-ya-no-se-expande/](https://agg.org.gt/blog/revista-gerencia/construccion-vertical-una-ciudad-que-ya-no-se-expande/)

Blanco, A. (2021). *Se conmemora primera fundación de la ciudad de Guatemala*. DCA. [https://dca.gob.gt/noticias-guatemala-diario-centro-
america/se-conmemora-primera-fundacion-de-la-ciudad-de-
guatemala/#:~:text=El%2011%20de%20abril%20de,la%20primera%20
capital%20de%20Guatemala.](https://dca.gob.gt/noticias-guatemala-diario-centro-america/se-conmemora-primera-fundacion-de-la-ciudad-de-guatemala/#:~:text=El%2011%20de%20abril%20de,la%20primera%20capital%20de%20Guatemala.)

Calero, I. (2008). *Protección de generadores eléctricos mediante relés microprocesadores multifuncionales* [Tesis de licenciatura, Escuela Politécnica Nacional]. Archivo digital.
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/710>

Campos, E. (31 de enero de 2020). *Vivir en edificios de apartamentos, el nuevo objetivo millennial*. Soy 502. [https://www.soy502.com/articulo/vivir-
edificios-apartamentos-nuevo-objetivo-millennial-101024](https://www.soy502.com/articulo/vivir-edificios-apartamentos-nuevo-objetivo-millennial-101024)

- City Max, Real State Guatemala, (2021). *Los edificios más altos de ciudad de Guatemala*. City Max. <https://www.citymax-gt.com/los-edificios-mas-altos-de-ciudad-de-guatemala/>
- Chedraui, (2010). *Subestaciones eléctricas, transformando y distribuyendo energía*. Eléctrica. <https://electronica.mx/wp-content/uploads/2019/02/Electronica34.pdf>
- Comulsa, Sicame Group. (3 de febrero 2023). *La Norma nfpa 70e y todo lo que debes saber sobre la norma de seguridad eléctrica en el trabajo*. Comulsa. <https://www.comulsa.com/blog/la-norma-nfpa-70e-y-todo-lo-que-debes-saber-sobre-la-norma-de-seguridad-el%C3%A9ctrica-en-el-trabajo>
- Correa, A. y Giraldo, J. (2014). *Diagnóstico de fallas en transformadores de distribución monofásicos para la empresa Emcartago* [Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica de Pereira]. Archivo digital. <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/68285d22-9305-48c5-97a4-b59851c415d5/content>
- Cuadros, L. (2021). *Implementación de un sistema de gestión de mantenimiento en la empresa Récord S.A.* [Tesis de maestría, Universidad Ricardo Palma]. Archivo digital. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/4442>
- Curo, V. (2021). *Diseño e implementación de un sistema de transferencia automática de energía eléctrica con interruptor de acoplamiento de barras para selección de cargas esenciales, monitoreo y control* [Tesis

de licenciatura, Universidad Tecnológica del Perú]. Archivo digital.
<https://hdl.handle.net/20.500.12867/5242>

Delfino, R., Pujadas, M. y Montanaro, L. (s.f.). *Prevención de Riesgos en Trabajos con Corriente Eléctrica*. Fundación Uocra.
https://www.oitcenterfor.org/sites/default/files/preve_electrica.pdf

Di Troias, G., Woo, K. y Zahalman, G. (s.f.). *Teoría y aplicación de los conectores, una guía para el diseño y la especificación de conexiones*. Ensys S.A.C.
<https://www.ensys.pe/articulos/conector/conectores12subs.html>

Díaz, D., (2020). *Mantenimiento preventivo a equipo primario en Subestaciones Eléctricas de Alta Tensión*. [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Morelos]. Archivo digital.
http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/3484/DIHDR_V00.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Eaton, (s.f.). *Tableros de distribución: conceptos fundamentales de los tableros de distribución*. Eaton. <https://www.eaton.com/mx/es-mx/products/low-voltage-power-distribution-control-systems/switchboards/switchboard-fundamentals.html>

Electroingeniera (s.f.). *Transformadores convencionales*. Electroingeniería.
<https://ei.com.co/product/transformadores-convencionales/#:~:text=Los%20transformadores%20de%20distribuci%C3%B3n%20convencionales,Potencias.&text=Te%20asesoramos%20sobre%20el%20equipo%2C%20disponibilidad%20y%20tiempos%20de%20entrega>

Endesa (s.f.). *El generador eléctrico*. Fundación Endesa. <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/generador-electrico>

Flores, E. (2018). *Protocolo de mantenimiento para mejorar el sistema eléctrico mecánico de los talleres de la institución educativa República de Colombia-UGEL-02-LIMA* [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Callao]. Archivo digital. <https://hdl.handle.net/20.500.12952/4581>

Foro de Seguridad (s.f.). *NFPA - National Fire Protection Association*. Foro de Seguridad. <https://www.forodeseguridad.com/instit/intl/nfpa.htm>

Fulgencio, A., Mejía, M. y Mejía, G. (2012). *Operación y Mantenimiento de Equipo Primario En subestaciones Eléctricas Convencionales Tipo Industriales*. [Tesis de licenciatura, Instituto Politécnico Nacional]. Archivo digital. <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/11561/24.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

García, M. (2016). Una polémica trascendental sobre el mantenimiento Preventivo y Predictivo. *Revista de Investigaciones Sociales*. 3 (8) 8-15. https://www.ecorfan.org/republicofnicaragua/researchjournal/investigacionessociales/journal/vol3num8/Revista_de_Investigaciones_Sociales_V3_N8.pdf#page=8

García, A. (2019). *Desarrollo del sistema de control de un tablero de transferencia automática de 2 grupos electrógenos en paralelo con la red* [Tesis de licenciatura, Universitat de Chile]. Archivo digital. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/170283>

García, J., (2021). *Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento en una empresa de transporte pesado mediante la herramienta de sistema de posicionamiento global G.P.S.* [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0802_MT.pdf

García, G., Gonzáles, H. y Cortés, E. (2009). Metodología de mantenimiento con posible aplicación en el sector agroindustrial. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 4(2), 137-150. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321428102014>

Garijo, I., (2019). *Definición del mantenimiento e instrumentación de una sala de ensayos de un motor monocilíndrico de investigación.* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Valencia]. Archivo digital. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/130528/Garijo%20-%20Definici%C3%B3n%20del%20mantenimiento%20e%20instrumentaci%C3%B3n%20de%20una%20sala%20de%20ensayos%20de%20un%20motor%20monoci....pdf?sequence=1>

Gonzales, M. (2022) *Diseño de investigación de la propuesta de plan de mantenimiento para transformadores eléctricos de distribución que suministran energía a una edificación y sus instalaciones* [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1074_EA.pdf

Gledhill, J., (2010). El derecho a una vivienda. *Revista de Antropología Social*, 19(), 103-129. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83817227005>

Gonzalez, I. (2023). *Diseño de investigación de un plan de gestión para la mejora de instalaciones eléctricas domiciliarias aplicando la norma nfp 70 del código eléctrico nacional (NEC) 2020 en la zona 3 cantón El Mosquito del municipio de San Pedro Sacatepéquez del departamento de San Marcos* [Tesis de Maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/19009>

Gonzalez, M. (2023). *Diseño de investigación de la propuesta de plan de mantenimiento para transformadores eléctricos de distribución que suministran energía a una edificación y sus instalaciones* [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. https://drive.google.com/file/d/1PXVRe5ldVzT6lqxInLbb0JEabQzX7_wl/view?usp=sharing

Guerra, H. (1999). *Guía para la planificación, elaboración y evaluación de un proyecto de infraestructura* [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2032_C.pdf

Grajeda, V. (2008). *Estudio para construcción de la subestación de edificios t2, t3, t4, y t5 de la Universidad de San Carlos de Guatemala* [Tesis de licenciatura Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0688_EA.pdf

Huertas, T., Suarez, E., Salgado, M., Jadán, L. y Jiménez, B. (2020). *Diseño de un Modelo de Gestión. Base Científica Y Practica Para Su Elaboración. Revista Científica, Universidad Cienfuegos*. 12 (1) 15-21.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202020000100165

Iberdrola, (s.f.). *Mantenimiento predictivo: la técnica basada en datos clave para anticipar errores.* Iberdrola. <https://www.iberdrola.com/innovacion/mantenimiento-predictivo#:~:text=El%20mantenimiento%20predictivo%20es%20una,de%20que%20sobrevenga%20el%20fallo.>

Is-Arquitectura, (s.f.). Torres. ARQuitectura. <https://is-arquitectura.com/arquitectura/torres/>

Laj, E. (2011). *Análisis y diagnóstico de las instalaciones eléctricas del antiguo hospital de emergencias del igss zona 13* [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0788_EA.pdf

López, F. (2016) *Evaluación del cumplimiento del Acuerdo Gubernativo 229-2014 y reformas del reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional y su incidencia en la prevención de la salud laboral de los colaboradores de Fábrica El Zeppelin* [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. <https://www.postgrados.cunoc.edu.gt/tesis/b99e74c3539f1f43cf85f0d7257531794fcd312a.pdf>

Marroquín, J. (2021). *Diseño de investigación para el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo al sistema de tierras basado en análisis de mediciones de resistividad y protección contra descargas eléctricas atmosféricas en un centro comercial ubicado en zona 16 de Guatemala*

[Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital.

<http://www.repositorio.usac.edu.gt/18781/1/JOS%C3%89%20PABLO%20MARROQU%C3%8DN%20VILLATORO.pdf>

Martínez, J. (2011). *Transformaciones urbanas en Guatemala 1950-2002*. CEPAL.

https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/florentin_martinez.pdf

Mateo, M. (2022). *Propuesta de plan de mantenimiento correctivo que garantice la disponibilidad de la flota de camiones fríos de 5 toneladas para distribuidoras avícolas* [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital.

<https://drive.google.com/file/d/1yMGtWjDPzfGrbY2B4as7EUR29UT7qVFi/view?usp=sharing>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2023). *¿Qué es planeación?* Minambiente. <https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/temas-planeacion-y-seguimiento/47-tema-inicial>

Montes, J. (2018). *Automatización de una subestación de transformadores secos encapsulados e implementación de un prototipo de prueba para el control de temperatura y protección en aplicaciones de centrales eléctricas fotovoltaicas t - solar Arequipa* [Tesis de licenciatura, Universidad Católica de Santa María]. Archivo digital.

<https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/7731>

Morataya, E. (2011). *Ciudad de Guatemala*. CIMES. https://odut.duot.upc.edu/sites/default/files/Encuesta%20CIMES_Ciudad%20de%20Guatemala_Morataya_MDUT%202011.pdf

Muñoz, B. (2022). *Estudio y aplicación de la norma nfpa 70e, en una instalación de media tensión, ubicada en el taller eléctrico de la universidad*. [Tesis de técnico universitario, Universidad Técnica Federico Santa María]. Archivo digital. <https://repositorio.usm.cl/server/api/core/bitstreams/b73cf81f-d975-4efc-a36c-747236686fdf/content>

Neyra, F. (2020). Seguridad eléctrica en el lugar de trabajo. *Revista Industrial Data*, 23(1), 127-142. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81664593008>

Noriega, L. (2022). *Implementación de un plan de gestión basado en la norma técnica 79-2018 para garantizar la certificación sanitaria emitida por el Ministerio de Salud de Guatemala en la empresa Laboratorios Químicos e higiénicos S.A.* [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. <https://drive.google.com/file/d/1xOLhr1nhrtH3rps8UaQmOxvxxToJSK5q/view?usp=sharing>

Olarte, W., Botero, M. y Cañón, B. (2010). Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción. *Revista Scientia Et Technica*, XVII (44), 354-356. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84917316066>

- Orion Italia, (s.f.). *Transformador tipo seco*. Orionitalia.
<https://www.orionitalia.com/es/aplicaciones/industriales/transformador-tipo-seco>
- Ortiz, A., Rodríguez, C. y Izquierdo, H. (2010). Gestión de mantenimiento en pymes industriales*. *Revista Venezolana de Gerencia*, 18(61), 86-104.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29026161004>
- Pérez, S. y López, J. (2018). *Transformadores eléctricos*. Editorial Universidad Tecnológica de Pereira. <https://hdl.handle.net/11059/11511>
- Pilco, R., (2022). *Procedimientos operativos para asegurar la continuidad del suministro eléctrico en la ciudad de Arequipa considerando el cálculo del arco eléctrico basado en la norma nfpa 70e*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín De Arequipa]. Archivo digital.
<https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/43526b45-7d52-4a7e-9e3e-08c9895e5bc9/content>
- Pocasangre, C. (2017). *Diseño y cálculo de costos y presupuesto del sistema de suministro de energía eléctrica eficiente del proyecto santuario nuestra señora de Lourdes, en el progreso, Jutiapa* [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital.
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/7812/1/Cristian%20Hilario%20Pocasangre%20Ortiz.pdf>
- Preditec, (s.f.). *Mantenimiento predictivo*. Preditec.
<http://www.preditec.com/mantenimiento-predictivo/#>

Rivadeneira, L. (2001). *Guatemala: población y desarrollo. Un diagnóstico sociodemográfico.* CEPAL.
<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/4dbff566-749d-4c31-9f7c-cb203e34a946/content>

Ruiz, C. (2023). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo basado en la norma IEEE C.57.12.90-2015 para la estandarización de pruebas básicas no destructivas a transformadores de distribución sumergidos en aceite para una empresa de mantenimiento eléctrico ubicada en el municipio de Mixco, Guatemala* [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital.
<https://es.scribd.com/document/647476170/CRISTIAN-JOSUE-RUIZ-SOSA-APROBADO>

Sánchez, E. (2021). *Diseño de un interruptor automático de transferencia (ats - automatic transfer switch)* [Tesis de licenciatura, Universitat Politècnica de Catalunya]. Archivo digital.
<http://hdl.handle.net/2117/358249>

Saraccini, J., (2016). *Requerimientos para la implementación de la automatización y control de mantenimiento preventivo de equipo de potencia, por medio de termografías en subestaciones del sistema central, inde.* [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital.
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0935_EA.pdf

Serra, S., (2019). *Definiciones NFPA. Anraci, El Gremio de la Protección Contra Incendios.* ARANCI.
<https://anraci.org/blog/definiciones-nfpa-por-santiago->

[serra/#:~:text=La%20NFPA%20\(National%20Fire%20Protection,contra%20incendio%20y%20seguridad%20humana.](#)

STEL Order. (30 de diciembre de 2021). *Mantenimiento eléctrico*. Stelorder. <https://www.stelorder.com/blog/mantenimiento-electrico/#:~:text=El%20mantenimiento%20el%C3%A9ctrico%20consiste%20en,comprobaciones%20rutinarias%20con%20cierta%20periodicidad>

Super user (28 de septiembre de 2020). *¿Qué es el mantenimiento correctivo?* ANER. <https://www.aner.com/blog/mantenimiento-correctivo.html>

Tecnitex. (2022). *Qué son las Normas NFPA y diferencias con las Normas UNE o EN*. Tecnitexfre. <https://tecnitexfire.com/blog/que-son-las-normas-nfpa-diferencias-con-normas-une-o-en/>

Tecsa. (31 de octubre de 2019). *¿Qué es un transformador eléctrico y cómo funciona?* Tecsaagro. <https://www.tecsagro.com.mx/blog/que-es-un-transformador-electrico/>

Trashorras, J. (2015) *Subestaciones Eléctricas*. (1ª. Edición). Paraninfo. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=OhKyBgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=definici%C3%B3n+de+subestaci%C3%B3n+el%C3%A9ctrica&ots=TNglAHBKGr&sig=UDKow0f9hLrQbCGnz_7nu639-y4#v=onepage&q=definici%C3%B3n%20de%20subestaci%C3%B3n%20el%C3%A9ctrica&f=false

Valladares, L. (2017). *Municipio de Guatemala, Guatemala*. Guatemala.com.

<https://aprende.guatemala.com/historia/geografia/municipio-de-guatemala-guatemala/>

Velásquez, J. (2023). *Diseño de investigación de la normativa OHSAS 18001 como guía para garantizar la seguridad ocupacional e industrial en una empresa de almacenaje, corte y distribución de acero para la industria* [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. <https://drive.google.com/file/d/1UCeiVqfEP9-Gbl2j83lyJ-KtgHMKQWsP/view?usp=sharing>

Weg. (s.f.). *Transformador a seco*. WEG.

https://www.weg.net/catalog/weg/ES/es/Generaci%C3%B3n%2CTransmisi%C3%B3n-y-Distribuci%C3%B3n/Transformadores-Seco/Transformador-a-Seco/p/MKT_WTD_SMALL_DRY_TYPE_TRANSFORMER_UP_TO_300KVA#:~:text=Los%20transformadores%20tipo%20seco%20son,sus%20devanados%20y%20dem%C3%A1s%20componentes.

Ypaneque, C. y Vargas, R. (2019). *Modelo de gestión de mantenimiento preventivo para optimizar la confiabilidad operativa de los helicópteros modelo EC145 Y MI-17 de la Dirección de Aviación Policial* [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Callao]. Archivo digital. <https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/6514>

Zarceño, C. (14 de marzo de 2024). Generalidades de torres de apartamentos. [video]. YouTube. <https://youtu.be/WMEALDjC1yk>

APÉNDICES

Apéndice 1.

Cuestionario técnico



Subestaciones eléctricas

A través de este formulario se pretende saber el nivel técnico de los trabajadores y la experiencia adquirida en el tema de subestaciones eléctricas.


1. ¿Que es una subestación eléctrica y cual es su función principal?

Texto de respuesta largo

Nota. Modelo de cuestionario técnico. Elaboración propia, realizado en Google forms. Link.

Apéndice 2.


Lista de cotejo

 <p>ESCUELA DE ESTUDIOS DE _____ POSTGRADO FACULTAD DE INGENIERÍA</p>	
Auditoria sistema de respaldo de energia eléctrica	
Ficha de inspección técnica del sistema de respaldo de energia electrica del edificio	
Criterio de evaluación: Marque con una X en el lugar que corresponda, anote las observaciones necesarias	
ITEM	VERIFICACIÓN
1	¿Se le ha dado periodicamente mantenimiento correspondiente al equipo de emergencia? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Observaciones _____
2	¿Se cuenta con los equipos necesarios para el respaldo de energia? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Observaciones _____

Nota. Modelo de la lista de cotejo. Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel.

Apéndice 3.


Hoja de parámetros

 ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO FACULTAD DE INGENIERÍA	
Hoja de parametros de eficiencia	
Objetivo: A través de los siguientes parametros se lograra definir el grado de eficiencia del mantenimiento realizado a la subestación eléctrica.	
Item	Parametros
1	Medición de perdidas de energia Durante el mantenimiento, se pueden realizar mediciones de pérdidas de energia en los diferentes componentes de la subestación, como transformadores, interruptores, conductores, etc. Comparando estas mediciones con los valores esperados, se puede evaluar la eficiencia del
2	Análisis de la calidad de energía Se pueden realizar mediciones de parámetros de calidad de energía, como la distorsión armónica, el factor de potencia, la fluctuación de voltaje, etc. Una subestación eficiente debería mantener estos parámetros dentro de ciertos límites aceptables.
3	Inspección de componentes clave Durante el mantenimiento, se inspeccionan componentes clave como los transformadores,

Nota. Modelo de fecha de parámetros. Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel.

Apéndice 4.

Procedimiento general

 ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO FACULTAD DE INGENIERÍA	
PROCEDIMIENTO GENERAL DE MANTENIMIENTO	
OBJETIVO	El objetivo del documento es proveer al personal, de una guía general para el mantenimiento de los equipos de la subestación eléctrica
ITEM	TAREA
1	INSPECCIÓN VISUAL 1.1. Verificar la integridad física de los equipos de la subestación 1.2. Identificar signos de desgaste, corrosión o daño en los componentes. 1.3. Revisar las conexiones eléctricas en busca de cualquier conexión suelta o deteriorada.
2	LIMPIEZA 2.1. Limpiar los equipos y componentes de la subestación, eliminando polvo, suciedad y residuos 2.2. Limpiar las áreas alrededor de los equipos para garantizar un entorno de trabajo seguro.
3	PRUEBAS ELÉCTRICAS 3.1. Realizar pruebas de resistencia de aislamiento en transformadores, interruptores y cables. 3.2. Verificar la continuidad de los circuitos eléctricos y la correcta polaridad de las conexiones. 3.3. Medir y registrar los valores de voltaje y corriente en diferentes puntos de la subestación.
4	MANTENIMIENTO PREVENTIVO 4.1. Lubricar partes móviles según sea necesario, como los mecanismos de los interruptores.

Nota. Modelo de fecha para procedimiento general de mantenimiento, Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel.

Apéndice 6.

Check List

 <p>ESCUELA DE ESTUDIOS DE _____ POSTGRADO FACULTAD DE INGENIERÍA</p>	
CHECK LIST DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO	
Datos del trabajador	
Nombre Completo:	_____
Código:	_____
Fecha:	_____
Hora de inicio:	_____
Hora de finalización:	_____
ITEM	VERIFICACIÓN
1	Se cuenta con los repuestos en caso de necesitarse SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
2	Revisar y verificar el botiquin de primeros auxilios

Nota. Modelo del check list de mantenimiento eléctrico. Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel.

Apéndice 7.

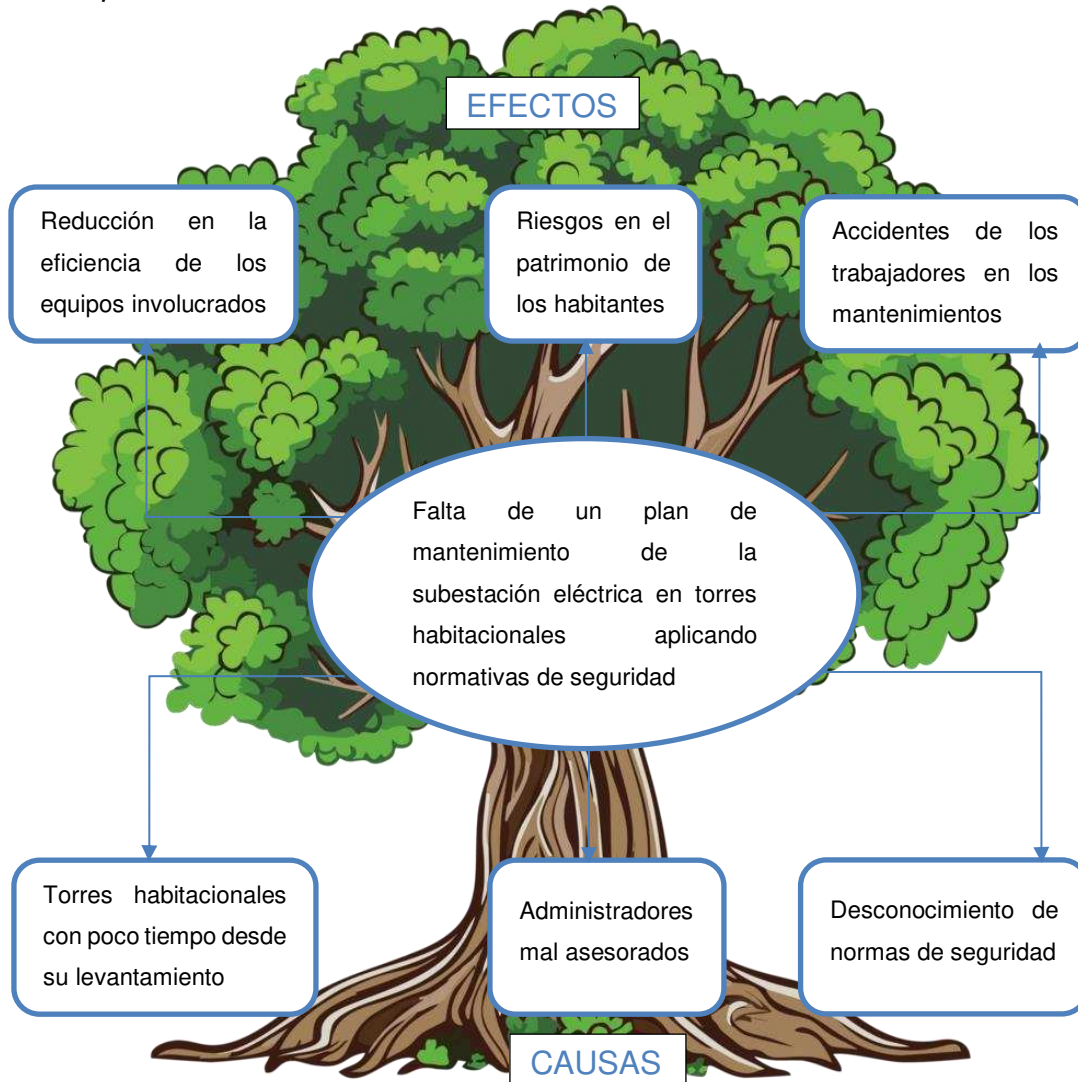
Matriz de coherencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	Preguntas de investigación	METODOLOGÍA	FASE FINAL
<p>1. Problema principal: Se carece de un plan de mantenimiento para los equipos de las subestaciones eléctricas en los edificios habitacionales aplicando la normativa de seguridad NFPA 70E 2021 del NEC.</p> <p>2. Problemas Secundarios</p> <p>-Ausencia de aplicación de normativa de seguridad eléctrica NFPA 70E, en los mantenimientos de las subestaciones eléctricas de torres habitacionales.</p> <p>-Ausencia de un programa de mantenimiento para la realización de los mantenimientos de las subestaciones eléctricas de las torres habitacionales.</p> <p>-No se tiene establecida la forma adecuada según la normativa NFPA 70E para la realización de los mantenimientos de las subestaciones eléctricas de torres habitacionales</p>	<p>1. Objetivo General Proponer un plan de mantenimiento para los equipos de subestaciones eléctricas en los edificios habitacionales aplicando la normativa de seguridad eléctrica NFPA 70 E del NEC.</p> <p>2. Objetivos Específicos</p> <p>a) Establecer la aplicación de la normativa NFPA 70E en la ejecución de los mantenimientos de la subestación eléctrica de torres habitacionales.</p> <p>b) Proponer a la administración un programa para la realización de los mantenimientos de las subestaciones eléctricas de las torres habitacionales.</p> <p>c) Establecer la forma adecuada según la normativa NFPA 70E para la realización de los mantenimientos de las subestaciones eléctricas de torres habitacionales</p>	<p>1. Pregunta principal de investigación ¿Cómo se puede tener un plan de mantenimiento para los equipos de subestaciones eléctricas en los edificios habitacionales aplicando la normativa de seguridad eléctrica NFPA 70E 2021 del NEC?</p> <p>2. Preguntas complementarias de investigación</p> <p>a) ¿Cómo establecer la aplicación de la norma NFPA 70E en la ejecución de los mantenimientos de las subestaciones de las torres habitacionales?</p> <p>b) ¿Cómo proponer a la administración un programa para la realización de los mantenimientos de las subestaciones eléctricas de las torres habitacionales?</p> <p>c) ¿Cuál es la forma adecuada, según la normativa NFPA 70E, de realizar los mantenimientos de las subestaciones eléctricas de las torres habitacionales?</p>	<p>1. Descriptivo</p> <p>2. Nivel 1 (sin riesgo)</p> <p>3. Metodología de Investigación</p> <p>4. No experimental</p> <p>5. Población finita.</p> <p>6. Muestra finita.</p> <p>7. Cuestionario.</p> <p>8. Lista de cotejo</p>	<p>1. Conclusiones</p> <p>a) X b) X c) X d) X e) X</p> <p>2. Recomendaciones</p> <p>a) X b) X c) X d) X e) X</p>

Nota. Modelo de la matriz de coherencia. Elaboración propia, realizado en Word.

Apéndice 8.

Árbol de problemas



Nota. Imagen del árbol de problemas. Elaboración propia, realizado en Word.

Apéndice 10.

Link de video y QR

https://www.youtube.com/watch?v=hl37_Rb3vvl



Nota. Enlace a video de presentación de protocolo. Elaboración propia, realizado con MEQR.