



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TEZIUTLÁN

Tesis



“Análisis y propuestas de mejora en las redes de distribución eléctrica de comisión federal de electricidad zona Teziutlán”

PRESENTA:

IRMA AZUCENA ROJAS PÉREZ

CON NÚMERO DE CONTROL

19TE0074

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA EN GESTIÓN EMPRESARIAL

CLAVE DEL PROGRAMA ACADÉMICO

IGEM-2009-201

DIRECTOR (A) DE TESIS:

M.G.C. VÍCTOR MILLÁN TINOCO

“ La Juventud de hoy, Tecnología del Mañana”

TEZIUTLÁN, PUEBLA, ENERO 2024



Agradecimientos

Le agradezco a Dios en primer lugar por darme el don de la vida y permitirme poder llegar a este punto de mi vida, pues a pesar de los obstáculos nunca permitió que me rindiera, al contrario, me dio las fuerzas necesarias para enfrentarlos de la mejor manera.

A mis padres; Margarita y Casildo que son un ejemplo a seguir, quienes a pesar de su edad siguen luchando por sus sueños y demostrando una sonrisa a pesar de los problemas, son mi motivación para seguir mejorando día con día.

A mi asesor, el M.G.C. Víctor Millán Tinoco, quien me apoyo en todo momento para el desarrollo de esta propuesta y quien siempre me motivo a realizar las cosas de la mejor manera posible sin rendirme en el intento.

A mis amigos quienes siempre me apoyaron y me demostraron que no es necesario contar con muchos amigos sino con los verdaderos.

A mi familia por nunca darme la espalda en ningún momento de mi vida y siempre darme una mano para poder levantarme y apoyarme para el cumplimiento de mis sueños.

Resumen

Actualmente la densidad poblacional ha aumentado gradualmente, provocando que sus necesidades también lo hagan, por eso cubrirlas de manera óptima es importante para generar una efectiva satisfacción al cliente. Con este incremento las redes eléctricas deben distribuirse de forma que todos los clientes tengan alcance al servicio de energía eléctrica, sin embargo, al ser circuitos grandes muchas veces no cuentan con equipos ligados a la tecnología y siguen contando en su mayoría con equipos manuales.

Por lo cual, la presente propuesta se enfoca en la identificación de circuitos que tienen áreas de oportunidad para la integración de restauradores automatizados que brinden una mejora en sus actividades, disminuyendo tiempos, costos y recursos.

Partiendo por el análisis situacional de los circuitos que integran la zona de distribución de Teziutlán e identificando las áreas de oportunidad, se estableció una investigación documental no experimental, debido a que no se manipulan las variables solo se analizan, contrastan o comparan, en un ambiente natural y en base a estudios, con un enfoque mixto.

Se realizó un cuestionario abierto y un análisis documental del libro de operaciones como parte para la recolección de datos, que fueron base para el desarrollo de la propuesta. Por su parte los resultados obtenidos afirmaron la hipótesis planteada; "Si mayor es el nivel de automatización en una red de distribución eléctrica, menor será, ante una falla, su tiempo de respuesta y la pérdida económica", pues el tiempo en resolver una falla es mucho menor y de manera telecontrolada evitando tener que usar varias cuadrillas de linieros para ir al circuito a repararla disminuyendo así pérdidas económicas para CFE distribución por arriba del 80% en contraste con el restablecimiento del servicio de energía eléctrica con equipos manuales (cuchillas).

Ante ello se recomienda llevar un control adecuado del mantenimiento que se les debe hacer a los equipos al menos una vez al mes, para que llegue a cumplir su estimado de vida útil de 20 a 25 años de manera eficaz, además de igual forma llevar un control del historial de actividad de los equipos ante fallas para que en futuras situaciones semejantes ayuden como base para la toma de decisiones.

Introducción

Con el paso del tiempo la sociedad y la tecnología han tenido un gran avance, lo que ha llevado a que muchas empresas de diferentes sectores a emplearla de manera efectiva mejorando sus procesos y manteniendo la rentabilidad de la misma.

Si bien CFE distribución ya está de la mano con la tecnología, no todos los circuitos que integran la zona de distribución Teziutlán cuentan con los suficientes equipos automatizados para optimizar el proceso de restablecimiento del servicio de energía eléctrica, es por ello que se desarrolló la presente propuesta.

De primera instancia en el capítulo I se describe la empresa, antecedentes e identidad corporativa, además de plantearse las preguntas de investigación a resolver, así como los objetivos tanto general como específicos.

Posteriormente en el capítulo II se integran los conceptos más relevantes y que permiten una mejor comprensión del tema para aquellos ajenos al área en cuestión, también cuenta con investigaciones relacionadas al tema que sirven de base y guía para la constitución de la misma.

En el capítulo III se mencionan las actividades realizadas para la obtención de los resultados con su respectivo cronograma de actividades, el diseño de la metodología usada, la aplicación del instrumento de recolección de datos y la formulación de la hipótesis por afirmar.

Dentro del capítulo IV se observa la selección de proveedor para adquirir los restauradores automatizados, así como la propuesta grafica de la ubicación de los nuevos equipos que sustituirían a los equipos manuales, los flujogramas con las nuevas maniobras y el análisis comparativo del tiempo – costo entre el restablecimiento del servicio de energía eléctrica con el estado actual de los circuitos y con la presente propuesta.

El capítulo V engloba las conclusiones y recomendaciones que se observaron durante el desarrollo de la propuesta.

Luego se encuentra el capítulo VI donde se describen las competencias y habilidades desarrolladas y aplicadas durante la realización de esta propuesta, lo cual a su vez sirvieron

como apoyo para identificar mis áreas de fortaleza como ingeniero, así como también aquellas en la que me falta mejorar como persona.

Dentro del capítulo VII se encuentran las fuentes de información utilizadas como apoyo para la investigación y la creación de los primeros capítulos.

Finalmente, el capítulo VIII integra los anexos que describen más a detalle las características técnicas del restaurador automatizado que se propone para adquirir por parte de la empresa EPRECSA.

Índice

Agradecimientos.....	2
Resumen	3
Introducción	4
Capítulo I Generalidades del proyecto.....	10
1.1. Descripción de la empresa	11
1.1.1. Antecedentes de CFE	11
1.1.2. Creación de la División Oriente.....	13
1.1.3. Fundación de la zona de distribución Teziutlán.....	13
1.1.4. Misión	14
1.1.5. Visión	14
1.1.6. Objetivos.....	15
1.1.7. Valores.....	15
1.1.8. Macrolocalización	16
1.1.9. Microlocalización	16
1.2. Problema de investigación	17
1.3. Preguntas de investigación	18
1.4. Objetivos	19
1.4.1. Objetivo general	19
1.4.2. Objetivos específicos	19
1.5. Justificación	20
Capítulo II Marco teórico.....	22
2.1. Energía eléctrica	23
2.2. Unidades de medida eléctrica.....	23
2.2.1. Voltio	23

2.2.2.	Amperio	23
2.2.3.	Vatio/Watt	24
2.2.4.	Kilovatio	24
2.3.	Equipos del sistema eléctrico de distribución	25
2.3.1.	Generador eléctrico	25
2.3.2.	Tensión eléctrica	25
2.3.3.	Líneas de tensión	25
2.3.4.	Subestación eléctrica	26
2.3.5.	Red eléctrica	29
2.4.	Centro de control de distribución eléctrica	32
2.4.1.	Jefe del Centro de Control de Distribución	32
2.4.2.	Operador del Centro de Control de Distribución	33
2.4.3.	Personal de campo	33
2.5.	Investigaciones relacionadas	34
2.5.1.	Propuesta para el mejoramiento de la red eléctrica y de telecomunicaciones del Instituto Tecnológico de Dosquebradas	34
2.5.2.	Operación remota y automatismo en Redes de Distribución en México	35
Capítulo III Desarrollo y metodología		37
3.1.	Procedimiento y descripción de las actividades realizadas	38
3.1.1.	Cronograma de actividades	38
3.1.2.	Descripción de las actividades	39
3.2.	Alcance y enfoque de la investigación	52
3.2.1.	Alcance y limitaciones	52
3.2.2.	Enfoque	53
3.3.	Hipótesis	53
3.4.	Diseño y metodología de la investigación	53

3.5. Selección de la muestra	54
3.6. Recolección de datos	54
3.6.1. Selección del instrumento	55
3.6.2. Aplicación del instrumento	55
3.6.3. Preparación de datos	58
3.7. Análisis de datos	59
Capítulo IV Resultados	61
4.1. Selección de proveedor	62
4.2. Diagramas y flujogramas actualizados a la propuesta	62
4.3. Comparativa tiempo-costos	67
Capítulo V Conclusiones	73
5.1. Conclusiones del proyecto, recomendaciones y experiencia profesional y personal adquirida	74
Capítulo VI Competencias desarrolladas	76
6.1. Competencias desarrolladas y/o aplicada	77
Capítulo VII Fuentes de información	79
7.1. Fuentes de información	80
Capítulo VIII Anexos	84
A. Ficha técnica de restaurador automatizado Noja Power	85
B. Plano de restaurador automatizado Noja Power	86
C. Unidad Central Maestra (UCM) zona Teziutlán	87
D. Carta de autorización para la consulta y publicación electrónica del trabajo de investigación	89

E.	Liberación de tesis	90
F.	Licencia de uso de obra	91
	Índice de ilustraciones y tablas.....	92

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1. Descripción de la empresa

Comisión Federal de Electricidad (CFE) trata de una empresa de carácter público que se encarga de abastecer a los usuarios de energía eléctrica, que permite el desarrollo social y productivo



Comisión Federal de Electricidad

Ilustración 1 Logo CFE Fuente: Página Oficial de CFE S.F.

del país. Pertenece en su totalidad al gobierno federal, gozando de propia jurisdicción, patrimonio, autonomía, operatividad, entre otros términos de la LCFE.

1.1.1. Antecedentes de CFE

La primera planta en México dedicada al suministro de energía eléctrica se instaló en León, Guanajuato en el año 1879, la cual era empleada por la fábrica textil "La Americana", aunque se amplió hacia el área minera era escasa para la iluminación pública. Después de 10 años (1889) gracias a la planta hidroeléctrica en Chihuahua, las redes de distribución se pudieron extender hacia mercados urbanos y comerciales, sin embargo, solo era suministrada la energía a la población con un mayor ingreso económico.

Durante el periodo de gobierno de Porfirio Díaz, el sector eléctrico se decretó como un servicio público al que toda la población tenía derecho, colocándose así alumbrado con lámparas "de arco" a lo largo de la Plaza de la Constitución, en la Alameda Central y el inicio de iluminación de la entonces conocida calle Reforma.

Para el año 1937 México tenía 18.3 millones de habitantes de los cuales menos de la mitad contaban con energía eléctrica, proporcionada por tres empresas privadas; provenientes de diversos lugares como lo son Canadá y Chapala, las cuales operaban en el centro, en el norte y en el occidente del país respectivamente, no obstante, las interrupciones eléctricas eran muy frecuentes y sus tarifas demasiado elevadas.

En base a la situación que estaba sufriendo el país y que impedía su desarrollo para el 14 de agosto de 1937 se fundó CFE, como un sistema a nivel nacional para la generación y distribución de energía eléctrica, sin fines de lucro y a un costo mínimo,

al que toda la población podría tener acceso, con un mayor rendimiento. En 1960 el nivel de electrificación era tan solo del 44%, eso significaba que aún seguía siendo menos de la mitad de población que contaba con energía eléctrica, para ello el 27 de septiembre del mismo año el presidente Adolfo López Mateos hizo que se nacionalizara la industria.

A inicio de los 2000 el servicio eléctrico ya cubría un 94.70% del país, con un total de 18.6 millones de usuarios ingresando casi 1 millón al año, además de que ya se contaba con una capacidad de 35,385 MW y una red de distribución de 614,653 km. La cobertura casi total del país se logró para el año 2009, promulgando así para el año 2013 la reforma energética que cambiaría la forma en la que se desempeñaban algunas actividades en el sector. Durante el año 2021 CFE generó un 38.23% de energía limpia, colaborando en gran medida al ingreso total de 55.36% de energía limpia que registró el Sistema Eléctrico Nacional. En ese mismo año el presidente Andrés Manuel López Obrador dio a conocer una iniciativa en la reforma energética para garantizar la seguridad energética del país justa y por debajo de la inflación, para lo cual el 54% del suministro de energía le correspondía a CFE.

En enero de 2022 ya abarcaba 110,347.18 kilómetros de línea de transmisión, 882,715.32 kilómetros de distribución, así como 2,275 subestaciones y fibra óptica para una mejor optimización del servicio. Además de que consta de 16 gerencias divisionales de distribución y 1,269 centros de atención a clientes.

Actualmente la cuenta con un poco más de 93,184 trabajadores activos y se organiza en 4 áreas principales que son:

- Generación
- Transmisión
- Distribución
- Suministro

1.1.2. Creación de la División Oriente

En sus inicios era conocida como la División Veracruz fundada en 1951, una de las primeras plantas generadoras en esta división era termoeléctrica ubicada en lo que hoy se conoce como Zona "Los Tuxtlas" instalada y operada por el señor Antonio González propietario de la planta, en 1884.

También en el año 1951 CFE adquirió la planta termoeléctrica y la agregó a su catálogo en la división oriente, pues dicha planta contaba con un mayor alcance que el estado de Veracruz. Abarcando así límites con los estados de Hidalgo, Tabasco, Oaxaca, Puebla y Tamaulipas.

Para el año 1952, se establecieron juntas estatales de electrificación rural a nivel nacional y posteriormente en el año 1954 se formó la Junta de Electrificación en el estado de Veracruz, para que en el año 1955 por fin la División Oriente pactará dichos convenios de electrificación por primera vez.

Durante el periodo de 1992 a 1996 se realizaron diversos convenios para poder reestablecer las plazas de los trabajadores, para que así en octubre de 2002, se contará con 2689 plazas de base y 372 plazas de confianza, trayendo consigo un gran avance en la modernización en atención al cliente, así como la implementación del primer Centro de Servicio al Cliente en la zona.

1.1.3. Fundación de la zona de distribución Teziutlán

Documentalmente no se encuentra referencia concreta sobre la creación de la zona de Distribución Teziutlán, sin embargo, se considera que tiene sus inicios entre la década de los 50' a los 60' fundada por tres empresas privadas enlazadas al gobierno, una planta generadora de Tlapacoyan y dos plantas en Teziutlán, de las cuales las dos últimas de proporcionaban servicio a dos plantas de la empresa Minera Autlán, y el excedente de energía iba dirigida a la población a un precio elevado.

Durante la creación de Juntas Estatales a nivel nacional en 1952, Teziutlán retomó importancia debido a la creación de dos brigadas; una en el municipio y otra en el

municipio de Martínez de la Torre, Veracruz, dando pie a la construcción en 1960 a 1970 la mayor parte de la infraestructura eléctrica que actualmente serían las subestaciones de; Zacapoaxtla, Teziutlán, Perote pertenecientes al lado Sierra, por el lado de la costa se encuentra; Tlapacoyan, Martínez de la Torre y Misantla. Designando así a la subestación de Teziutlán como el eje central de control de tercer nivel de operación.

Más adelante en 2013 se formaliza el CCD, como el eje de operación dentro del cuarto nivel jerárquico de operación (SENACE) (COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA, 2016). La cual suministra el servicio eléctrico a más de 360,000 usuarios, además de contar con 64 circuitos de distribución y 21 subestaciones.

1.1.4. Misión

Suministrar insumos y bienes energéticos requeridos para el desarrollo productivo y social del país de forma eficiente, sustentable, económica e incluyente, mediante una política que priorice la seguridad y la soberanía energética nacional y fortalezca el servicio público de electricidad (CFE, s.f.).

1.1.4.1. Misión CFE Distribución

Tiene como misión proporcionar un servicio de calidad a todos los clientes, en base a las redes generales de distribución eficientes, seguras, optimas y de acuerdo a la legislación correspondiente, garantizando la rentabilidad de la empresa dentro del mercado, con el apoyo de todos los trabajadores que la integran.

1.1.5. Visión

Consolidarnos como la empresa de energía líder en México, con solvencia técnica y financiera, que procura el fortalecimiento de nuestro capital humano y garantiza el servicio de energía eléctrica con calidad y sentido social a nuestros clientes en todos los segmentos del mercado, para contribuir al desarrollo sustentable del país, generando valor económico y rentabilidad al Estado Mexicano (CFE, s.f.).

1.1.5.1. Visión CFE Distribución

Su visión tiene como propósito el mantener una óptima distribución del recurso de energía eléctrica en base a la normatividad internacional, de forma viable, con la satisfacción de los clientes, sin impactos negativos al ambiente y con trabajadores comprometidos.

1.1.6. Objetivos

Dentro de los principales objetivos con los que cuenta la empresa, se encuentran principalmente:

- Maximizar el nivel productivo de la empresa, aumentando el valor económico y su rentabilidad dentro del país, asegurando una óptima distribución de energía eléctrica.
- Conservar e incrementar a nivel nacional el nivel de cobertura de energía eléctrica
- Participar de forma activa en la sustentabilidad y la disminución del efecto invernadero.
- Incrementar la rentabilidad de CFE mediante la optimización de sus recursos y la generación de nuevas ideas de negocio.

1.1.7. Valores

De acuerdo con la LCFE en su artículo 4, los integrantes de la empresa CFE deben conducirse de acuerdo a los siguientes principios de actuación:

- Transparencia
- Honestidad
- Eficiencia
- Equidad
- Responsabilidad social

1.1.8. Macrolocalización

La CFE tiene una cobertura del 98% del territorio Nacional Mexicano, como se muestra en la imagen 1, ya que se encuentra dentro del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) se integra por 10 regiones de control, donde 7 están interconectadas conformando así el Sistema Interconectado Nacional (SIN), en estas se lleva a cabo la mayor cantidad de consumo eléctrico, pero gracias a su interconectividad la capacidad de atender la demanda de los usuarios es mayor y a un menor costo.

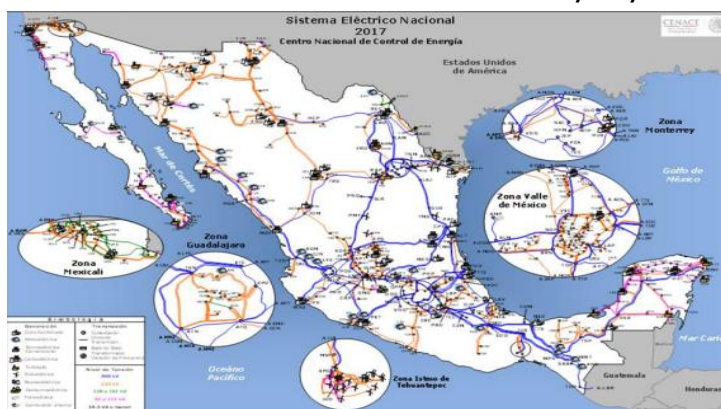


Ilustración 2 Redes de transmisión, CENACE

Fuente: Programa de ampliación y modernización de la red nacional de transmisión y redes generales de distribución del mercado eléctrico mayorista 2017-2031

1.1.9. Microlocalización

La zona de Distribución Oriente tiene su sede en la ciudad de Teziutlán, la cual se encuentra ubicada en Av. Miguel Hidalgo 571, CP. 73890 con número de teléfono 231 313 8304 y correo servicioalcliente@cfe.gob.mx, quien a través de su CCD controla el suministro de energía eléctrica a los diversos clientes finales.



Ilustración 3 Microlocalización CFE Teziutlán Fuente: Google Maps 2023

1.2. Problema de investigación

Desde la Revolución Industrial se llevaron a cabo invenciones que le permitieron a la sociedad desarrollarse de una forma más dinámica, uno de los principales y más influyentes descubrimientos fue la creación de una red de distribución eléctrica por el inventor Thomas Alva Edison, las cuales han ido creciendo con el paso de los años pasando de pequeños diseños locales hasta diseños que se extienden en kilómetros. Así pues, el suministro de energía eléctrica también ha ido evolucionando debido a los cambios del entorno y las exigencias del mercado, pasando por diversas etapas; la "*generación*" de la energía necesaria para satisfacer el consumo; el "*transporte*", que transfiere la energía hasta las subestaciones; y la "*distribución*", que hace posible que la energía llegue a los clientes finales (endesa F. , 2023).

En cuanto al departamento de operaciones de la zona de distribución Teziutlán de CFE en la que se desarrollará esta investigación se identificaron varias problemáticas, que van desde lo administrativo hasta las redes de distribución físicas que integran la división Oriente. En primera instancia en la parte administrativa el libro de operaciones está desactualizado desde hace un año, teniendo en cuenta que se actualizan cada 6 meses debido a los equipos colocados en este lapso de tiempo, lo cual al no tener la información precisa y confiable en el momento puede provocar obstrucción en la toma de decisiones causando contratiempos, pérdidas monetarias y una mala ejecución de las maniobras.

Por otra parte, del lado operacional en el que se enfocara está investigación, se encuentra una problemática en los circuitos eléctricos físicos, ya que como se mencionaba anteriormente el entorno y las exigencias del mercado han cambiado con el paso del tiempo, por lo cual en muchas zonas de distribución han ido actualizando su infraestructura en la red a fin de mejorar su servicio al cliente. Sin embargo, la zona de distribución de Teziutlán aún no ha automatizado o actualizado por completo su infraestructura derivando en varios retrasos y pérdidas al momento de realizar maniobras cuando exista algún disparo en algún punto de la red de distribución, terminando en pérdidas monetarias y de tiempo.

1.3. Preguntas de investigación

Para la realización de la presente investigación es necesario plantearse diferentes cuestionamientos que nos permitan recolectar información suficiente y confiable para el desarrollo de la misma, con el fin de sustentar y apoyar los objetivos e hipótesis planteados.

Dentro de los cuestionamientos principales con referencia a los circuitos eléctricos y equipos automatizados de la zona de distribución Teziutlán se encuentran los siguientes:

- ¿Cuánto tiempo toma restablecer la electricidad con el uso de restauradores en comparación con las cuchillas?
- ¿Qué influye en la cantidad de restauradores en un circuito eléctrico?
- ¿Cuántos circuitos cuentan con la cantidad adecuada de restauradores?
- ¿De qué factores depende la elección de un restaurador?
- ¿Cómo impacta económicamente el uso de restauradores?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar puntos estratégicos para la colocación de restauradores en las redes de distribución de la zona Teziutlán mediante su análisis con el fin de optimizar su operación.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el estado actual de las redes de distribución mediante el análisis de las mismas, a fin de identificar áreas de mejora.
- Analizar las redes de distribución que requieren automatización para identificar las características eléctricas adecuadas para su equipamiento.
- Determinar una propuesta de proveedores de acuerdo a las características requeridas por las redes de distribución con el fin de garantizar su correcto funcionamiento.
- Analizar el funcionamiento de las redes de distribución con los equipos propuestos por medio de una comparativa con el rendimiento actual ante una falla en las mismas, a fin de determinar su optimización.

1.5. Justificación

Como se ha mencionado anteriormente con el paso del tiempo la sociedad y el entorno han ido evolucionado, por lo cual las empresas se han tenido que ir adaptado a las exigencias del mercado, con el aumento demográfico pronosticado para el futuro la capacidad de respuesta ante situaciones que afectan a las redes de distribución podría ir disminuyendo si no se cuenta con la infraestructura necesaria.

Tomando en cuenta que entre 1960 y 2021, la población de México aumentó de 37,77 millones a 126,71 millones. Esto representa un aumento del 235,4 por ciento en 61 años. El mayor aumento en México se registró en 1966, con un 3,16% (Mundial, 2021). Aunque actualmente México ocupa el 11º lugar dentro de los países más superpoblados, para el 2030 se pronostica que suba al 9º lugar, lo cual impacta de manera directa en el abastecimiento de recursos y servicios.

Por lo tanto, es importante empezar actuar desde ahora, ya que permitirá evitar obstáculos en el futuro para el óptimo abastecimiento del recurso eléctrico a todos los clientes finales con los que se cuente en ese momento.

Uno de los puntos principales a tomar en cuenta es la actual infraestructura con la que cuentan las redes eléctricas enfocándonos especialmente en la zona de distribución Teziutlán, la cual al contar con 64 circuitos no se han actualizado por completo evitando así una respuesta rápida ante situaciones que interrumpen el suministro eléctrico, pues al seguir contando con equipos manuales el tiempo para poder resolver alguna problemática es mayor al igual que el recurso humano, provocando pérdidas monetarias numerosas.

El cambio de equipos manuales a equipos automatizados (restauradores), tiene diversos impactos, pero entre los primordiales se encuentran:

Impacto social: Desde la perspectiva social al momento de mejorar o automatizar las redes de distribución, el servicio eléctrico mejora en gran medida ya que como se comentaba al instante que se presente un disparo, el tiempo de respuesta es más rápido reduciéndose en promedio a 5 a 20 minutos en comparación con equipos

manuales que llegan a tardar entre 1 a 2 horas, dejando sin servicio a los clientes por un tiempo mínimo.

Impacto económico: En relación con el impacto social, al momento de disminuir el tiempo de respuesta o el tiempo de restablecimiento del servicio, las pérdidas económicas de la empresa son menores, así como de las empresas (hospitales, bancos, maquilas) de toda índole que dependen de ese circuito.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Energía eléctrica

La energía eléctrica es una forma de corriente como resultado del movimiento de partículas cargadas eléctricamente, como los electrones, a través de un conductor. A su vez BBVA (2023) la define como aquella que se origina de la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos determinados, que se ponen en contacto a través de un transmisor eléctrico.

Se genera a través de diversas fuentes, como la generación en plantas de energía eléctrica, la energía solar fotovoltaica, la energía eólica, entre otras.

La energía eléctrica se produce normalmente en centrales eléctricas mediante turbinas giratorias impulsadas por vapor calentado, reacciones nucleares o la combustión de hidrocarburos.

2.2. Unidades de medida eléctrica

2.2.1. Voltio

Los voltios (V) son valores de referencia vinculados al concepto básico del voltaje, o bien la tensión de un circuito eléctrico. Los voltios sirven para medir la diferencia de potencial existente entre dos puntos de un elemento conductor de una corriente (Iberdrola, 2021).

Toda corriente eléctrica surge del movimiento de los electrones, y este movimiento, a su vez, sólo es posible si existe una diferencia de potencial en el camino por el que circulan. Esta diferencia de potencial se llama voltaje o voltaje eléctrico y es la cantidad que hace que los electrones se muevan de un extremo al otro, su expresión indica que se pueden mover más electrones a un voltaje más alto.

2.2.2. Amperio

El amperio es la unidad básica de corriente eléctrica en el Sistema Internacional de Unidades (SI) y está representado por el símbolo (A). Su magnitud corresponde a la cantidad de carga que pasa a través de una porción del conductor eléctrico.

Dado que la potencia se calcula como el producto de la corriente y el voltaje, la corriente se puede expresar usando la relación:

$$\textit{Intensidad} = \textit{Potencia} / \textit{Voltaje}$$

2.2.3. Vatio/Watt

El vatio es una unidad de potencia eléctrica del SI, haciendo referencia al traspaso de energía por unidad en un lapso de tiempo. Considerando que 1 vatio es equivalente a un julio en un segundo, este último representa la cantidad de energía eléctrica que se traspasa, mientras que el primero solo representa la potencia. Esta unidad se utiliza comúnmente para expresar la potencia de dispositivos eléctricos y electrónicos.

Por su parte Iberdrola (2021) lo define como aquellas unidades encargadas de medir la potencia eléctrica, valor que se origina a partir de la combinación del voltaje (medido en voltios) y la corriente (medida en amperios).

La unidad utilizada para la electricidad es el vatio, la cual deriva de la diferencia potencial de electricidad de 1 voltio y 1 amperio de corriente eléctrica. Expresado de la siguiente manera:

$$\textit{Voltios (V)} \times \textit{Amperios (A)} = \textit{Vatios (W)}$$

2.2.4. Kilovatio

Un kilovatio (kW) es una unidad común de potencia eléctrica y equivale a 1000 vatios.

kW indica la cantidad de energía necesaria para operar equipos eléctricos. Cada instalación tiene una cantidad específica de potencia que necesita para funcionar, la cual debe adaptarse a las necesidades de los dispositivos allí presentes.

2.3. Equipos del sistema eléctrico de distribución

2.3.1. Generador eléctrico

Este equipo se encarga de distribuir el servicio de energía eléctrica durante una falla o un disparo que deje sin electricidad a un circuito, evitando que los usuarios se queden durante un lapso de tiempo prolongado sin el servicio, es decir, es una máquina eléctrica rotativa que transforma energía mecánica en energía eléctrica (endesa, 2023).

Así pues, podemos entender a un generador de corriente como un dispositivo o sistema que convierte una forma de energía en electricidad. Su función principal es producir corriente eléctrica a partir de una fuente de energía primaria, como la energía mecánica, la energía química o la energía solar.

Existen diferentes tipos de generadores de electricidad, cada uno de ellos diseñado para aprovechar diferentes fuentes de energía y convertirlas en electricidad. A continuación, se mencionan algunos de ellos:

- Energía térmica
- Hidroeléctricos
- Eólicos
- Solares

2.3.2. Tensión eléctrica

BBVA (2023) define a la tensión eléctrica como la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos, además es el trabajo que debe aplicarse para mover cargas eléctricas entre dos puntos: la fuerza que impulsa los electrones. La cual se puede interpretar como la diferencia entre polaridades para obtener una magnitud de voltaje medida en voltios, cuyo símbolo es una V.

2.3.3. Líneas de tensión

Las líneas de tensión eléctrica están diseñadas para transportar grandes cantidades de energía eléctrica a voltajes elevados, lo que reduce las pérdidas de energía

durante el transporte. Estas líneas están compuestas por conductores metálicos, generalmente de aluminio o cobre, soportados por torres o postes de soporte a lo largo de la ruta de transmisión.

Se dividen en:

- ***Línea baja tensión o subtransmisión:*** Estas líneas circulan por encima del suelo y existen básicamente dos tipos de líneas aéreas de baja tensión; líneas eléctricas y aéreas instaladas en fachada, las cuales distribuyen energía eléctrica con una tensión asignada de 0 V a 200 V entre fase y neutro.
- ***Línea media tensión o de distribución:*** Son las redes que tienen un voltaje de entre 221 V y 34500 V, estas se obtienen en las subestaciones eléctricas donde la electricidad es transformada.
- ***Línea alta tensión o de transmisión:*** Este nivel de voltaje se utiliza para transportar energía desde la planta de energía hasta el punto de consumo, su voltaje va desde los 34501 V a los 400000 V.

2.3.4. Subestación eléctrica

Las subestaciones se pueden definir como la fuente para los circuitos de distribución a nivel local o también como; “Instalaciones encargadas de realizar transformaciones de tensión, frecuencia, número de fases o conexiones de dos o más circuitos” (California, 2020).

Es decir, se encarga de convertir o modificar los parámetros de la tensión eléctrica de todo un circuito. Para cumplir con esta directiva, las subestaciones emplean una variedad de dispositivos de seguridad, conmutación, control de voltaje e instrumentación. Las subestaciones generalmente se instalan en interiores o exteriores (expuestas) en o cerca del centro del área de distribución y se operan de forma manual o automática.

Existen dos tipos de subestaciones:

- **Subestaciones de transformación:** Convierte energía en tensión a través de uno o más transformadores.
- **Subestaciones de maniobra:** Enlazan diferentes circuitos desde uno o más realizando las actividades correspondientes, sin embargo, estas no hacen ninguna transformación.

2.3.4.1. Barra colectora eléctrica

Las barras colectoras son barras metálicas sólidas que se utilizan para transportar la corriente (Insider, 2021). También conocidas como buses eléctricos son un conjunto de instalaciones eléctricas que son la fuente de la subestación hacia los circuitos de la distribución, cada bus eléctrico está protegido por los interruptores, es decir, se conforman por un material conductor similar al metal que se usa para recolectar electricidad en un lugar y distribuirla a muchos puntos, estas se utilizan tanto para la puesta a tierra eléctrica como para la distribución de energía dentro de los sistemas.

2.3.4.2. Interruptor de circuito

Es un dispositivo hecho en base a la teoría del electromagnetismo, que puede cortar y restaurar la continuidad de un circuito eléctrico, en tiempos normales y anormales, cada interruptor cuenta con protecciones de sobrecorriente y sobretensión.

En el entorno eléctrico, un interruptor es un dispositivo o elemento que permite abrir y cerrar un circuito eléctrico de manera manual, siempre y cuando el circuito se encuentre en buen estado (energía, s.f.).

El papel principal de esta herramienta es actuar como conductor y aislante, esto se logra mediante funciones cerradas o abiertas.

- **Estado abierto:** proporciona un aislamiento efectivo entre terminales para clasificación de energía o cortocircuito según sea necesario.
- **Cerrado:** Un componente importante de la tensión térmica y de trabajo que requiere conexiones bajo la energía operativa nominal.

Se mantienen bajo presión a través de un sistema mecánico, permitiendo que la energía fluya de un punto a otro, además de que se pueden manejar de manera manual o telecontrolada.

2.3.4.3. Transformador eléctrico

Endesa (2023) define a un transformador como una máquina estática de corriente alterna que permite variar alguna función de la corriente como el voltaje o la intensidad, manteniendo la frecuencia y la potencia, en el caso de un transformador ideal, es decir, es un equipo de CA fija que puede transformar los niveles de potencia, como lo son el voltaje y la corriente, manteniéndose constante y con su misma potencia. Este es un factor muy importante para la distribución y su uso para las diversas actividades diarias que desarrollan los usuarios.

Para ello, la electricidad al llegar a la entrada del devanado se transforma en magnetismo y se regresa a convertirse en electricidad bajo los criterios definidos en el segundo devanado.

Existen dos tipos principales de transformadores:

- ***Transformadores de corriente (TC):*** Transforma el nivel de corriente primero por otro secundario. Este tipo de transformadores se utilizan para medir la corriente en un circuito de alta tensión. Transforma la corriente de alta intensidad en una corriente más baja que sea segura y adecuada para su medición en instrumentos de medición o sistemas de protección.
- ***Transformadores de potencial (TP):*** Tiene como propósito el convertir el nivel de voltaje dejando de lado la corriente con la que cuenta este. Se utiliza en centrales eléctricas y subestaciones para modificar los niveles de tensión en la generación y transmisión de energía eléctrica a larga distancia. Estos transformadores pueden elevar o disminuir el voltaje según las necesidades del sistema.

2.3.5. Red eléctrica

Esta red se encarga de distribuir y suministrar de energía eléctrica a los consumidores, inventada a inicios de la Revolución Industrial por Thomas Alva Edison el inventor, la cual se ha ido actualizando con el paso de los años debido a los cambios del entorno y las exigencias del mercado.

Según la página de energía y sociedad (s.f.) las redes de distribución eléctrica son la parte del suministro eléctrico que se encarga de transportar la energía desde la subestación hasta los usuarios finales.

Una red eléctrica sale de una subestación y está constituida por varios elementos como lo son los buses eléctricos, las líneas de tensión conformadas por cables, los restauradores, los seccionadores, las cuchillas, entre otros. Estos permiten que la energía eléctrica llegue en condiciones óptimas para su consumo, satisfaciendo así las múltiples necesidades de los consumidores, pues dicho elemento es indispensable para la realización de diferentes actividades cotidianas.

2.3.5.1. Restaurador

Es un dispositivo de tipo eléctrico que forma parte de las redes de servicio eléctrico con la finalidad de restablecer de manera telecontrolada dicho servicio en caso de algún corte, o como también lo define EPRECSA (2021) es un equipo de protección y seccionamiento auto-controlado, cuya característica principal es la de interrumpir corrientes de falla utilizando una predeterminada secuencia de operaciones de cierres y apertura de acuerdo con las curvas de tiempo-corriente definidas.

Su propósito es realizar una coordinación adecuada con otros dispositivos en el mismo circuito, incluye el conjunto de controles necesarios para detectar sobrecorriente y controlar la acción de reenganche. Además, puede cambiar automáticamente la energía de fuentes alternativas, como generadores de respaldo o líneas eléctricas de respaldo para restaurar la energía en el menor tiempo posible.

2.3.5.2. Seccionador

Un seccionador también llamado disyuntor es un elemento electromecánico que permite separar las fuentes de alimentación de un circuito eléctrico de forma manual con el fin de proporcionar una distancia apropiada entre cada equipo evitando obstáculos en la distribución del recurso y asegurando su confiabilidad.

Un disyuntor es un componente electromecánico que permite separar mecánicamente un circuito de una fuente de alimentación, asegurando visualmente la distancia de separación eléctrica adecuada, por su parte Alta tecnología (2021) lo define como un dispositivo eléctrico de seguridad que nos permite interrumpir la continuidad de la corriente en un circuito, red o instalación eléctrica.

2.3.5.3. Cuchillas desconectadoras

Conocidos también como seccionalizadores, las cuales son elementos que le permiten separar o conectar partes de su red según sea necesario, es decir, sirven como interruptores mecánicos que desconectan físicamente secciones de la red eléctrica incluso si fueron desconectadas previamente por un fusible o disyuntor, teniendo como propósito dotar a la red de una opción de apagado adicional, también visible, para aumentar la seguridad durante las operaciones de reparación y mantenimiento.

Por su parte TECSA (2023) las define como dispositivos de conmutación que se utilizan para proporcionar un aislamiento seguro al desconectar partes de una red eléctrica, como una línea aérea o un transformador.

Existen dos tipos principales de cuchillas las cuales se clasifican de acuerdo al circuito donde se instalarán, están son:

- **Monofásicas:** También llamadas cuchillas monopolares, representadas como COP, se componen de dos aisladores cilíndricos de porcelana o plástico en cada polo que permite conectar o desconectar un circuito eléctrico, en un extremo de la cuchilla tiene una abertura y comúnmente es controlado de forma manual.

- **Trifásicas:** Conocidas como cuchillas de operación en grupo, representadas como COG, su función principal consiste en romper el circuito sin arcos externos para los alimentadores de líneas aéreas y estaciones de distribución al aire libre, están especialmente diseñadas para el corte de líneas, transformadores y cables.

2.3.5.4. Cortacircuito fusible

Un fusible que actúa como cortocircuito es un componente que por la unión de uno o varios de sus elementos que son de dimensiones y diseños en específico, es decir, consiste en permitir que la corriente siga su curso o la detenga según sea el caso si se llega a sobrepasar los niveles normales en el circuito. Por su parte el directorio de industria eléctrica (s.f.) lo define como un equipo que protege a las líneas de los sistemas y los diferentes equipos de tales líneas como: transformadores, banco de capacitores, líneas primarias y ramales, etc.

Su función principal es fundirse o romperse cuando la corriente eléctrica supera un valor predeterminado, interrumpiendo así el flujo de corriente y protegiendo los componentes del circuito.

2.3.5.5. Capacitor eléctrico

Un capacitor es un dispositivo que almacena energía dentro de un campo eléctrico. Esto se logra al tener dos conductores eléctricos cargados opuestamente separados por materiales dieléctricos (2022), es decir, es un componente electrónico pasivo muy utilizado en circuitos electrónicos, analógicos y digitales, que permite almacenar energía (carga) en un campo eléctrico interno.

Su estructura se basa en la integración de dos placas conductoras separadas por un dieléctrico aislante entre ellas, en ellos se acumula una carga de energía cuando por ellos pasa una corriente eléctrica, y sus dieléctricos deben estar fabricados con materiales no conductores como plásticos o cerámica.

2.4. Centro de control de distribución eléctrica

También conocido como Centro de Control de Energía (CCE) o Centro de Control de Distribución (CCD), es una instalación centralizada desde la cual se monitorea, controla y opera el sistema de distribución de energía eléctrica.

El objetivo principal del centro de control de distribución es supervisar y gestionar de manera eficiente la distribución de energía eléctrica a través de una red de distribución. Sus funciones principales incluyen:

- Monitoreo del sistema
- Control del sistema
- Gestión de la carga
- Detección y respuesta a fallas
- Coordinación con otros centros de control

2.4.1. Jefe del Centro de Control de Distribución

Se encarga de que el CCD y el eje para las conexiones, puedan de forma única tener un control de las licencias derivadas del sistema GIL para que se puedan realizar las maniobras correspondientes en el campo, esto en base a una preparación previa y a la experiencia del mismo.

Como sus responsabilidades principales se encuentran:

- 1.** Instruir a su personal para que las licencias programadas o de emergencia a través del sistema GIL.
- 2.** Asegurar la comunicación y coordinación efectiva del personal del CCD y el personal de campo.
- 3.** Notificar por medio del sistema GIL la autorización o rechazo de la solicitud en base a los tiempos establecidos.

2.4.2. Operador del Centro de Control de Distribución

Se encarga de aprobar, proporcionar o revocar licencias en el sistema GIL según la valoración del estado operativo (consulte al personal de campo para conocer la correspondencia entre el plan del gabinete y el gráfico unifilar actualizado).

Sus actividades constan de:

- 1.** Otorgar licencias, únicamente al personal certificado y capacitado.
- 2.** Conceder licencia de emergencia, únicamente para realizar trabajos inmediatos en elementos, dispositivos o equipos que se encuentren en condiciones críticas de operación.
- 3.** Monitoreo en tiempo real.
- 4.** Control de la operación.
- 5.** Coordinación y comunicación.
- 6.** Registro y documentación.
- 7.** Cumplimiento de los procedimientos y protocolos.

2.4.3. Personal de campo

En el ámbito de la electricidad, el personal de campo desempeña un papel fundamental en la instalación, mantenimiento, reparación y operación de sistemas eléctricos. Estos profesionales trabajan en terreno y están encargados de llevar a cabo tareas prácticas y técnicas relacionadas con la electricidad. Algunos de los roles y funciones del personal de campo en electricidad incluyen:

- Electricistas
- Técnicos de mantenimiento
- Linieros
- Ingenieros de campo
- Inspector de seguridad eléctrica

2.5. Investigaciones relacionadas

En los últimos años se han realizado diversas investigaciones sobre la mejora de las redes eléctricas en diferentes áreas, como lo son ciudades, escuelas, hospitales, con el fin de optimizar el rendimiento de las mismas. A continuación, se presentan algunas de las investigaciones realizadas para la resolución del problema antes mencionado, que servirán de guía para la presente investigación.

2.5.1. Propuesta para el mejoramiento de la red eléctrica y de telecomunicaciones del Instituto Tecnológico de Dosquebradas

“El enfoque de este proyecto es evaluar las condiciones actuales de la red eléctrica y de telecomunicaciones del Instituto Tecnológico Dosquebradas, informar acerca del estado de las mismas y hacer los cambios requeridos en el diseño de estas, presentando una propuesta de mejoramiento que cumpla con las normas vigentes establecidas” (Jimenez & Peña, 2019).

El Instituto se encuentra ubicado dentro del país de Colombia, el cual se enfoca en la enseñanza de Tecnología Alimenticia y en Gestión de Empresas Agroindustriales. Sus instalaciones cuentan con salones de clases, laboratorios, cafetería, biblioteca, sala de maestros, que con el paso del tiempo se han ido ampliando y con ello una deficiencia en sus redes eléctricas, las cuales requieren de modificaciones para que circule la energía eléctrica de manera eficaz por todo el instituto, que permitan un mejor rendimiento y comodidad en las actividades que se desempeñen.

Dentro de la investigación se verificó en primera instancia el estado actual de conexiones eléctricas y de telecomunicaciones, en base a el análisis de las redes se identificaron las áreas de mejora que dieron pie a la creación de la propuesta de mejora de acuerdo a lo normatividad por la que se rige, la cual es; la NTC2050, RETIE, RETILAP, y RITEL, aprovechando los elementos actuales que estuvieran en

buenas condiciones y se reemplazaron aquellas que tuvieran un defecto o que en su momento pudieran ocasionar inconvenientes u obstáculos para su implementación.

Con el fin de garantizar que la actualización de las redes sea segura y de calidad, también se realizaron mediciones para la identificación y modificación de la conexión de puesta a tierra, desde enlaces eléctricos como de cableado estructurado para voz y datos. Toda la información presentada se incorporó a los planes de telecomunicaciones actuales y propuestos para comprobar el estado de la escuela y cualquier mejora propuesta como parte de este proyecto.

A continuación, se muestran más específicamente las propuestas de mejora planteadas en la investigación:

- La primera propuesta se enfoca en la sala de sistemas donde se colocará un tablero que sirva de enlace para los circuitos correspondientes a esa área.
- Para la segunda, se propone colocar en el área anterior de enfermería un tablero central desde donde se controlarán los demás.
- Por último, se tiene previsto la creación de un plano que contenga las redes de iluminación por medio de la plataforma DIALux.

Con la distribución propuesta de las redes eléctricas que conforman la institución, de los circuitos de iluminación que son separados de los enchufes o tomas, se puede controlar mejor la instalación eléctrica en caso de avería, evitar sobrecargas y, además, recibir la forma de los elementos correspondientes a cada circuito derivado.

2.5.2. Operación remota y automatismo en Redes de Distribución en México

El programa que se presenta en el documento guía elaborado por Comisión Federal de Electricidad tiene como propósito el mejoramiento de la red operativa garantizando una reducción en los tiempos de ejecución y distribución del servicio eléctrico a todos los clientes afectados por un problema o falla dentro de un circuito de distribución, mediante la adquisición de equipos telecontrolados automáticos en específico restauradores. Con el fin de cumplir las expectativas del cliente,

mejorando la calidad y seguridad del servicio para una óptima distribución de la energía eléctrica.

Tomando en cuenta que los equipos actualmente colocados en las redes de distribución en su mayoría son de operación manual, los tiempos de restablecimiento del circuito es incierto, ya que depende de varios factores como lo son;

- Horario en el que se genera la falla
- El tiempo de llegada al área afectada
- La localización exacta de la interrupción
- La configuración de la red
- El número de equipos instalados que permitan seccionar una menor cantidad de área afectada
- Disponibilidad del personal

Por lo cual se propuso la instalación de 4857 equipos restauradores telecontrolados para circuitos de media tensión, lo cual generaría una en un plazo de 5 años (2019-2023) una inversión de 1,695 millones de pesos, a fin de cumplir con la normatividad correspondiente.

A continuación, se anexa una tabla que muestra la meta de instalación de restauradores por cada año.

Descripción	2019	2020	2021	2022	2023	Total
Equipos de protección y Seccionamiento (EPROSEC)	1052	1003	905	937	960	4857

Tabla 1 Meta física para la Instalación de EPROSEC. Fuente CFE 2023

CAPÍTULO III

DESARROLLO Y METODOLOGÍA

3.1. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas

3.1.1. Cronograma de actividades

El siguiente cronograma refleja las actividades correspondientes para la realización del proyecto, así como las fechas y los plazos de tiempo para desarrollarlas.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																											
ACTIVIDADES	Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre						
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
Actualización del libro de operación del área de distribución Martínez de la Torre y Misantla																											
Revisión de todo el libro de operaciones que contiene las 6 áreas de distribución																											
Identificación de áreas de oportunidad																											
Diseño de la metodología																											
Aplicación de instrumento de recolección de datos																											
Análisis del instrumento de recolección de datos																											
Análisis de las características técnicas de las redes de distribución con áreas de oportunidad																											
Búsqueda de posibles proveedores																											
Selección de proveedor final																											
Realización de diagramas y flujogramas de la propuesta																											
Comparativa tiempo - costo																											
Análisis y conclusiones																											

Tabla 2 Cronograma de actividades Fuente: Elaboración propia 2023

3.1.2. Descripción de las actividades

En primera instancia se realizó una revisión del libro de operaciones que contiene los diagramas y flujogramas de cada red de distribución como se muestra en las ilustraciones 4,5,6 y 7 con respecto al circuito **LGP04010 "Costa Esmeralda"**, tomando en cuenta la actualización de los mismos en base a los equipos nuevos que se instalaron en los últimos seis meses.

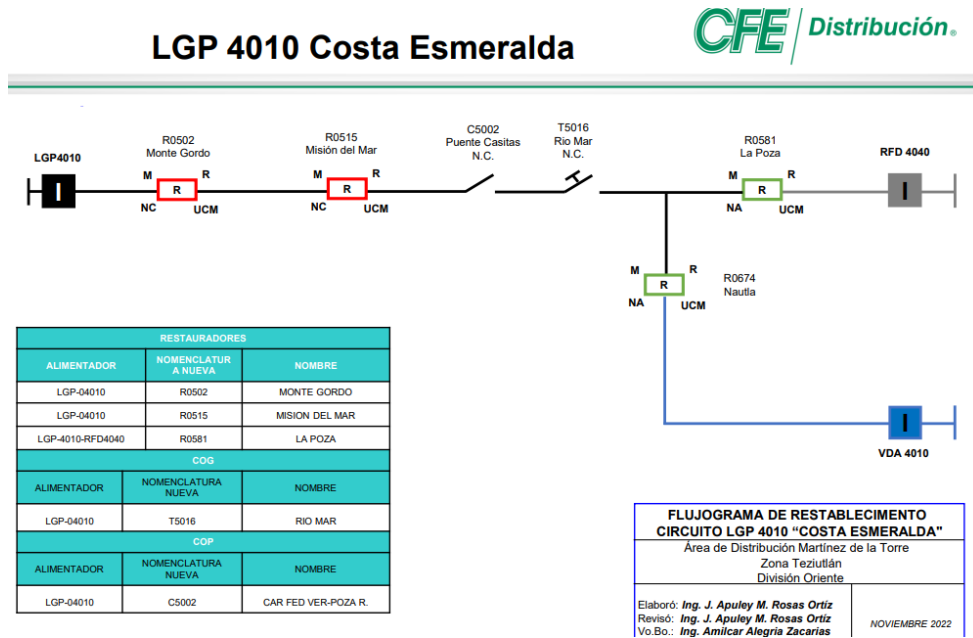


Ilustración 4 Diagrama Costa Esmeralda Fuente: CFE distribución 2022

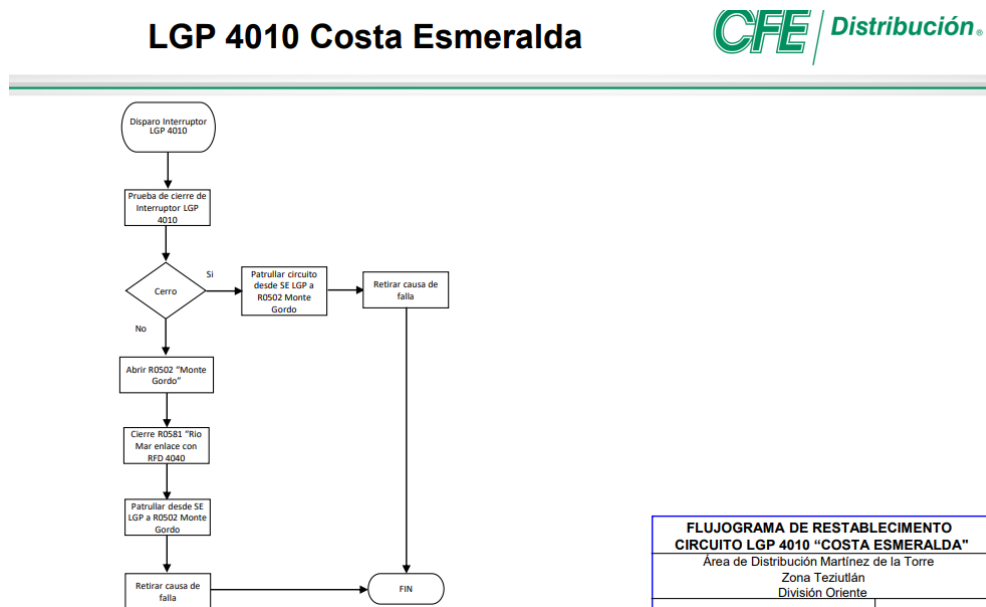
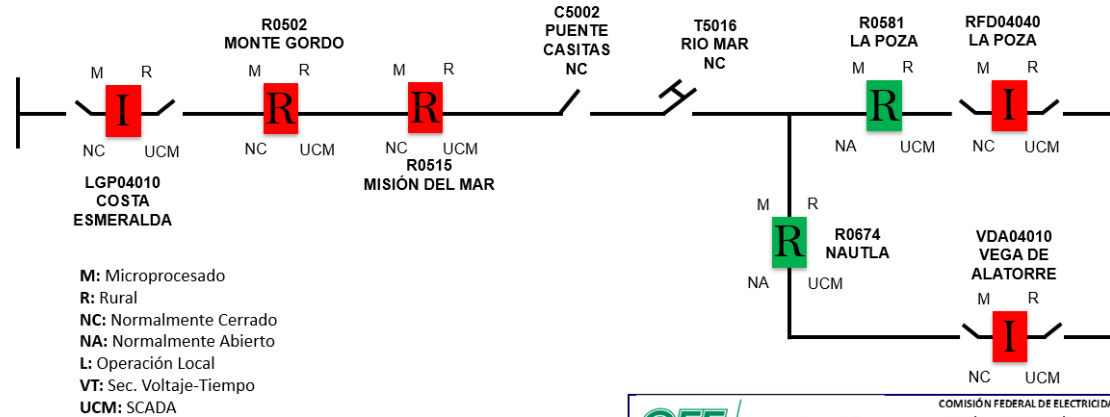


Ilustración 5 Flujograma Costa Esmeralda Fuente: CFE distribución 2022

CFE Flujograma de restablecimiento LGP04010 "COSTA ESMERALDA"

División de Distribución Oriente
Subgerencia de Distribución 2



EQUIPOS Y SECCIONAMIENTOS						
Num.	Equipo	Nomenclatura	Nombre	Localización	Circuito	Operación
1	INTERRUPTOR	LGP04010	COSTA ESMERALDA	SUBESTACIÓN LA GUADALUPE	LGP04010	TELECONTROLADO
2	RESTAURADOR	R0502	MONTE GORDO	MONTE GORDO	LGP04010	TELECONTROLADO
3	RESTAURADOR	R0515	MISIÓN DEL MAR	MISIÓN DEL MAR	LGP04010	TELECONTROLADO
4	COP	C5002	PUENTE CASITAS	PUENTE CASITAS	LGP04010	MANUAL
5	COP	T5016	RÍO MAR	RÍO MAR	LGP04010	MANUAL
6	RESTAURADOR	R0581	LA POZA	LA POZA ENLACE LGP04010-RFD04040	LGP04010	TELECONTROLADO
7	INTERRUPTOR	RFD04040	LA POZA	SAN RAFAEL	RFD04040	TELECONTROLADO
8	RESTAURADOR	R0674	NAUTLA	CASETA NAUTLA ENLACE LGP04010-VDA04010	LGP04010	TELECONTROLADO
9	INTERRUPTOR	VDA04010	VEGA DE ALATORRE	VEGA DE ALATORRE	VDA04010	TELECONTROLADO

CFE Distribución. COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD
 DIVISIÓN DE DISTRIBUCIÓN ORIENTE
 ZONA DE DISTRIBUCIÓN TEZIUTLAN
 ÁREA DE DISTRIBUCIÓN MARTÍNEZ DE LA TORRE

DIAGRAMA DE RESTABLECIMIENTO
 CIRCUITO LGP04010 "COSTA ESMERALDA"
 JUNIO 2023.

ELABORÓ Y EDITÓ:
 ING. ANGIE ESTEPHANI ROMERO CHAVEZ
 JEFE DE OFICINA ÁREA DE DISTRIBUCIÓN
 MARTÍNEZ DE LA TORRE

REVISÓ:
 ING. APULEY ROSAS ORTÍZ
 JEFE DE OFICINA OPERACIÓN ZONA

Vo. Bo:
 ING. CANAAN GUIOT GARCES
 JEFE DE DEPARTAMENTO DISTRIBUCIÓN

APROBÓ:
 ING. JOSE MARIO OCHOA RAMÍREZ
 SUPERINTENDENTE DE ZONA

Ilustración 6 Diagrama Costa Esmeralda Fuente: CFE distribución 2023

CFE Flujograma de restablecimiento LGP04010 "COSTA ESMERALDA"

División de Distribución Oriente
Subgerencia de Distribución 3

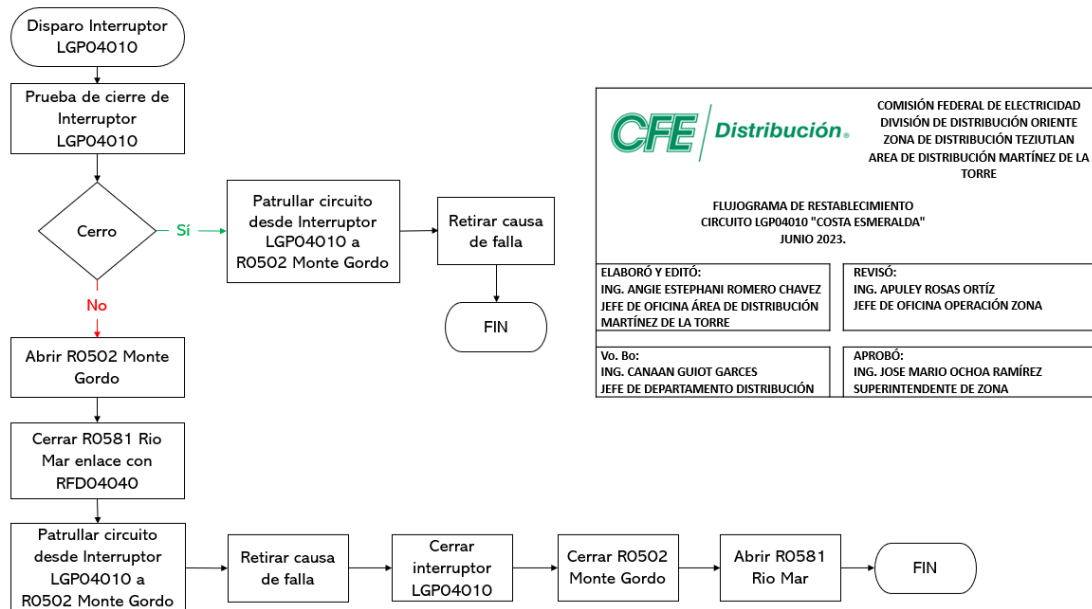


Ilustración 7 Flujograma Costa Esmeralda Fuente: CFE distribución 2023

3.1.2.1. Procedimiento de restablecimiento ante una falla

Es necesario conocer el procedimiento correspondiente para reaccionar ante una falla o disparo del circuito, a fin de evitar que dicha situación se prolongue por mucho tiempo y la población se vea afectada por lo mismo. Para ello se muestra como ejemplo el proceso gráfico para el restablecimiento del circuito MTT04035 "CITREX" correspondiente al área de distribución de Martínez de la Torre.

En la ilustración 8 se muestra un disparo de interruptor y así mismo en rectángulos verdes la parte del circuito que se encuentra sin energía eléctrica, para ello se realiza un patrullaje en dicho tramo para identificar y retirar la causa de falla.

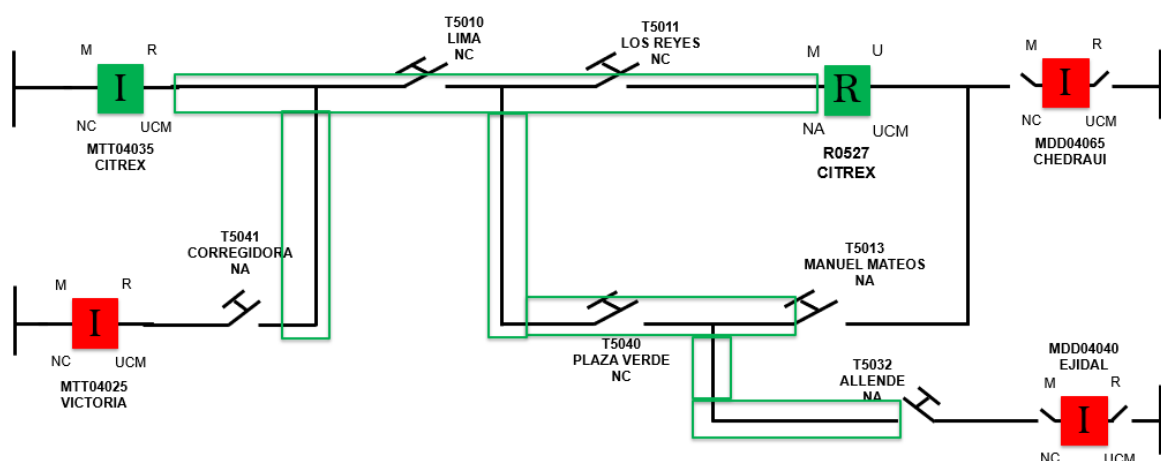


Ilustración 8 Disparo de interruptor MTT04035 CITREX Fuente: Elaboración propia 2023

En caso de que no cierre el interruptor para restablecer la energía, se procede a abrir las COG T5010 de la Lima y una prueba de cierre al interruptor a fin de detectar si el fallo se encuentra en ese tramo del circuito, como se muestra en la ilustración 9.

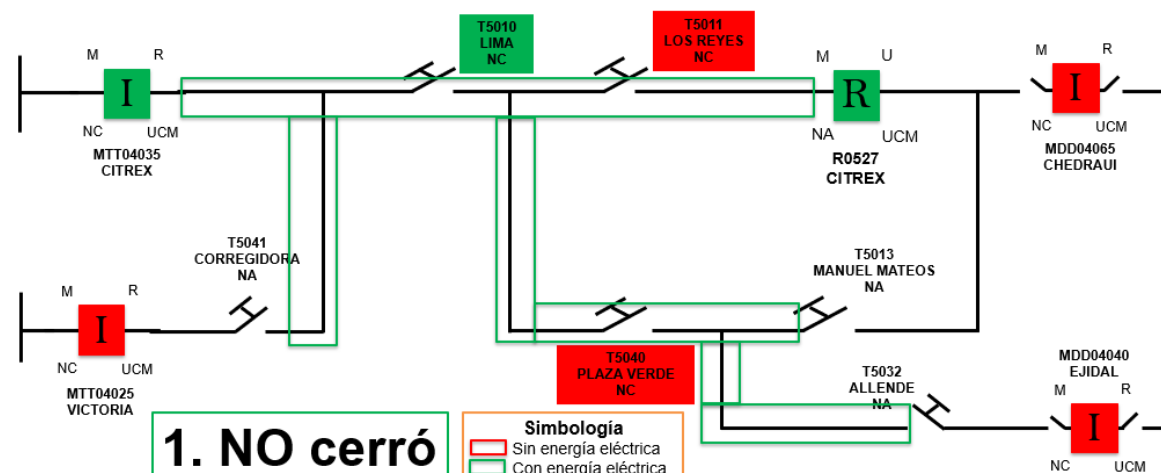


Ilustración 9 Apertura de las T5010 LIMA Fuente: Elaboración propia 2023

Simbología

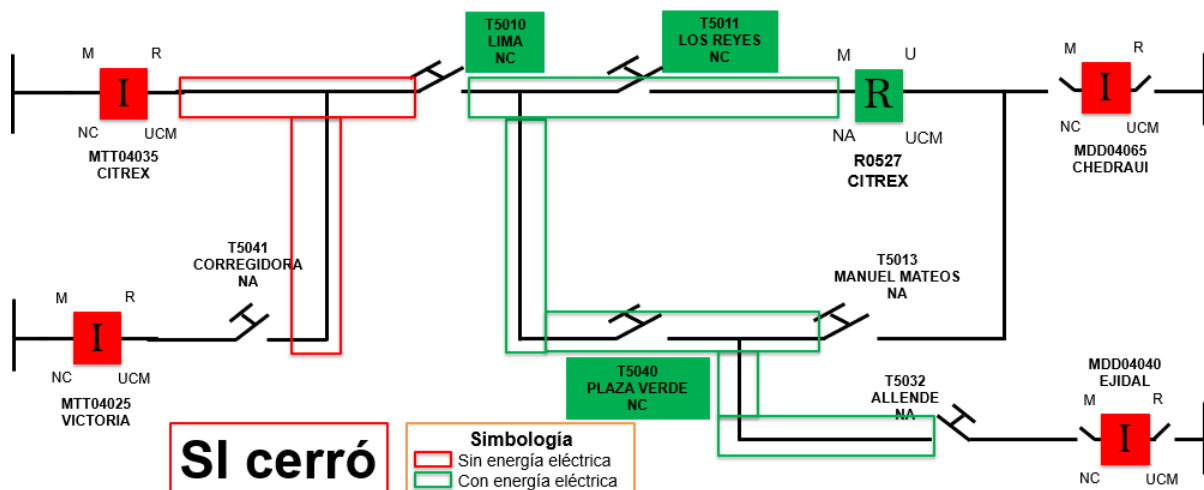
- Sin energía eléctrica (línea roja)
- Con energía eléctrica (línea verde)

SI cerró

El diagrama muestra una red de distribución con los siguientes elementos:

- Subestaciones y Transformadores:**
 - T5010 LIMA NC (Verde)
 - T5011 LOS REYES NC (Rojo)
 - R0527 CITREX (Verde)
 - T5041 CORREGIDORA NA (Verde)
 - T5013 MANUEL MATEOS NA (Verde)
 - T5040 PLAZA VERDE NC (Rojo)
 - T5032 ALLENDE NA (Verde)
- Interrumpidores (I) y Relés (R):**
 - I MTT04035 CITREX (Rojo)
 - I MTT04025 VICTORIA (Rojo)
 - I MDD04065 CHEDRAUI (Rojo)
 - I MDD04040 EJIDAL (Rojo)
- Líneas de Transmisión:**
 - Línea roja sin energía eléctrica.
 - Línea verde con energía eléctrica.

Para ello se abren las COG T5011 Los Reyes y las T5040 Plaza Verde, y a su vez se cierran las COG T5010 Lima con el objetivo de restablecer la energía eléctrica en el mayor tramo del circuito, es decir, desde el interruptor hasta las COG abiertas previamente, como se observa en las ilustraciones 11 y 12 respectivamente.



42

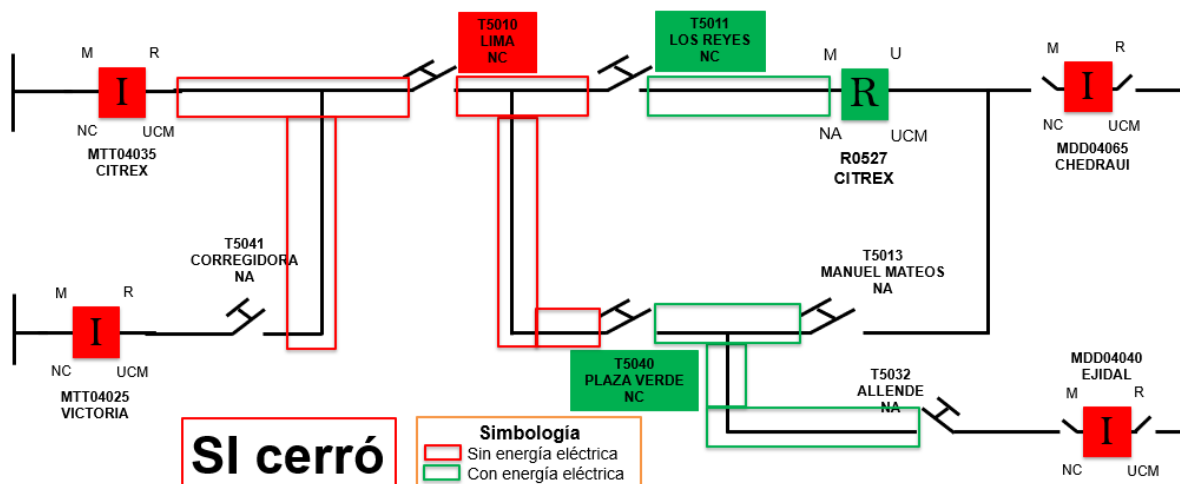


Ilustración 12 Cierre de las COG T5010 Lima Fuente: Elaboración propia 2023

Seguido de eso se patrulla desde las T5011 Los reyes hasta R0527 Citrex, se identifica la causa de la falla y se retira, dando paso al cierre de las T5011 Los reyes y recuperando energía eléctrica hasta el R0527 Citrex, sin embargo, se continua sin energía desde las T5040 Plaza Verde hasta T5013 Manuel Mateos y las T5032 Allende, para lo cual se debe realizar un patrullaje en dicho tramo, identificar y retirar la causa, para posteriormente cerrar las T5040 Plaza Verde, y normalizar la carga en todo el circuito, como se muestra en las ilustraciones 13 y 14.

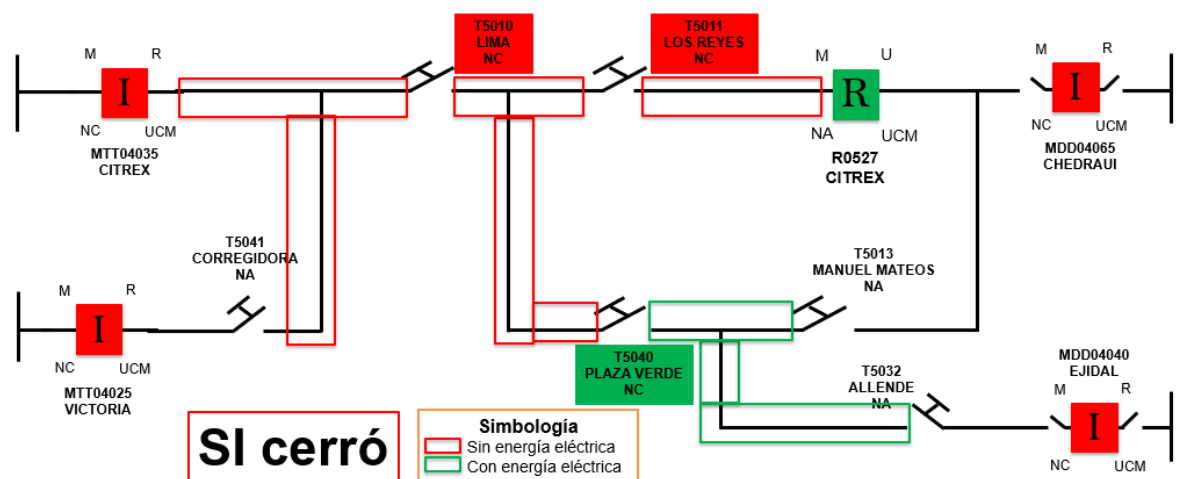


Ilustración 13 Cierre de las T5011 Los reyes y recuperando energía eléctrica hasta el R0527 Citrex Fuente: Elaboración propia 2023

2. NO cerró

Simbología

- Sin energía eléctrica
- Con energía eléctrica

2. NO cerró

Simbología

- Sin energía eléctrica
- Con energía eléctrica

Diagrama de la red eléctrica de la zona de Toluca, México, mostrando la configuración de las líneas de transmisión y los interruptores de energía. El diagrama incluye una leyenda que indica que las líneas rojas representan 'Sin energía eléctrica' y las líneas verdes representan 'Con energía eléctrica'. Se muestran varios interruptores (I) y un relé (R) en diferentes puntos de la red, con sus respectivos nombres y códigos de identificación. Las líneas de transmisión están etiquetadas con sus nombres y códigos de identificación.

3.1.2.2. Identificación de áreas de oportunidad

45

Del lado de la subestación de Martínez de la Torre se encontraron dos circuitos **MTT04035 "CITREX"** y **RFD43050 "CITROFRUT"** con área de oportunidad para la colocación de restauradores automatizados señalados con rectángulos rojos en las ilustraciones 18 y 20, con sus respectivos flujogramas de restablecimiento.

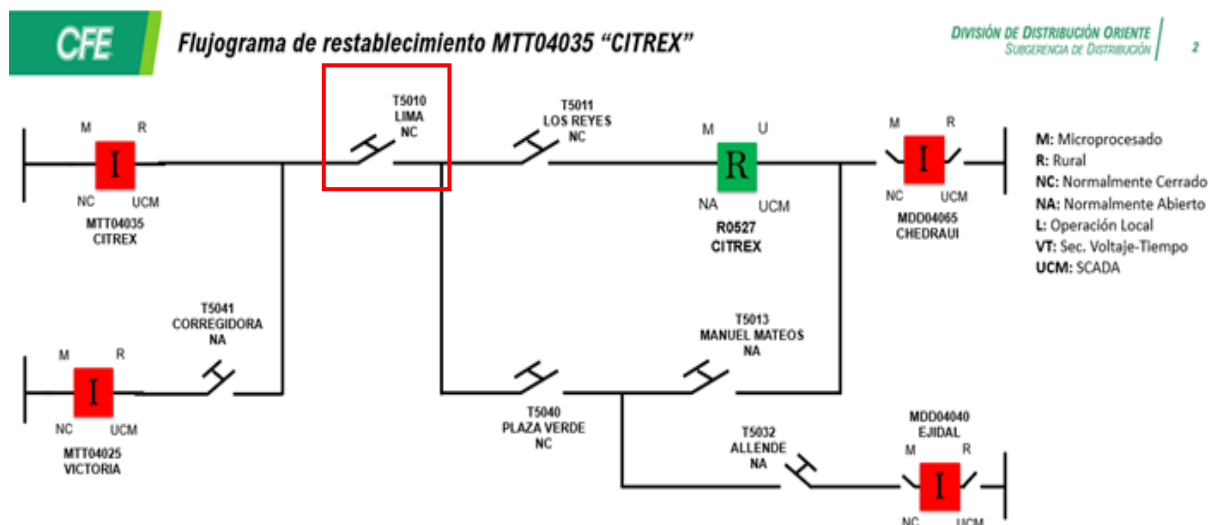


Ilustración 18 Diagrama CITREX Fuente: CFE distribución 2023

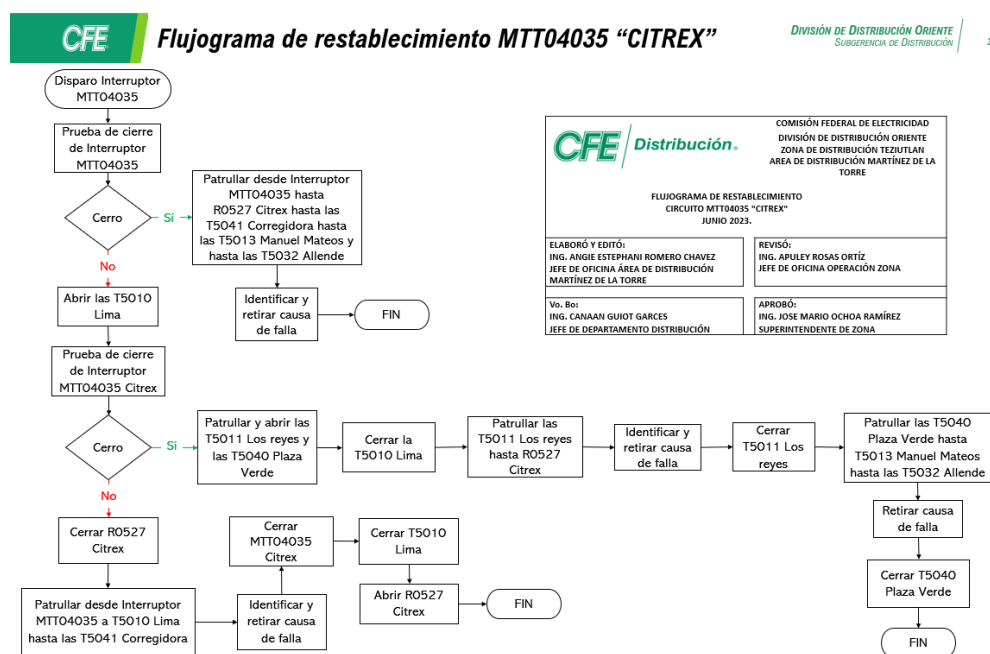


Ilustración 19 Flujograma CITREX Fuente: CFE distribución 2023

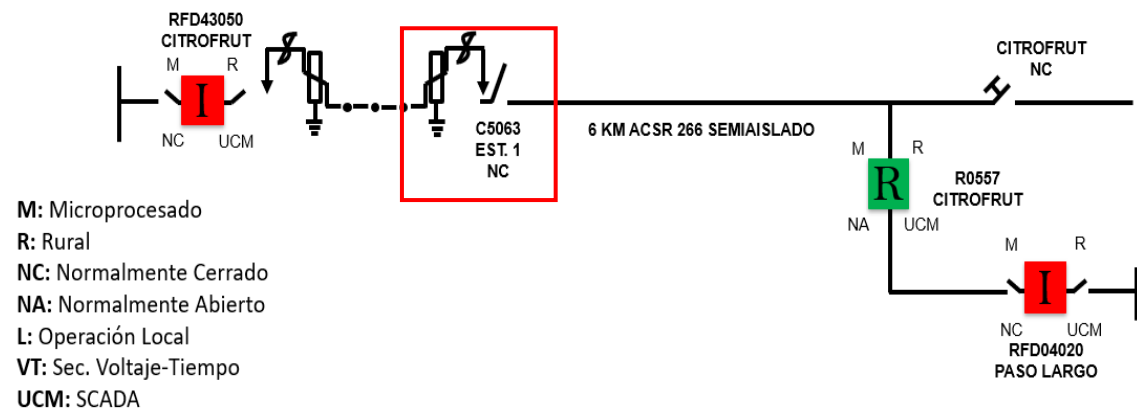


Ilustración 20 Diagrama CITROFRUT Fuente: Elaboración propia 2023

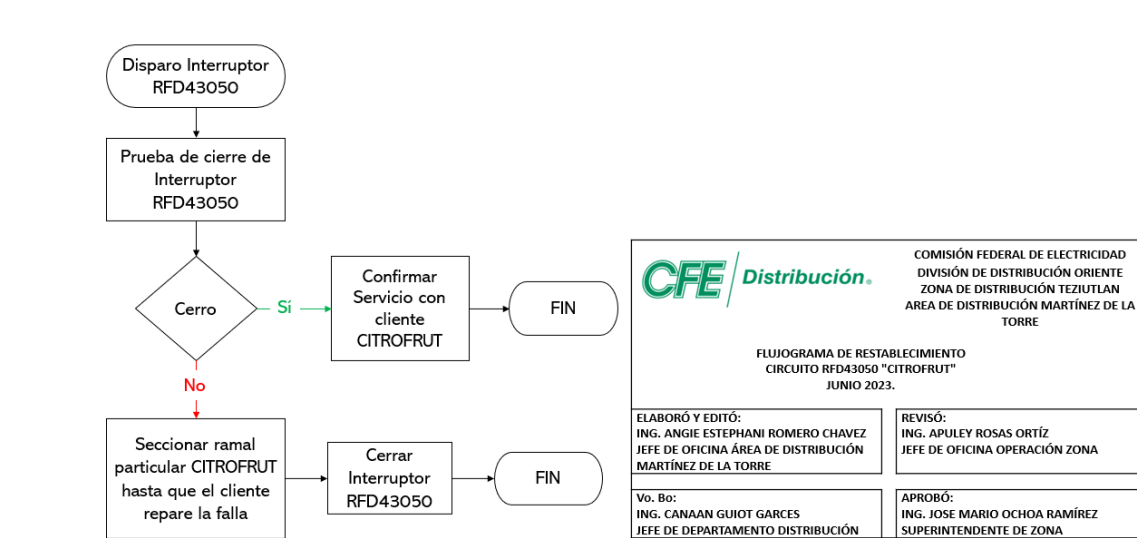


Ilustración 21 Flujograma CITROFRUT Fuente: CFE distribución 2023

Por parte de la subestación de Zacapoaxtla en uno de sus circuitos se identificaron áreas de oportunidad que corresponden al **ZXP04010 "Zacapoaxtla"**, las cuales se muestran señaladas a continuación con un rectángulo rojo en la ilustración 22 y su flujograma de restablecimiento.

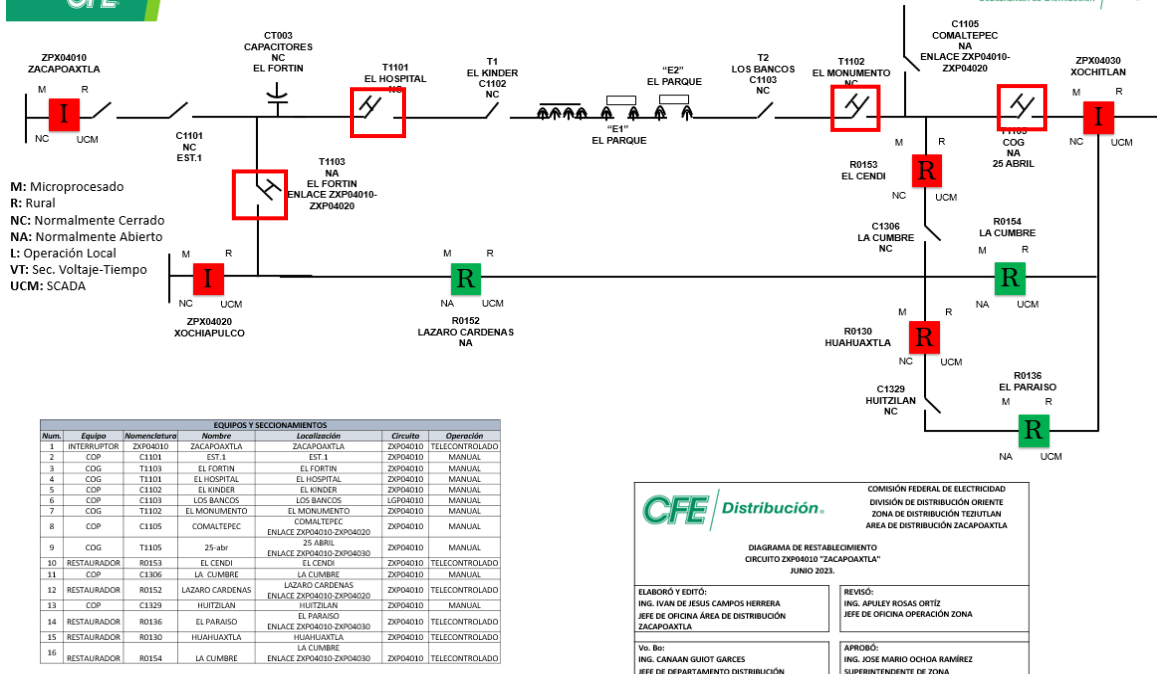


Ilustración 22 Diagrama Zacapoaxtla Fuente: Elaboración propia 2023

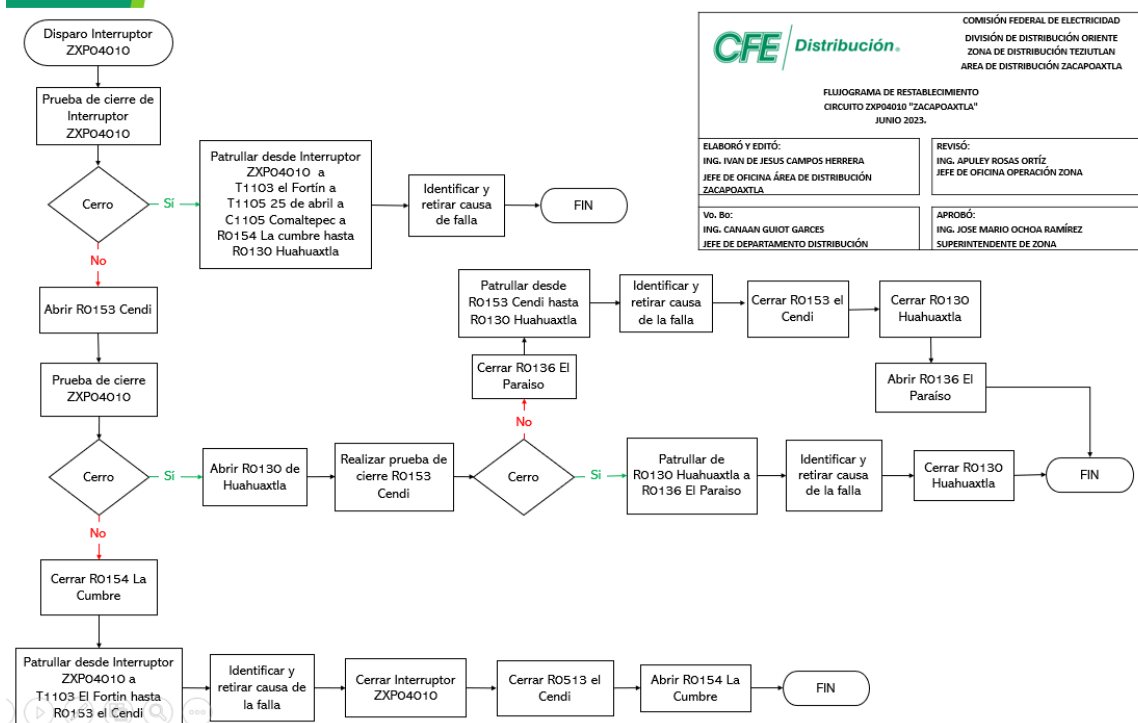


Ilustración 23 Flujograma Zacapoaxtla Fuente: CFE distribución 2023

3.1.2.3. Características técnicas de los circuitos

Después de analizar e identificar los circuitos con áreas de oportunidad para la colocación de nuevos restauradores automatizados y tomando en cuenta el área de superficie que abarca el circuito, se llevó a cabo un registro de las características técnicas de los mismos con el fin de encontrar proveedores que cumplan con los requisitos correspondientes para el óptimo funcionamiento de los equipos. Para ello se consideraron los siguientes criterios obtenidos por medio de la página SEDWEB sitio oficial de CFE distribución:

- Capacidad de corriente
- Tensión (13.2 kV= 13,200 v; Media Tensión)
- Tiempo de operación
- Cantidad de usuarios
- Distancia total del circuito
- Distancia respecto a la fuente para seccionar los circuitos
- Confiabilidad del circuito

Circuito	Capacidad de corriente	Tiempo de operación	Demanda media (kW)	Cantidad de usuarios	Distancia total del circuito	Distancia respecto a la fuente	Confiabilidad del circuito
MTT04035 "CITREX"	3,752 Amp Corriente de falla instantánea trifásica 3,130 Amp Monofásica	400 ms Interruptor	3,650.93 kW	2,501	29.17 Km	4.3 Km	100%
RFD43050 "CITROFRUT"	40 Amp corriente trifásica	400 ms Interruptor Equipo de protección 200 ms respecto al elemento de protección aguas arriba	5, 354.00 kW	1	6 Km	4.47 Km	100%
ZXP04010 "Zacapoaxtla"	Fortin y Hospital: <i>Trifásica = 2,461 Amp</i> <i>Monofásica = 2666 Amp</i> Monumento: <i>Trifásica = 1,833 Amp</i> <i>Monofásica = 1,489 Amp</i> 25 de abril: <i>Trifásica = 1,512 Amp</i> <i>Monofásica = 1, 188 Amp</i>	400 ms Interruptor	1,800.00 kW	11,446	185.59 Km	Fortin: 500 m Hospital: 855 m Monumento: 2.26 Km 25 de abril: 3.22 Km	100%

Tabla 3 Características técnicas de los circuitos Fuente: Elaboración propia 2023

3.1.2.4. Búsqueda de posibles proveedores

Seguido de la obtención de los datos anteriores, se llevó a cabo una búsqueda de proveedores que cumpliera con las características requeridas de cada equipo, además de tomar en cuenta aspectos como su costo y la disponibilidad del equipo para adquisición.

Para dicho proceso se publica una convocatoria en la página oficial de CFE donde las empresas proveedoras que cuenten con equipos que cumplan las características técnicas se postulan. Sin embargo, por la premura para el desarrollo de la propuesta, se han obteniendo de forma particular las dos siguientes cotizaciones de diferentes proveedores:

EPRECSA-NOJA POWER



COTIZACIÓN TÉCNICA - ECONÓMICA

CFE ORIENTE
CALLE IGNACIO ALLENDE 155
CENTRO
C.P. 91000
XALAPA, VERACRUZ, MÉXICO
2288240631
ING. CARLOS LOMELI
carlos.lomeli@cfe.mx

COTIZACIÓN: 2104-22
FECHA: 17/10/2023
MATERIAL: MP - MATERIA PRIMA

PRESENTE:

En atención a su amable solicitud de cotización, a continuación le presentamos nuestra mejor oferta conformada por:

Partida	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio Unitario MXN	Precio Total MXN
1	1	PIEZA	TANQUE DEL RESTAURADOR PARA 38 KV MODELO OSM 38-12-630 SERIE 300, 38KV 12.5KA 630A 200 KV Se anexa plano/ficha técnica Plazo de entrega: 12 a 14 semanas.	220,500.00	220,500.00
MONEDA: MXN				SUBTOTAL	220,500.00
TOTAL CON LETRA: DOSCIENTOS CINCUENTA Y CINCO MIL SETECIENTOS OCHENTA 00/100				IVA	35,280.00
				TOTAL	255,780.00

Ilustración 24 Cotización de restaurador Noja Power Fuente: EPRECSA 2023

AVB Solutions – Restaurador AVB



COTIZACIÓN TÉCNICA - ECONÓMICA

25 DE NOVIEMBRE DE 2023

CFE ORIENTE

Calle Ignacio Allende 155
Centro
C.P. 91000
Xalapa, Veracruz, México
2288240631
Ing. Carlos Lomeli
carlos.lomeli@cfce.mx

AVB SOLUTIONS

MP- Material Prima
Restaurador eléctrico
+56 9 3401 6391

Descripción	Cantidad	Precio
TANQUE DEL RESTAURADOR PARA 36 KV MODELO OSM 38-12-630 SERIE 300, 36KV 12.5KA 630A 200 KV	1	\$ 280,000.00
Subtotal		\$ 280,000.00
IVA		\$ 44,800.00
TOTAL		\$ 324,800.00

Ilustración 25 Cotización de restaurador AVB Fuente: AVB 2023

3.2. Alcance y enfoque de la investigación

El alcance y enfoque del estudio son dos aspectos esenciales que ayudan a determinar las limitaciones y objetivos del estudio, estos elementos son muy importantes para establecer la dirección y los límites de la investigación, lo que a su vez ayuda a mantenerla enfocada y relevante. A continuación, se describen los mismos de forma más específica para la presente.

3.2.1. Alcance y limitaciones

Los alcances de la investigación se encuentran dentro del tipo descriptivo y explicativo, pues se pretende especificar las características y funcionamientos de un equipo automatizado (restaurador), así como su respuesta ante situaciones vinculadas con los circuitos eléctricos en comparación a un equipo manual (cuchillas

desconectadoras), a fin de poder llevar a cabo un análisis entre los resultados obtenidos que nos permita determinar el impacto de cada uno.

3.2.2. Enfoque

La investigación tiene un enfoque mixto, ya que para el análisis que se realiza se requiere; profundizar en los datos, riqueza interpretativa de la información que se obtiene a lo largo de la investigación, relacionar situaciones que están aconteciendo en el entorno y en las mismas redes de distribución físicas, así como sus efectos hacia la empresa y los clientes finales.

Este tipo de análisis es el más apto para dicha investigación, porque permite adentrarse a la información y utilizarla de acuerdo a las necesidades de la misma, además de que le concede al investigador dar su punto de vista en base a su propio criterio.

3.3. Hipótesis

A lo largo de los años se han realizado múltiples investigaciones en el campo eléctrico que han permitido innovar los procesos que se tenían en su momento, hasta llegar a desarrollar la infraestructura con la que actualmente se cuenta.

Sin embargo, a medida que avanza la tecnología y las exigencias del mercado se vuelven aún mayores, es necesario desarrollar estrategias que permitan adaptarse al entorno para mantener su rentabilidad en el mercado, por lo cual se está llevando a cabo la presente investigación que pretende optimizar las redes de distribución en base a la automatización de las mismas, derivando así en la siguiente hipótesis:

“Si mayor es el nivel de automatización en una red de distribución eléctrica, menor será, ante una falla, su tiempo de respuesta y la pérdida económica”.

3.4. Diseño y metodología de la investigación

El tipo de investigación es documental no experimental, debido a que no se manipulan las variables solo se analizan, contrastan o comparan, en un ambiente natural y en base a estudios, datos e investigaciones previas de fuentes primarias o

secundarias, que estén relacionadas al tema de investigación y que sirvan de base para enriquecerla o mejorarla.

3.5. Selección de la muestra

El universo a estudiar consta de 6 subestaciones integradas por 64 circuitos eléctricos sobre los que se desean sacar conclusiones, los cuales corresponden a la zona de Distribución Oriente con sede central en Teziutlán, Puebla. Al ser una población pequeña se tomarán los 64 circuitos como la muestra a analizar, lo cual nos proporcionara información más específica y una interpretación de datos más enriquecedora.

A continuación, se especifica cada subestación con la respectiva cantidad de circuitos eléctricos que controlan:

Subestación	Número de circuitos
Zacapoaxtla	6
Teziutlán	13
Perote	13
Tlapacoyan	6
Martínez de la Torre	20
Misantla	6

Tabla 4 Circuitos por subestación eléctrica Fuente: Elaboración propia 2023

3.6. Recolección de datos

La recopilación de datos es una fase importante para el desarrollo de una investigación, ya que permite obtener información de diversas fuentes en base al diseño y metodología de la misma, para ello es necesario seleccionar el instrumento adecuado para su aplicación y posterior análisis.

3.6.1. Selección del instrumento

Para efectos de la investigación se ha determinado la implementación de dos mecanismos principales para la recolección de la información pertinente, los cuales son:

- ***Cuestionario abierto:*** Es una herramienta que se usa para la recolección de datos tanto cuantitativos como cualitativos, lo cual nos permite profundizar en la recolección de datos de una fuente primaria aumentando la eficacia de los resultados.
- ***Análisis documental:*** En contraste con los anteriores instrumentos, este se obtiene de fuentes secundarias como lo son; investigaciones, proyectos, estudios, artículos, entre otros, que nos permite conocer sobre datos de variables de interés que impactan al objetivo de la investigación. Aunque es muy importante evaluar los documentos utilizados para recopilar los datos y verificar su validez antes de su uso.

3.6.2. Aplicación del instrumento

Los instrumentos serán aplicados principalmente con la intención de obtener información relacionada con los elementos y funcionamientos de las redes de distribución eléctrica correspondientes a la zona de Distribución Oriente, para obtener datos que permitan mejorar el desarrollo de la investigación y tener bases para el sustento de la hipótesis.

Se llevó a cabo la aplicación de este instrumento al I.M.E. José Apuley Moisés Rosas Ortiz jefe del departamento de operación de la zona de distribución Teziutlán, el cual tiene amplio conocimiento acerca de todos los circuitos eléctricos que integran la zona y proporcionó los siguientes resultados:

Cuestionario abierto

- 1. ¿Qué características se deben considerar para la selección de un restaurador automatizado?**

La cantidad de usuarios del circuito, la distancia respecto de la fuente para seccionar los circuitos, la confiabilidad del circuito, la necesidad de contar con continuidad del servicio eléctrico a los clientes.

2. ¿Cuáles son las ventajas clave de utilizar restauradores automatizados en comparación con equipos manuales en circuitos eléctricos?

- Mayor confiabilidad en las redes eléctricas
- Menor tiempo de interrupción del servicio de energía eléctrica
- Versatilidad en las maniobras para agilizar el restablecimiento del servicio de energía eléctrica de forma automática
- Menor necesidad de mano de obra ante una falla comparado contra un equipo de operación manual
- Menor pérdida económica ante la presencia de una falla del servicio de energía eléctrica

3. ¿Podría describir un caso específico en el que los restauradores automatizados hayan demostrado ser especialmente eficaces en la restauración de un circuito eléctrico?

Si, ante todo tipo de eventos meteorológicos que han presentado fallas en el suministro de energía eléctrica siendo que es necesario y ha sido más ágil el restablecimiento del servicio.

4. ¿Cuáles son los principales desafíos o limitaciones que se han encontrado al implementar restauradores automatizados en circuitos eléctricos?

- La ubicación geográfica por la disposición del circuito a automatizar.
- La ubicación geográfica por la falta de comunicación para radioenlace entre equipo restaurador y unidad central maestras (UCM).

5. ¿Cómo afecta la eficacia de los restauradores automatizados a la confiabilidad y la disponibilidad del sistema eléctrico?

Cuando un equipo se encuentra fuera de comunicación puede provocar operaciones incorrectas y puede no obedecer mandos de la UCM por lo que no es confiable su funcionalidad, misma que provoca que la interrupción del servicio de energía eléctrica se prolongue durante lapsos de tiempo mayores comparado contra un equipo debidamente comunicado y que si responda en caso necesario de uso.

6. ¿Cuál es el proceso típico para la detección y restauración automatizada de fallas en un circuito eléctrico utilizando estos dispositivos?

Los equipos restauradores son un medio de protección para un circuito eléctrico por lo cual cuentan con una programación que permite identificar condiciones de falla en el sitio donde suministra el servicio de energía eléctrica al presentarse una falla y por la programación mencionada el equipo restaurador envía señales a la UCM con lo que el operador de la UCM puede realizar maniobras para el restablecimiento de manera automática o con ayuda de personal en caso necesario para esto.

7. ¿Cómo se monitorea y evalúa el rendimiento de los restauradores automatizados a lo largo del tiempo?

Se debe establecer un programa de inspección y un programa de mantenimiento para validar la funcionalidad correcta de todos los componentes del equipo restaurador, es decir, gabinete de control, restaurador, antena, baterías, radio de comunicación, cables de alimentación, cables de comunicación, conectores, sistemas de tierra, y software, así como las actualizaciones necesarias.

8. ¿Cuál es la vida útil esperada de estos dispositivos y cómo se maneja su mantenimiento?

Alrededor de 20 a 25 años aproximadamente, y su mantenimiento debe contar con un programa de atención de manera preventiva para la revisión de gabinete de control, restaurador, antena, baterías, radio de comunicación, cables de alimentación, cables de comunicación, conectores, sistemas de tierra, y software, así como las actualizaciones necesarias.

9. ¿Cuál es el costo promedio de un restaurador automatizado y cómo impacta en la rentabilidad de la empresa?

Su costo varía de acuerdo al modelo, tipo, marca, funciones, y condiciones técnicas, sin embargo, se podría considerar que el costo aproximado está entre los \$300,000 y \$600,000 mxn.

10. ¿Cuáles son las marcas de restauradores que se han adquirido hasta ahora?

- NOJA POWER
- NULEC
- ABV
- YASKAWA
- APP INSULATOR
- UFARA
- COOPER

3.6.3. Preparación de datos

Previo a la recolección de datos y en base al instrumento seleccionado, se formularon las preguntas que conformarían el cuestionario abierto, las cuales permitieron obtener información fundamental para el desarrollo de la investigación que respaldará la hipótesis de la misma.

En primera instancia es necesario conocer acerca de las características de los restauradores automatizados, los criterios fundamentales para su selección, los beneficios y las limitaciones de dichos equipos, el proceso que realiza para la detección de una falla, su tiempo de vida útil y periodos de mantenimiento, así como las marcas más comunes con las que trabaja la empresa y sus costos promedios, con el fin de identificar puntos clave en los circuitos con área de oportunidad que ayuden a elegir los equipos automatizados más óptimos para cada uno de ellos.

Posteriormente se realizaron algunos criterios de evaluación en forma de check list para conocer el estado actual de las redes de distribución físicas que conforma la zona de distribución Teziutlán, con el propósito identificar que su infraestructura, sistema y mantenimiento sean adecuados para su óptima funcionalidad evitando así insatisfacción por parte de los clientes finales y pérdidas monetarias.

3.7. Análisis de datos

De acuerdo a los datos obtenidos en base a los dos instrumentos de recolección aplicados podemos concluir lo siguiente:

a) Características para selección de un restaurador automatizado

Existen múltiples características a tomar en cuenta, de las cuales las principales son:

- *Cantidad de usuarios del circuito:* Debido a que no todos los circuitos son del mismo tamaño o no abastecen a la misma cantidad de usuarios, el número de equipos y sus características van a depender de ello para que este realice su ejecución de forma óptima logrando así su objetivo.
- *Distancia respecto de la fuente:* Si la instalación del equipo se lleva a cabo en un circuito muy lejano de la fuente puede ocasionar dificultades al momento de su funcionamiento.
- *Confiabilidad del circuito:* Como se mencionaba anteriormente, si el circuito en el que se planea instalar el equipo se encuentra en una zona geográfica poco favorable, es decir, que dificulte la recepción de señal entre el equipo y la UCM, es muy susceptible a un deficiente funcionamiento.

b) Ventajas y limitaciones de los restauradores automatizados

Aunque existen diversas ventajas al utilizar restauradores automatizados en los circuitos eléctricos como lo son; la *confiabilidad*, *menor tiempo de interrupción*, *versatilidad en maniobras*, *menor uso de recurso humano*, así como *menores pérdidas económicas*, no está exento de contar con limitaciones que perjudican a dichas ventajas como lo es la *ubicación geográfica* del circuito en donde está instalado el equipo, pues muchas veces debido a ello la comunicación entre el restaurador y la UCM se ve afectada obstaculizando así su funcionalidad, por lo cual es importante tomar en cuenta esta limitación en los circuitos con áreas de oportunidad anteriormente identificados.

c) Proceso de funcionalidad de un restaurador automatizado

El proceso de funcionalidad de un restaurador automatizado ante una falla en el circuito eléctrico consta de varios pasos, de los cuales se destacan:

- 1.** Detección y evaluación inicial; como su nombre indica detecta una falla y manda una señal a la UCM donde un operador capacitado realiza una evaluación inicial tomando en cuenta.
- 2.** Planificación de restauración
- 3.** Monitoreo continuo
- 4.** Validación y calidad
- 5.** Acabado y protección
- 6.** Finalización
- 7.** Mantenimiento y seguimiento

Es necesario conocer el funcionamiento del equipo, ya que esto permitirá detectar de forma más fácil si en algún punto de dicho proceso existe un error que pueda impedir que la información y la ejecución de maniobras se realice de manera adecuada.

d) Vida útil y costo

Tener conocimiento acerca de estos puntos es fundamental para el propósito de esta investigación, pues al conocerlos permite fundamentar y evaluar la viabilidad técnica y financiera del mismo.

Esto va variando de acuerdo a las funciones y marcas de cada equipo, sin embargo, cuentan con una vida útil aproximada de 20 a 25 años llevando un programa de mantenimiento adecuado cada 6 meses.

Tomando en cuenta que el costo de adquisición ronda entre los 300,000 a 600,000 MXN, la recuperación del mismo se basará en la vida útil del equipo, circuito al que pertenece, usuarios a los que se abastecen, entre otros.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Selección de proveedor

En base al análisis y comparativa de las anteriores cotizaciones para la adquisición de restauradores automatizados, se seleccionó como proveedor final a la empresa **EPRECSA**



Ilustración 26 Logo EPRECSA Fuentes: Página oficial EPRECSA S.F.

con la marca NOJA POWER, debido a que el equipo ofrecido por la misma cuenta con todas las características técnicas solicitadas las cuales se detallan en el anexo A y B, un costo accesible en comparación a los demás proveedores en el mercado, así como antecedentes de compras entre ambas empresas con diversos productos.

También se consideró el tiempo de entrega de 12 a 14 semanas, la cantidad de equipos disponibles al momento de cotización y el costo de envío; dando un importe total unitario de \$255,780.00 MXN.

4.2. Diagramas y flujogramas actualizados a la propuesta

Los diagramas y flujogramas son herramientas graficas que permiten tener una mayor comprensión sobre alguna situación, en este caso, son la base de la empresa para tener conocimiento sobre los equipos que integran los circuitos y sus nomenclaturas, así como las maniobras a realizar para solucionar dicha que afecta directamente al circuito.

Para la integración de los equipos automatizados en los puntos propuestos se realizó la actualización dentro de sus respectivos circuitos en el libro de operación a fin de visualizar de forma más específica la misma, así como, el cambio en las maniobras a realizar para el restablecimiento de la energía eléctrica en caso de alguna falla dentro del mismo.

En primera instancia se visualiza en la ilustración 27 la propuesta de instalación de un equipo telecontrolado para sustituir las T5010 LIMA por el **R0528 LIMA** y con

esto reducir el tiempo de atención al restablecimiento del servicio de energía eléctrica en caso de falla sobre el circuito MTT04035 CITREX.

Al contar con el equipo telecontrolado propuesto R0528 LIMA, en caso de que exista un disparo o una falla que afecte el suministro de energía eléctrica del interruptor MTT04035 CITREX, el circuito prioritario de respaldo para restablecer el servicio de energía eléctrica es el interruptor del circuito MDD04065 CHEDRAUI; siendo que para este caso se contará con dos equipos telecontrolados, el R0528 LIMA para seccionamiento y el R0527 CITREX como enlace entre ambos circuitos.

Derivado de los puntos anteriores las otras dos alternativas, mediante seccionamiento manual con los interruptores MTT04025 VICTORIA y MDD04040 EJIDAL, se descartan siendo no preferentes.

Con la propuesta de instalación del equipo R0528 LIMA, y contando con el equipo R0527 CITREX, el análisis propuesto de maniobras necesarias indicadas en el plan de restablecimiento y flujograma, se reduce a 10 maniobras para restablecer el 100% del servicio de energía eléctrica del circuito MTT04035 CITREX.

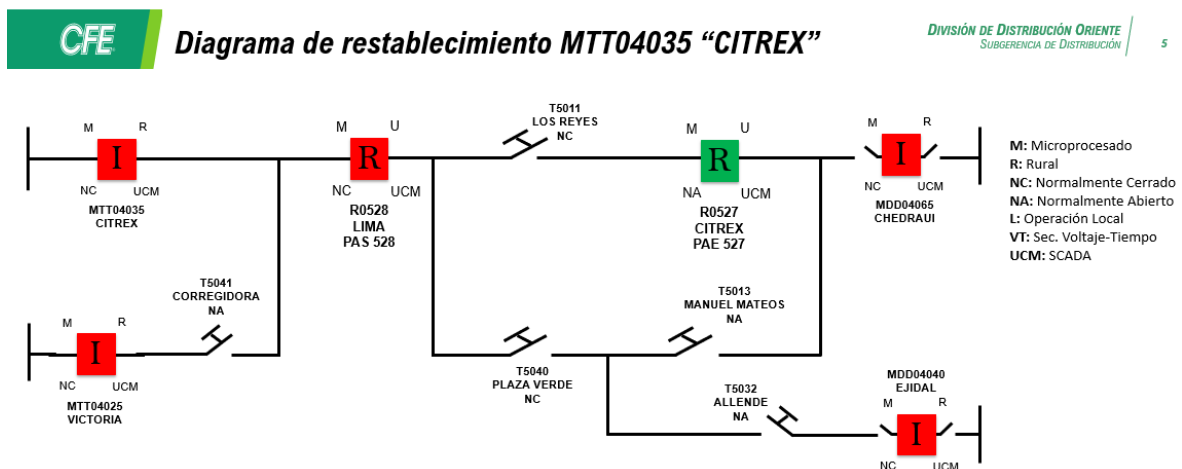


Ilustración 27 Diagrama MTT04035 propuesta Fuente: Elaboración propia 2023

Flujograma de restablecimiento MTT04035 “CITREX”

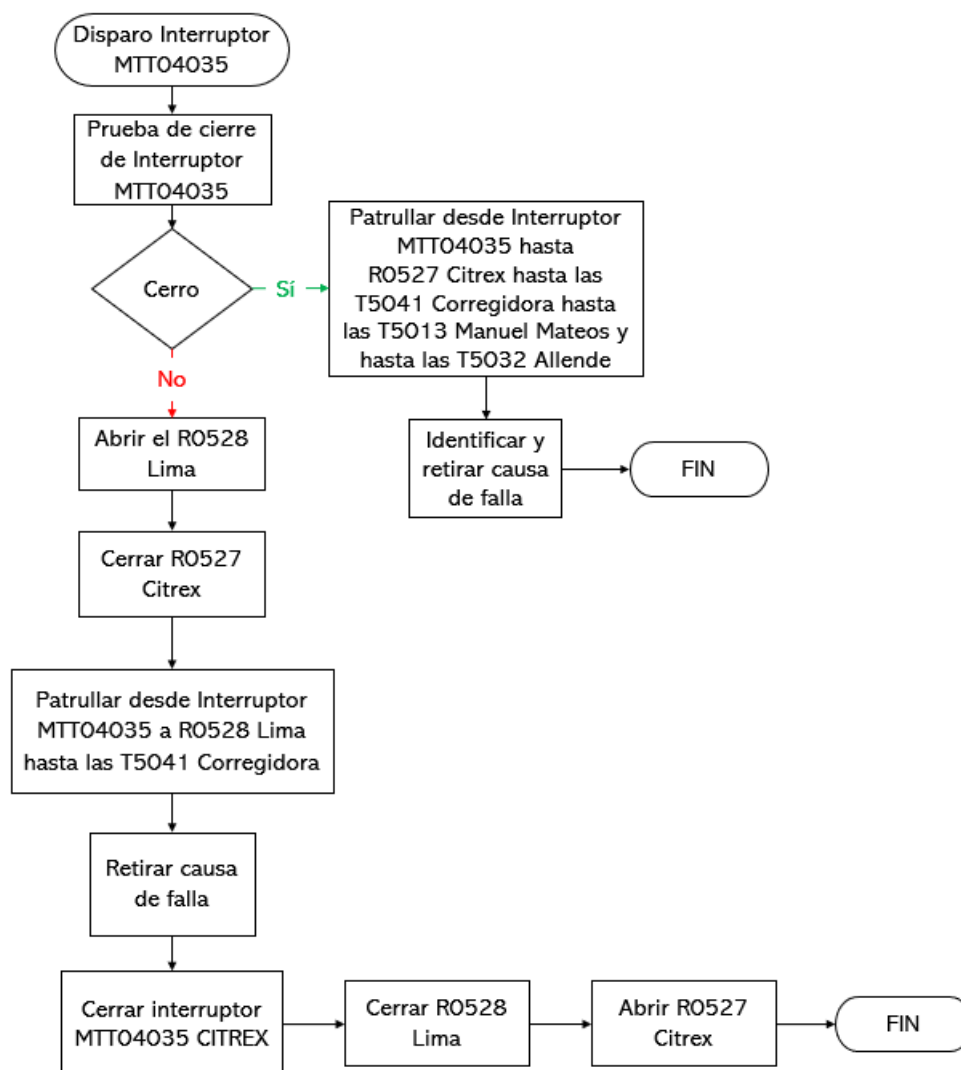


Ilustración 28 Flujograma de restablecimiento MTT04035 CITREX propuesta Fuente: Elaboración propia 2023

Posteriormente en el circuito RFD43050 “CITROFRUT” al igual que el anterior solo se reemplazaría un equipo el cual son unas COP con nomenclatura C5063 Est. 1 por un restaurador automatizado normalmente cerrado como **R0558 Est. 1**, como se muestra en la ilustración 29. Este circuito al igual que el MTT04035 “CITREX” son circuitos particulares importantes, por lo cual es necesario evitar que se queden sin energía eléctrica por un lapso prolongado, ya que afecta directamente en su proceso productivo derivando en pérdidas económicas para las empresas.

Con la propuesta de instalación del equipo R0558 Est. 1, y contando con el equipo R0557 CITROFRUT, el análisis propuesto de maniobras necesarias indicadas en el plan de restablecimiento y flujograma, se finaliza con 9 maniobras para restablecer el 100% del servicio de energía eléctrica del circuito RFD43050 CITROFRUT, teniendo en cuenta que no será necesario la espera por parte de CFE Distribución a que la empresa solucione el problema.

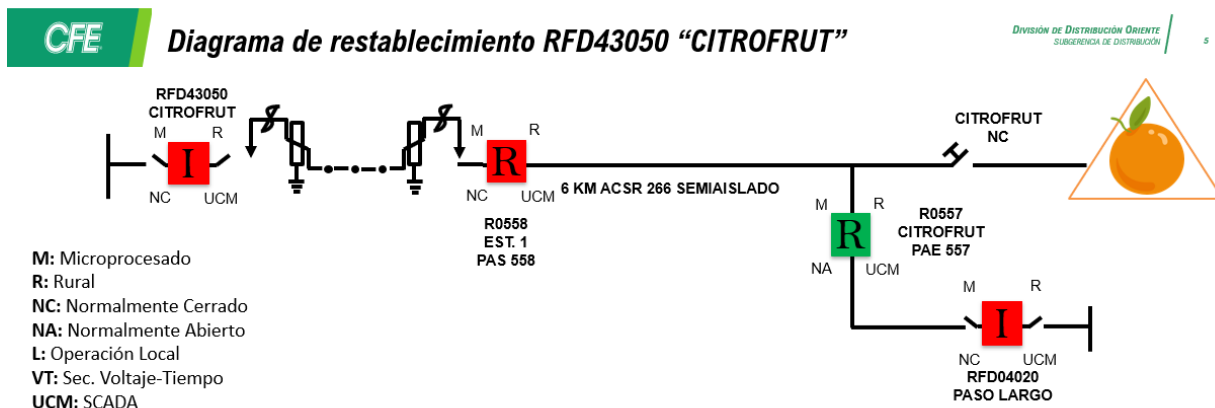


Ilustración 29 Diagrama RFD43050 CITROFRUT propuesta Fuente: Elaboración propia 2023

Flujograma de restablecimiento RFD43050 "CITROFRUT"

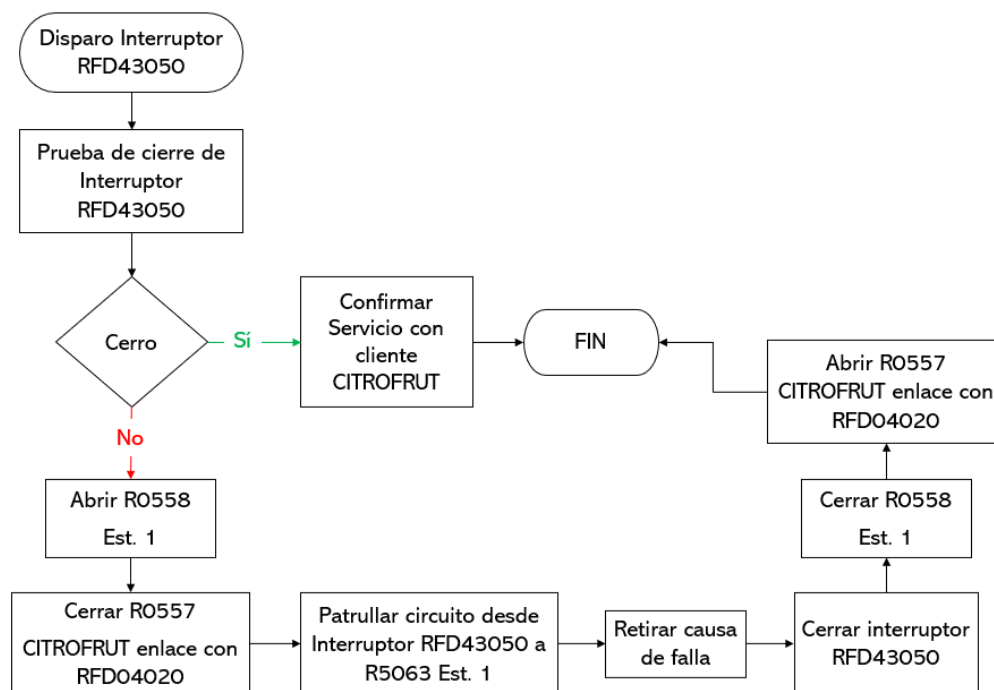


Ilustración 30 Flujograma de restablecimiento RFD43050 CITROFRUT propuesta Fuente: Elaboración propia 2023

- T1101 El Hospital por un restaurador normalmente cerrado **R0157 El Hospital**
- T1103 El Fortín por un restaurador normalmente abierto **R0156 El Fortín**
- T1102 El Monumento por un restaurador normalmente cerrado **R158 El Monumento**
- T1105 25 de Abril por un restaurador normalmente abierto **R0155 25 de Abril**

CFE

Diagrama de restablecimiento ZXP04010 "ZACAPOAXTLA"

División de Distribución Oriente
Subgerencia de Distribución

El diagrama muestra la configuración de restablecimiento para la zona de ZACAPOAXTLA. Se incluyen los siguientes elementos:

- Estaciones y Líneas:** ZXP04010 ZACAPOAXTLA, ZXP04020 XOCHIAHPULCO, C1101 NC EST.1, C1003 CAPACITORES NC EL FORTIN, C1105 COMALTEPEC NA ENLACE ZXP04010-ZXP04020, C1102 NC EL MONUMENTO PAS 1102, C1103 NC LOS BANCOS, C1104 NC EL CENDI PAS 153, C1396 LA CUMBRE NC, C1329 HUITZILAN NC.
- Transformadores y Equipos:** R0157 EL HOSPITAL PAS 1101, T1 EL KINDER C1102 NC, "E1" EL PARQUE, "E2" EL PARQUE, T2 LOS BANCOS C1103 NC, R0158 EL MONUMENTO PAS 1102, R0153 EL CENDI PAS 153, R0155 25 ABRIL PAE 155, R0154 LA CUMBRE PAE 154, R0130 HUAHUAXTLA PAR 130, R0136 EL PARAISO PAE 136.
- Legenda:**
 - M: Microprocesado
 - R: Rural
 - NC: Normalmente Cerrado
 - NA: Normalmente Abierto
 - L: Operación Local
 - VT: Sec. Voltaje-Tiempo
 - UCM: SCADA

Ilustración 31 Diagrama ZXP04010 propuesta Fuente: Elaboración propia 2023

Flujograma de restablecimiento ZXP04010 “ZACAPOAXTLA”

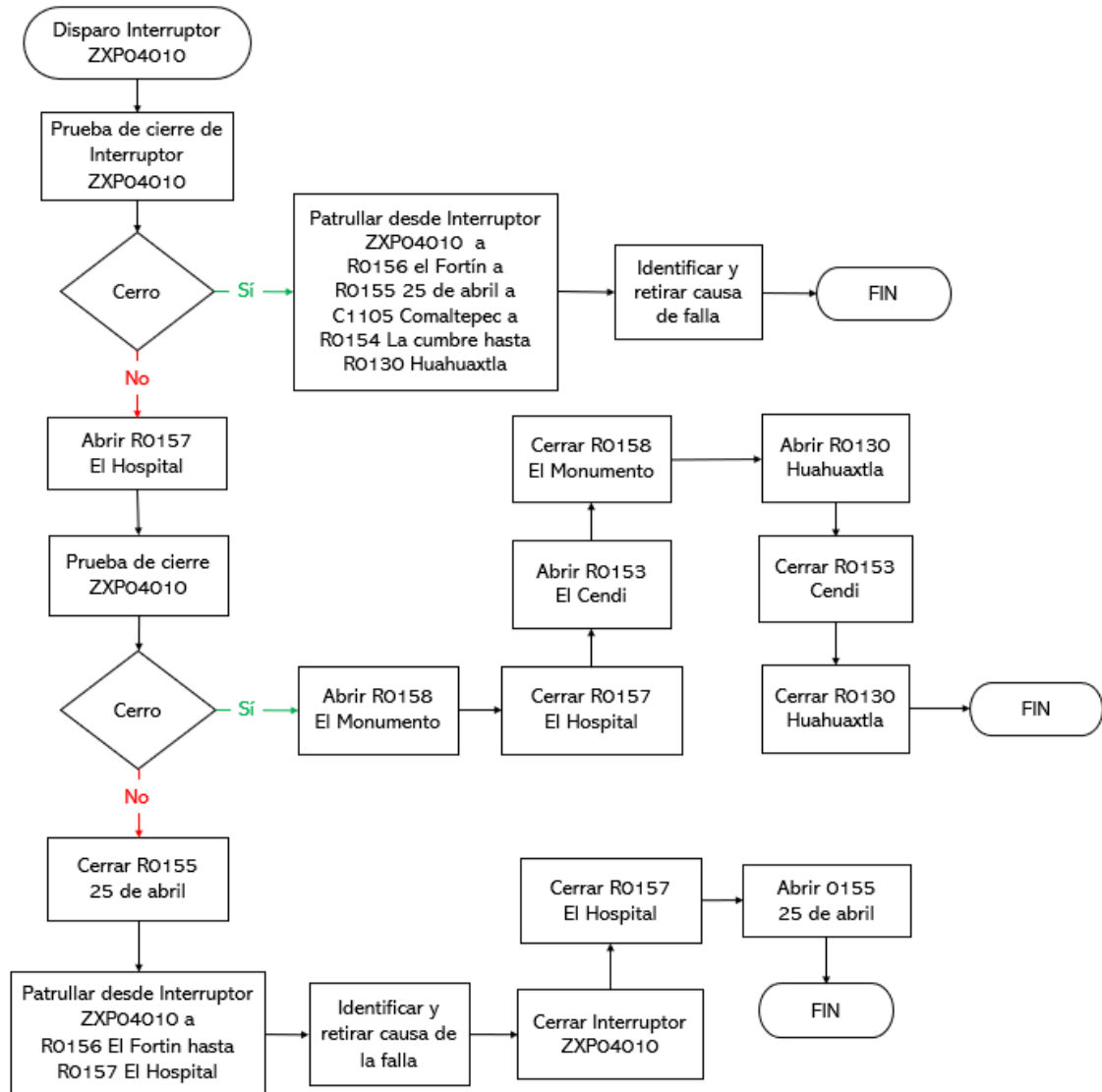


Ilustración 32 Flujograma de restablecimiento Zacapoaxtla Fuente: Elaboración propia 2023

4.3. Comparativa tiempo-costo

Es importante tomar en cuenta que el tiempo para el restablecimiento de energía eléctrica no es definido puede ir desde minutos hasta horas, pues varía de acuerdo a diferentes factores como lo son; la disponibilidad de personal de campo cercano a la zona y el tiempo que tarden en trasladarse a la misma, esto debido a que varios circuitos no cuentan con equipos automatizados que les permitan controlar y reparar esas fallas de manera telecontrolada desde la Unidad Central Maestra (UCM) ubicada en la Zona de distribución Teziutlán como se muestra en el anexo C.

Para fines investigativos y en base al historial en sistema sobre fallas en estos circuitos se obtuvo un promedio de 60 minutos para el restablecimiento de energía en el estado actual de los mismos para los circuitos de CITREX y CITROFRUT, mientras que para Zacapoaxtla 90 minutos, debido a los factores antes mencionados.

Por otra parte, de acuerdo al sistema de monitoreo de equipos automatizados de la UCM y su historial, se tiene un promedio de 5 minutos para el restablecimiento de energía eléctrica al 85% en circuitos que cuentan con dichos equipos, considerando 20 minutos en CITREX y CITROFRUT para restablecer el otro 15% del circuito, mientras que para Zacapoaxtla con 40 minutos.

Así mismo, se tomarán en cuenta los cargos variables 2023 de la división oriente de acuerdo a la categoría tarifaria que pertenece (**DB1**= Uso doméstico en baja tensión y **RAMT**= Uso industrial en media tensión) para calcular el costo de kW y realizar la comparativa correspondiente, en base a la siguiente tabla.

Categorías		División oriente					
		Tarifas reguladas 2023				nov-23	Cargos variables
Categoría tarifaria	Unidades	Transmisión	Distribución	Operación del CENACE	Operación del suministrador básico	Servicios conexos no MEM	Energía
DB1	\$/mes \$/kWh	0.1758	1.6137	0.0063	40.29	0.0062	0.777
DB2	\$/mes \$/kWh	0.1758	1.3862	0.0063	40.29	0.0062	0.781
PDBT	\$/mes \$/kWh	0.1758	1.3192	0.0063	40.29	0.0062	1.449
CDBT	\$/mes \$/kWh \$/Kw	0.1758	522.37	0.0063	402.93	0.0062	1.183
RABT	\$/mes \$/kWh	0.1758	1.3192	0.0063	40.29	0.0062	0.772
RAMT	\$/mes \$/kWh \$/Kw	0.1758	209.99	0.0063	402.93	0.0062	0.738
APBT	\$/mes \$/kWh	0.1758	1.3192	0.0063	40.29	0.0062	1.415
APMT	\$/mes \$/kWh	0.1758	209.99	0.0063	40.29	0.0062	1.176

Tabla 5 Tarifas reguladas Fuente: CFE distribución 2023

Tomando en cuenta lo anterior y considerando los datos del historial de consumo del equipo el día 01 de noviembre de 2023 de las 15:00 hrs a 16:00 hrs, estos datos fueron tomados de la página oficial del área comercial, sin embargo, no se puede mostrar directamente ni captura por la privacidad de datos, en base a ello se partió para realizar la siguiente comparativa:

MTT04035 "CITREX"

Situación actual	Propuesta con restauradores automatizados
Consumo de kW perdidos en 60 minutos 11198.30 kW	Consumo de kW perdidos en 5 minutos 874.38 kW
Costo de kW del equipo RAMT 30% = 11198.30 kW x 0.30 = 3359.49 kW Costo \$/kW RAMT = \$0.738 Costo RAMT 30 % = 3359.49 kW x \$0.738 = \$2,479.30 DB1 70% = 11198.30 kW x 0.70 = 7838.81 kW Costo \$/kW DB1 = \$0.777 Costo DB1 70 % = 7838.81 kW x \$0.777 = \$6,090.75	Costo de kW del equipo RAMT 30% = 874.38 kW x 0.30 = 262.31 kW Costo \$/kW RAMT = \$0.738 Costo RAMT 30 % = 262.31 kW x \$0.738 = \$193.59 DB1 70% = 874.38 kW x 0.70 = 612.07 kW Costo \$/kW DB1 = \$0.777 Costo DB1 70 % = 612.07 kW x \$0.777 = \$475.58
	Consumo de kW perdidos en 20 minutos, 85% del circuito recuperado 550.56 kW
	Costo de kW del equipo RAMT 30% = 550.56 kW x 0.30 = 165.17 kW Costo \$/kW RAMT = \$0.738 Costo RAMT 30 % = 165.17 kW x \$0.738 = \$121.89 DB1 70% = 550.56 kW x 0.70 = 385.39 kW Costo \$/kW DB1 = \$0.777 Costo DB1 70 % = 385.39 kW x \$0.777 = \$299.45
Costo total de kW del equipo en 60 minutos \$8,570.05	Costo total de kW del equipo en 25 minutos \$1,090.51

Tabla 6 Comparativa situación actual y propuesta CITREX Fuente: Elaboración propia 2023

Análisis

En base a la información obtenida en el cálculo anterior y considerando que se utilizan dos diferentes costos (RAMT y DB1) debido a que cuenta con un cliente importante como CITREX y abastece a demás población, se puede observar que con la situación actual y contando con tres cuadrillas de linieros disponibles para la atención y restablecimiento, el tiempo estimado es de 60 minutos lo que repercute a CFE Distribución en \$8,570.05, en comparación con el uso de restauradores automatizados en donde en un tiempo de 5 minutos se recupera el 85% del circuito de manera telecontrolada y en 20 minutos con el apoyo de una cuadrilla de linieros se termina de recuperar el 15% del circuito faltante, por lo cual podemos decir que el tiempo total de restablecimiento del 100% circuito es de 25 minutos, lo que repercute a CFE Distribución en \$1,090.51, teniendo una diferencia de \$7,479.54 equivalente al 87.28% del costo total del sistema actual.

RFD43050 "CITROFRUT"

Situación actual	Propuesta con restauradores automatizados
Consumo de kW perdidos en 60 minutos 23053.69 kW	Consumo de kW perdidos en 5 minutos 1919.29 kW
Costo de kW del equipo Costo \$/kW RAMT = \$0.738 Costo RAMT = 23053.69 kW x \$0.738 = \$17,013.62	Costo de kW del equipo Costo \$/kW RAMT = \$0.738 Costo RAMT = 1919.29 kW x \$0.738 = \$1,416.44
	Consumo de kW perdidos en 20 minutos, 85% del circuito recuperado 1157.80 kW
	Costo de kW del equipo Costo \$/kW RAMT = \$0.738 Costo RAMT = 1157.80 kW x \$0.738 = \$854.46
Costo total de kW del equipo en 60 minutos \$17,013.62	Costo total de kW del equipo en 25 minutos = \$2,270.90

Tabla 7 Comparativa situación actual y propuesta CITROFRUT Fuente: Elaboración propia 2023

Análisis

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante los cálculos anteriores se puede observar en este circuito en específico, que con la situación actual y en un estimado de 60 minutos el restablecimiento total del circuito repercute a CFE Distribución en \$17,013.62, en comparación con el uso de restauradores automatizados en donde en un tiempo de 5 minutos para restablecer el 85% del circuito de manera telecontrolada y en 20 minutos con una cuadrilla de linieros para la localización de la falla ya seccionada y su reparación restableciendo el otro 15% del circuito, haciendo un total de 25 minutos para la reparación total del circuito lo que repercute a CFE Distribución en \$2,270.90, con una gran diferencia de \$14,742.72 lo que equivale al 86.65% ahorrado en comparación al sistema actual.

Esto debido a que el circuito está integrado por la empresa CITROFRUT dedicada a la producción de jugos de frutas, la cual tiene un proceso productivo continuo y es severamente afectada en caso de que exista un fallo en el servicio de energía eléctrica, pues su maquinaria que tiene un alto consumo de este recurso no podría seguir trabajando y el proceso productivo pararía derivando en pérdidas económicas no solo para CFE distribución sino también a la empresa CITROFRUT, por lo cual la instalación del restaurador automatizado permitiría dar solución a dicha falla en el menor tiempo posible.

ZXP04010 "Zacapoaxtla"

Situación actual	Propuesta con restauradores automatizados
<i>Consumo de kW perdidos en 90 minutos</i> 19850.94 kW	<i>Consumo de kW perdidos en 5 minutos</i> 1076.13 kW
<i>Costo de kW del equipo</i> <i>Costo \$/kW DB1 = \$0.777</i> <i>Costo DB1 = 19850.94 kW x \$0.777 = \$15,424.18</i>	<i>Costo de kW del equipo</i> <i>Costo \$/kW DB1 = \$0.777</i> <i>Costo DB1 = 1076.13 kW x \$0.777 = \$836.15</i>

	Consumo de kW perdidos en 40 minutos, 85% del circuito recuperado 1311.74 kW
	Costo de kW del equipo Costo \$/kW DB1 = \$0.777 Costo DB1 = 1311.74 kW x \$0.777 = \$1,019.22
Costo total de kW del equipo en 90 minutos \$15,424.18	Costo total de kW del equipo en 45 minutos = \$1,855.37

Tabla 8 Comparativa situación actual y propuesta Zacapoaxtla Fuente: Elaboración propia 2023

Análisis

Como se observar al igual que los anteriores análisis, con el uso de cuchillas manuales, en un estimado de 60 minutos y con el apoyo de tres cuadrillas de linieros el restablecimiento del 100% del circuito repercute a CFE Distribución en \$15,424.18, en comparación con el uso de restauradores automatizados en donde en un tiempo de 5 minutos se restablece el 85% del circuito y en 40 minutos el 15% restante, lo que toma un total de 45 minutos restablecer el circuito completo lo que repercute a CFE Distribución en \$1,855.37, con una diferencia de \$13,568.81 que equivale a un ahorro del 87.97%.

Así pues, podemos afirmar que el uso de restauradores beneficia en gran medida tanto a la empresa como a los clientes, ya que como lo hemos mencionado durante el desarrollo de la propuesta se disminuye el tiempo en que se restablece el servicio de energía eléctrica, evitando dejar a los clientes por un lapso prolongado de tiempo sin el recurso, por otro lado, CFE distribución reduciría en gran medida pérdidas económicas que afectan a la empresa y a sus clientes particulares.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

5.1. Conclusiones del proyecto, recomendaciones y experiencia profesional y personal adquirida

En base al desarrollo del presente proyecto se puede afirmar la hipótesis planteada al inicio de la investigación, como se mostró en el apartado de resultados las tres redes de distribución encontradas con áreas de oportunidad al sustituir los equipos manuales (cuchillas) por restauradores automatizados, los tiempos de restablecimiento del servicio de energía eléctrica ante una falla disminuyen considerablemente por arriba del 80%, derivado en la reducción de pérdidas económicas para CFE distribución y de empresas particulares como lo son; CITREX y CITROFRUT, las cuales al tener suspendido dicho servicio su proceso productivo se detiene provocando retrasos en la producción y en su caso en la entrega de pedidos.

Otro aspecto positivo a considerar es que al contar con equipos telecontrolados no es necesario que vayan varias cuadrillas de linieros a la red de distribución afectado, sino que las maniobras se realizarían directamente desde la UCM ubicada en Teziutlán y solo una cuadrilla de linieros debe acudir a la red de distribución para realizar patrullaje corroborando que la falla se ha solucionado de manera adecuada, disminuyendo así el uso de recursos como por ejemplo la gasolina.

A su vez al estar monitoreados los equipos se crea un historial de su actividad que sirve de referencia para la toma de decisiones y para un buen mantenimiento de los mismos, sin embargo, es recomendable tener un adecuado control de dicho historial para detectar áreas de oportunidad que permitan maximizar el potencial de los equipos y evitar obstáculos en su operación.

Si bien la inversión para la adquisición de restauradores automatizados es elevada sus beneficios lo amparan, además de que su vida útil de 20 a 25 años permite que se recupere dicha inversión de forma óptima en ese lapso de tiempo o menor a él, de acuerdo a las fallas que presente la red de distribución, factores ambientales, factores humanos, entre otros.

Con el desarrollo de esta propuesta y las investigaciones relacionadas, el aprendizaje obtenido de las mismas permitió que aplicara los conocimientos y habilidades como profesional en ingeniería en gestión empresarial de manera efectiva, así como el desarrollo de nuevas competencias en base a la experiencia y la práctica, que permitieron reforzar mis debilidades como profesionista y como persona.

CAPÍTULO VI
COMPETENCIAS
DESARROLLADAS

6.1. Competencias desarrolladas y/o aplicada

Las competencias hacen referencia a llevar a la práctica los conocimientos, habilidades y destrezas con los que cuenta una persona para desenvolverse ante una situación o contexto en específico, y que servirán para solucionar problemáticas o identificar áreas de oportunidad que benefician a una organización, grupo de personas, una persona en concreto, entre otras.

Por ello al desarrollar el presente proyecto dentro de CFE distribución, se lograron llevar a cabo las siguientes competencias:

Competencias desarrolladas

- ***Capacidad de planificación y organización***

Una buena gestión de proyectos sólo se puede lograr con una buena planificación, la cual contiene una serie de fases que deben completarse en un orden y tiempo determinado. Por eso al llevar a cabo el proyecto en un plazo específico de 500 hrs, la organización y planificación de actividades fue esencial para un buen desarrollo de las mismas en los plazos establecidos.

- ***Identificación de áreas de oportunidad***

Un buen análisis de datos permite desarrollar y llevar a cabo la capacidad de identificación de áreas de oportunidad, en este caso, mediante el análisis del libro de operaciones y la realización de la actualización del mismo, se identificaron los circuitos que cuentan con áreas de oportunidad para la colocación de restauradores automatizados.

- ***Comunicación verbal efectiva***

La comunicación es un factor muy importante para el desarrollo de actividades de manera óptima, por lo cual, al llevar a cabo la aplicación del instrumento de recolección de datos fue necesario tener una comunicación efectiva para transmitir de forma efectiva los datos requeridos, así como también al momento de aclarar

dudas sobre la colocación de equipos automatizados en los puntos estratégicos y sus características técnicas.

Competencias aplicadas

- ***Adaptabilidad***

Aunque el presente proyecto se desarrolló dentro de un área no perteneciente a mi área profesional, se logró una adaptabilidad eficaz mediante la investigación sobre el tema y práctica en las primeras semanas para la actualización del libro de operaciones, así como la comunicación con otros integrantes del departamento de distribución.

- ***Análisis económico***

Para responder a una de las preguntas de investigación, el análisis económico ante las pérdidas que sufriría CFE distribución con el uso de equipos manuales (cuchillas) en comparación con el uso de restauradores automatizados permitió identificar que dicha propuesta beneficia en gran medida a la empresa, pues evita que esta tenga pérdidas económicas altas por los tiempos que tarda en restablecer el servicio de energía eléctrica en los circuitos.

- ***Toma de decisiones***

Al momento de decidir los puntos estratégicos para la colocación de los equipos automatizados, analizar y tomar decisiones para la nueva secuencia de maniobras para el restablecimiento de energía eléctrica en un menor tiempo, es esencial para la minimización de pérdidas, pues al tomar una decisión equivocada se puede obstaculizar el restablecimiento efectivo.

- ***Trabajo en equipo***

El trabajo en equipo fue esencial para la realización del presente proyecto, ya que la experiencia de los demás integrantes sirvió de base para consolidación del mismo, así como para aclaración de dudas.

CAPÍTULO VII

FUENTES DE INFORMACIÓN

7.1. Fuentes de información

Anónimo. (2023). *BBVA*. Obtenido de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/alta-baja-y-media-tension-electrica-conoces-la-diferencia/>

BBVA. (07 de 12 de 2023). *BBVA*. Obtenido de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-energia-electrica/>

California, E. E. (2020). *EEBC*. Obtenido de <https://www.eebc.com.mx/tag/red-de-distribucion-electrica/>

California, E. E. (2020). *EEBC*. Obtenido de <https://www.eebc.com.mx/tag/red-de-distribucion-electrica/>

California, E. E. (2020). *EEBC*. Obtenido de <https://www.eebc.com.mx/tag/red-de-distribucion-electrica/>

CFE. (01 de 07 de 2018). *CFE*. Obtenido de https://lapem.cfe.gob.mx/normas/pdfs/t/V4110_03.pdf

CFE. (25 de 03 de 2021). *CFE*. Obtenido de <https://app.cfe.mx/Normateca/VerDocumento.ashx?id=36093>

CFE. (s.f.). *CFE*. Obtenido de <https://www.cfe.mx/nuestraempresa/pages/vision.aspx>

CFE. (s.f.). *Página oficial de CFE*. Obtenido de <https://www.cfe.mx/nuestraempresa/pages/queeslacfe.aspx>

CFE. (s.f.). *Página oficial de CFE*. Obtenido de <https://www.cfe.mx/nuestraempresa/pages/mision.aspx>

CFE. (s.f.). *Página oficial de CFE*. Obtenido de <https://www.cfe.mx/nuestraempresa/pages/queeslacfe.aspx>

COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA. (2016). *CÓDIGO DE RED*. MÉXICO : DOF.

Diputados, C. d. (11 de 05 de 2022). *Diputados gob.* Obtenido de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LCFE.pdf>

Distribución, C. (01 de 02 de 2019). *CFE.* Obtenido de <https://www.cfe.mx/distribucion/cumplimiento/Documents/PAMdelasRGD%202019-2033.pdf>

EATON. (2022). *EATON.* Obtenido de <https://www.eaton.com/mx/es-mx/products/medium-voltage-power-distribution-control-systems/power-capacitors/fundamentals-of-power-capacitors.html>

endesa. (2023). *Fundación endesa.* Obtenido de <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/generador-electrico>

Endesa. (2023). *Fundación endesa.* Obtenido de <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/corrientes-alternas-con-un-transformador-electrico>

endesa, F. (2023). *Fndación endesa.* Obtenido de <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/red-de-distribucion>

energia, F. (28 de 02 de 2023). *Factor energia.* Obtenido de <https://www.factorenergia.com/es/blog/factura-luz/que-es-un-kilovatio-hora-kwh/>

energia, F. (03 de 04 de 2023). *Factor energia .* Obtenido de <https://www.factorenergia.com/es/blog/factura-luz/que-es-un-watt/>

energía, I. (s.f.). *Imagina energía.* Obtenido de <https://imaginaenergia.com/glosario/interruptor/>

EPRECSA. (14 de 05 de 2021). *EPRECSA.* Obtenido de <https://www.eprecsa.mx/2020/05/14/que-es-un-restaurador-electrico/>

- Ferretería, M. (30 de 10 de 2018). *Mas Ferreteria*. Obtenido de <https://www.masferreteria.com/blog/generadores-de-corriente/>
- Iberdrola. (24 de 03 de 2021). *Iberdrola*. Obtenido de <https://www.iberdrola.es/blog/luz/diferencia-voltios-vatios-amperios#:~:text=En%20la%20electricidad%2C%20los%20voltios,elemento%20conductor%20de%20una%20corriente.>
- Insider, M. (25 de 10 de 2021). *APTIV*. Obtenido de <https://www.aptiv.com/es/tendencias/art%C3%ADculo/qu%C3%A9-es-una-barra-colectora>
- Jimenez, C., & Peña, C. (2019). *Core*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/71397572.pdf>
- México, C. (2020). *Cuentame México*. Obtenido de <https://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/habitantes.aspx?tema=P>
- Mundial, D. (2021). *Datos mundial*. Obtenido de <https://www.datosmundial.com/america/mexico/crecimiento-poblacional.php>
- PEMPSA. (s.f.). *Directorio Industria Eléctrica*. Obtenido de <https://www.dirind.com/pro/cortacircuito-fusible.html>
- RELSAMEX. (2020). *RELSAMEX*. Obtenido de <https://www.relsamex.com/subestaciones-electricas/#:~:text=Existen%20dos%20tipos%3A%20transformadores%20de,tomar%20en%20cuenta%20la%20corriente.>
- Rosas, A. (2023). *Manual de Políticas, Criterios y Lineamientos para la Gestión de Licencias en SED*. Teziutlán: CFE Distribución .

sociedad, E. y. (s.f.). *Energía y sociedad*. Obtenido de <https://www.energiaysociedad.es/electrificacion-de-la-economia/redes-de-distribucion/>

tecnología, A. (21 de 07 de 2021). *Alta tecnología*. Obtenido de <https://altatecnologia.com.mx/diferencia-entre-un-interruptor-y-un-seccionador/>

TECSA. (28 de 04 de 2023). *TECSA*. Obtenido de <https://www.tecsagro.com.mx/blog/cuchillas-desconectadoras/>

CAPÍTULO VIII

ANEXOS

A. Ficha técnica de restaurador automatizado Noja Power

A continuación, se muestra en la siguiente ilustración 33 las características técnicas y físicas del restaurador a adquirir para instalar en los circuitos MTT04035 CITREX, RFD43050 CITROFRUT y ZXP04010 Zacapoaxtla.

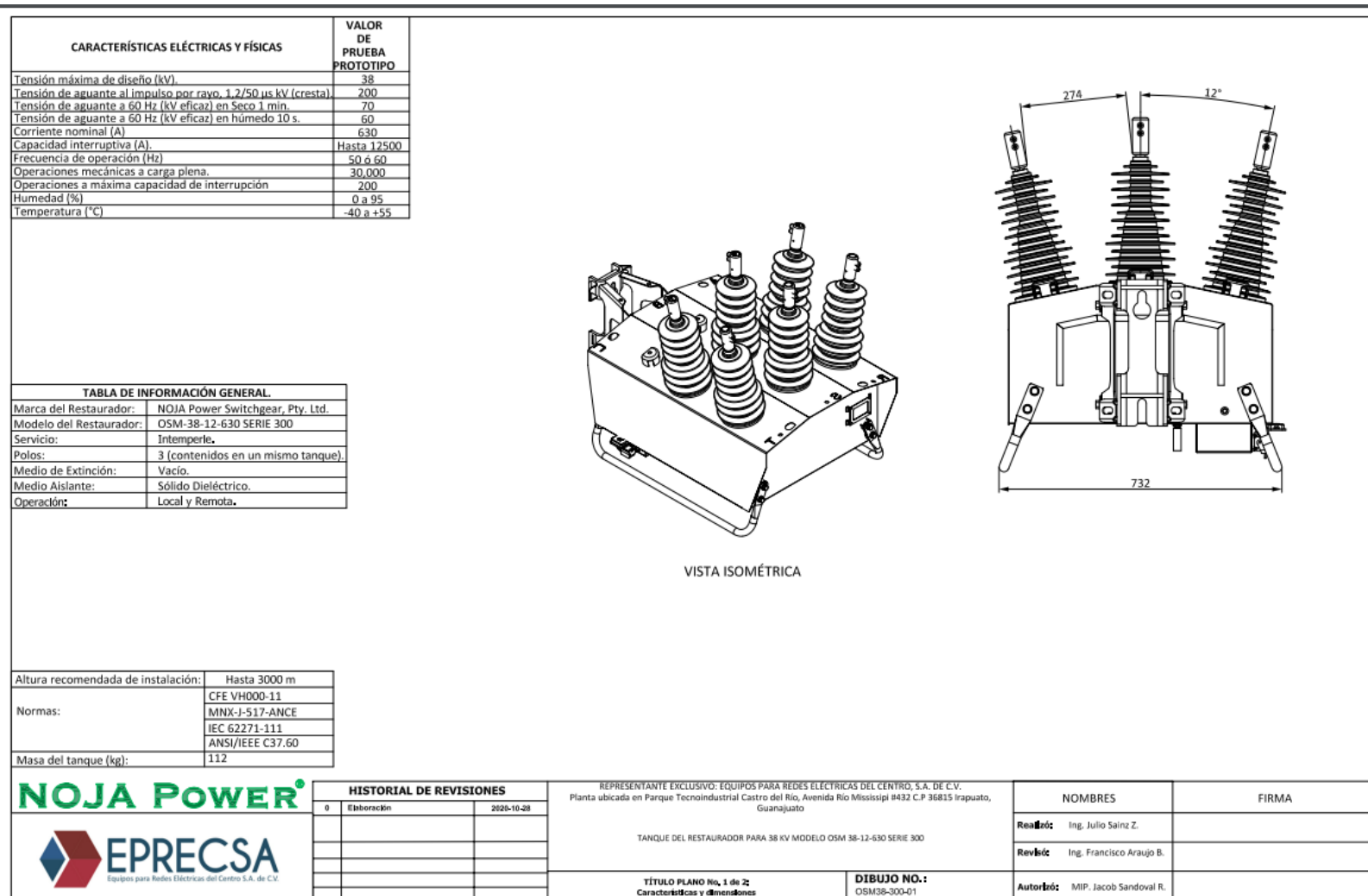


Ilustración 33 Ficha técnica de restaurador automatizado Noja Power Fuente: EPRECSA 2023

B. Plano de restaurador automatizado Noja Power

En la ilustración 34 se muestra el listado de partes y materiales que conforman el restaurador, así como un plano del mismo.

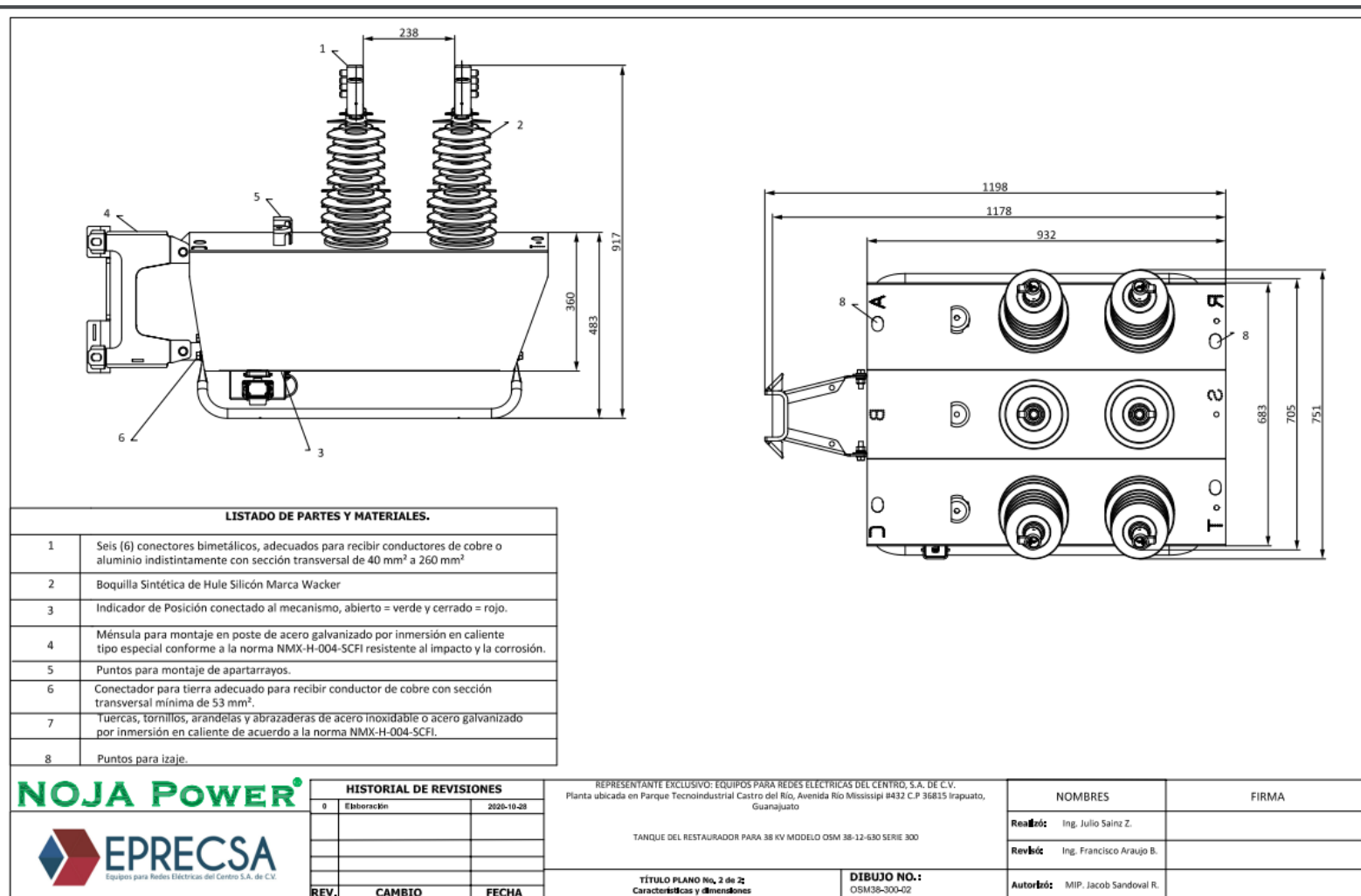


Ilustración 34 Plano de restaurador automatizado Noja Power Fuente: EPRECSA 2023

C. Unidad Central Maestra (UCM) zona Teziutlán

Es la unidad que se encarga de monitorear los circuitos correspondientes a la zona de distribución Teziutlán, que cuenta con equipos telecontrolado (restauradores, transformadores) esto por medio de un sistema integrado y que se proyecta en una pantalla, además de la aprobación de licencias para la ejecución de maniobras.

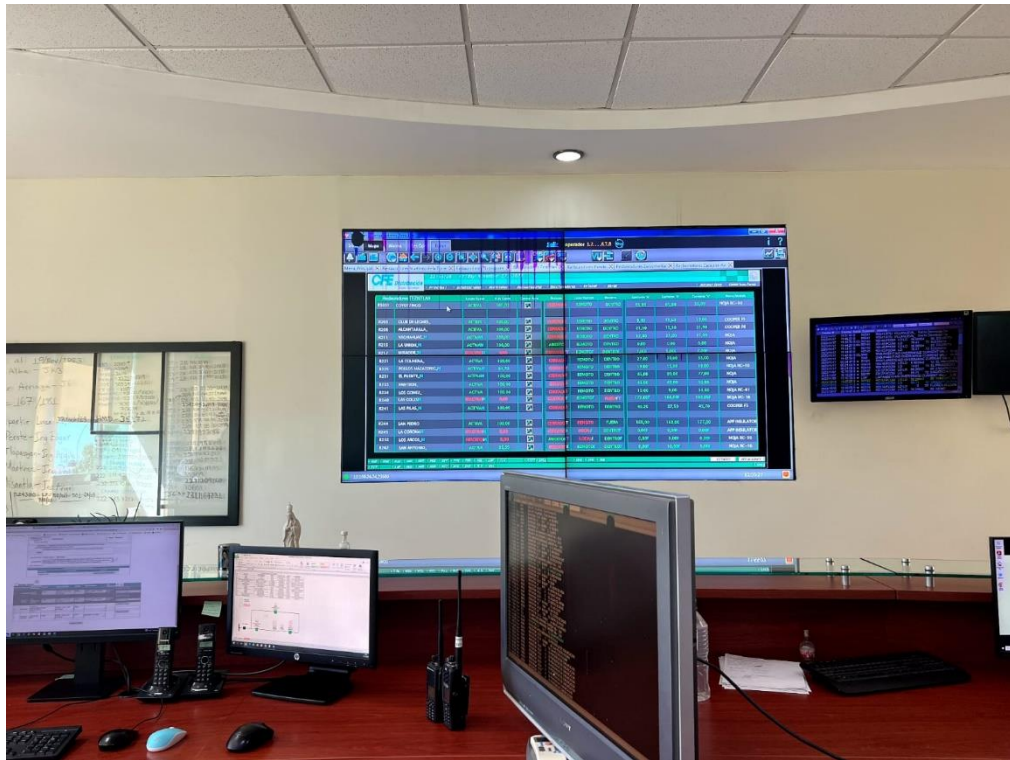


Ilustración 35 UCM zona Teziutlán Fuente: CFE Distribución 2023

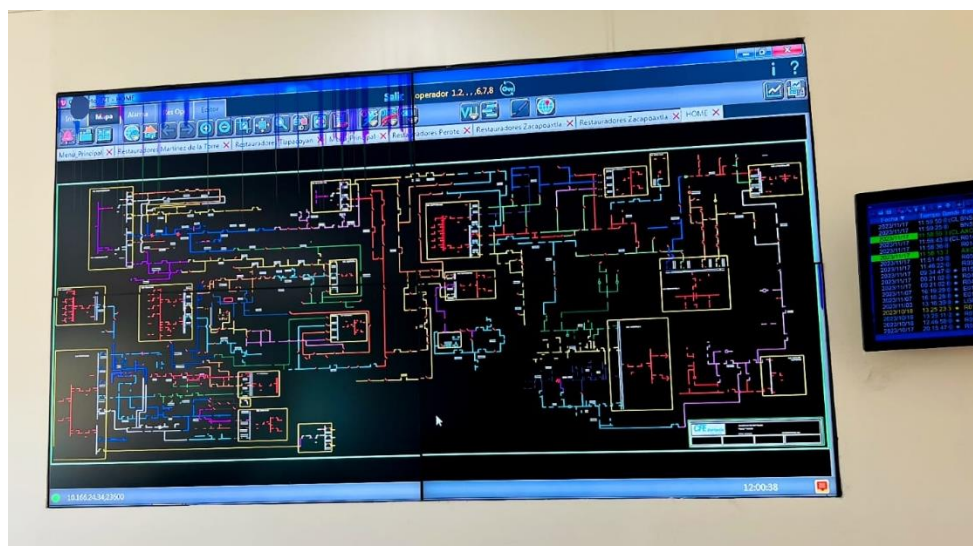


Ilustración 36 Panel de control UCM zona Teziutlán Fuente: CFE Distribución 2023

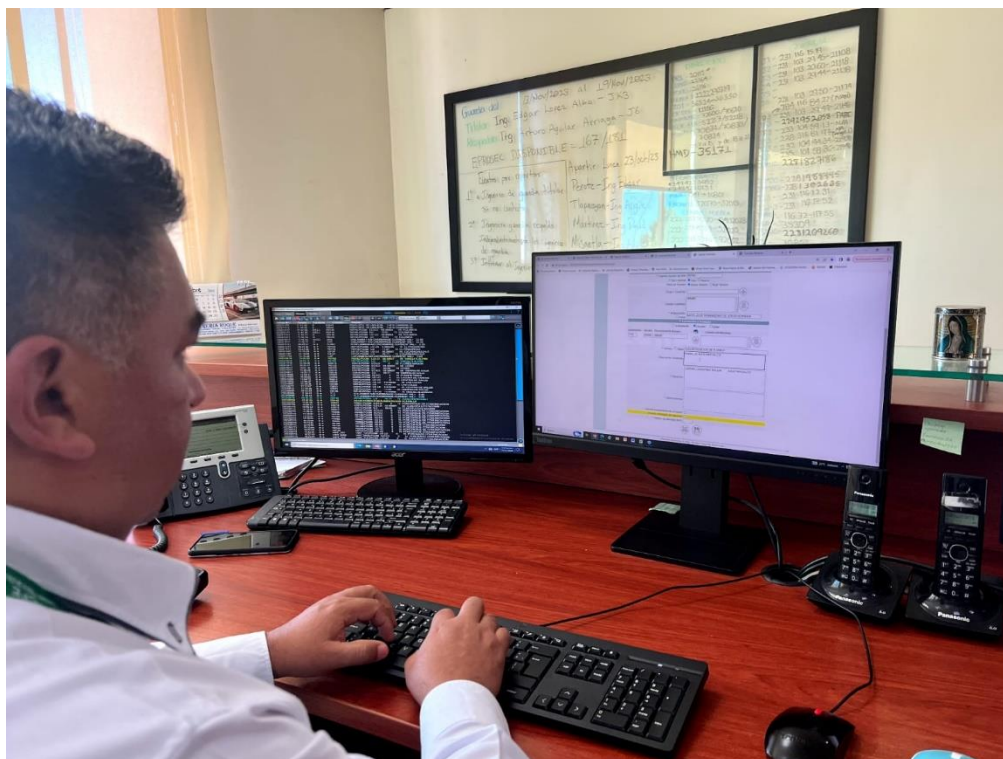


Ilustración 37 Otorgamiento de licencia Fuente: CFE Distribución 2023

D. Carta de autorización para la consulta y publicación electrónica del trabajo de investigación

Autorización del sustentante del presente trabajo para su uso y publicación electrónica.

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán

CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL(LA) AUTOR(A) PARA LA CONSULTA Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El que suscribe:

IRMA AZUCENA ROJAS PÉREZ

Con Número de Control **19TE0074**

Perteneciente al Programa Educativo **INGENIERÍA EN GESTIÓN EMPRESARIAL**

Por este conducto me permito informar que he dado mi autorización para la consulta y publicación electrónica del trabajo de investigación en los repositorios académicos.

Registrado con el producto: **TESIS**

Cuyo Tema es:

ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE MEJORA EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DE COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD ZONA TEZIUTLÁN

Correspondiente al período:
AGOSTO-DICIEMBRE 2023

Y cuyo(a) director(a) de tesis es:
M.G.C. VÍCTOR MILLÁN TINOCO

ATENTAMENTE



IRMA AZUCENA ROJAS PÉREZ

Nombre y firma

Fecha de emisión: **27/01/2024**
c.c.p. Subdirección Académica

Ilustración 38 Carta de autorización para la consulta y publicación electrónica del trabajo de investigación,
Fuente: Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán 2024

E. Liberación de tesis

Liberación de tesis por parte de la comisión revisora asignada y por el instituto educativo.



Asunto: **Asignación de Asesor(a), Comisión Revisora, Entrega de Trabajo Profesional y Dictamen**

Teziutlán, Puebla, **03/enero/2024**

Asesor(a): **VICTOR MILLAN TINOCO**
Integrante de Comisión Revisora: **JOSE MANUEL CRUZ ARMENTA**
Integrante de Comisión Revisora: **LAURA CASIANO MARTINEZ**
Presentes

Por este medio me permito informar que ha sido asignado como asesor(a) y comisión revisora del trabajo profesional que se convertirá en Tesis de:

Alumno(a): **ROJAS PEREZ IRMA AZUCENA**
Apellido paterno/materno/nombre (s)

Número de Control: **19TE0074** Licenciatura o Posgrado: **INGENIERIA EN GESTION EMPRESARIAL**

Plan: **2009** Correo Electrónico: **L19TE0074@TEZIUTLAN.TECNM.MX**

Cuyo tema es: **ANALISIS Y PROPUESTAS DE MEJORA EN LAS REDES DE DISTRIBUCION ELECTRICA DE COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD ZONA TEZIUTLAN**

25 palabras (máximo)

Se ha enviado a su correo institucional el trabajo profesional o de grado, por lo cual la comisión revisora tendrá 5 días hábiles para realizar las observaciones al alumnado, el(la) interesado(a) tendrá igualmente **5 días** para corregir y las enviará al correo electrónico institucional de la comisión revisora, agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de licenciatura o de posgrado de nuestro alumnado egresado.

Dictamen de Comisión Revisora, Aprobación de Impresión o Grabación y Autorización para subirla al Repositorio del TecNM

Siendo el día: 23 de enero de 2024 se reunieron los miembros de la comisión para revisar el trabajo asignado y una vez analizado se decidió liberarlo y aprobarlo para su grabación y programación de examen profesional.

VICTOR MILLAN TINOCO
Nombre y Firma del(la) Asesor(a)

LAURA CASIANO MARTINEZ
Nombre y Firma de integrante de la Comisión Revisora

JOSE MANUEL CRUZ ARMENTA
Nombre y Firma de integrante de la Comisión Revisora

MYRIAM SANCHEZ PEREZ
Subdirección Académica

GOBIERNO DEL ESTADO
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TEZIUTLÁN
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA

R08/06/2023
Folio:38

F-SAC-18



Fracción I y II s/n Aire Libre, Teziutlán, Puebla, C.P. 73960 Tels. 231 311 4000 / 4001 / 4002 / 4003
e-mail: itsteziutlan@hotmail.com | www.teziutlan.tecnm.mx

 **2024**
Felipe Carrillo
PUERTO

Ilustración 39 Liberación de tesis, Fuente: Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán 2024

F. Licencia de uso de obra

Licencia de uso de obra autorizada por el autor y por la institución educativa.

LICENCIA DE USO OTORGADA POR Irma Azucena Rojas Pérez, de nacionalidad Mexicana, mayor de edad, con domicilio ubicado en la calle Ayotzingo N°23, Colonia de Chignaulingo en la Ciudad de Teziutlán, Puebla, en mi calidad de titular de los derechos patrimoniales y morales y autor(a) de la tesis denominada "Análisis y propuestas de mejora en las redes de distribución eléctrica de comisión federal de electricidad zona Teziutlán" en adelante "LA OBRA" quien para todos los fines del presente documento se denominará "EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR", a favor del Instituto Tecnológico de Superior de Teziutlán del Tecnológico Nacional de México, la cual se regirá por las cláusulas siguientes:

PRIMERA –OBJETO: "EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR", mediante el presente documento otorga al Instituto Tecnológico de Superior de Teziutlán del Tecnológico Nacional de México, licencia de uso gratuita e indefinida respecto de "LA OBRA", para almacenar, preservar, publicar, reproducir y/o divulgar la misma, con fines académicos, por cualquier medio en forma física y a través del repositorio institucional y del repositorio nacional, éste último consultable en la página: (<https://www.repositorionacionalcti.mx/>).

SEGUNDA - TERRITORIO: La presente licencia se otorga, de manera no exclusiva, sin limitación geográfica o territorial alguna, de manera gratuita e indefinida.

TERCERA -ALCANCE: La presente licencia contempla la autorización para formato uso de "LA OBRA" en cualquier formato o soporte material y se extiende a la utilización, de manera enunciativa más no limitativa a los siguientes medios: óptico, magnético, electrónico, virtual (en red), mensaje de datos o similar, conocido o por conocerse.

CUARTA – EXCLUSIVIDAD: La presente licencia de uso aquí establecida no implica exclusividad en favor del Instituto Tecnológico de Superior de Teziutlán; por lo tanto, "EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR" conserva los derechos patrimoniales y morales de "LA OBRA", objeto del presente documento.

QUINTA – CRÉDITOS: El Instituto Tecnológico de Superior de Teziutlán y/o el Tecnológico Nacional de México reconoce que "EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR" es el(la) único(a), primigenio(a) y perpetuo(a) titular de los derechos morales sobre "LA OBRA"; por lo tanto, siempre deberá otorgarle los créditos correspondientes por la autoría de la misma.

SEXTA – AUTORÍA: "EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR" manifiesta ser el(la) único(a) titular de los derechos de autor que derivan de "LA OBRA" y declara que el material objeto del presente fue realizado por él(ella), sin violentar o usurpar derechos de propiedad intelectual de terceros; por lo tanto, en caso de controversia sobre los mismos, se obliga a ser el(la) único(a) responsable. Dado en la Ciudad de Teziutlán, Puebla, a los veintisiete días del mes enero de 2024.

"EL(LA) AUTOR(A) Y/O
EL(LA) TITULAR",



Irma Azucena Rojas Pérez
Nombre y Firma

"EL INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE TEZIUTLÁN"



Arminda Juárez Arroyo
Directora General
Nombre, Firma y Sello

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Logo CFE Fuente: Página Oficial de CFE S.F.....	11
Ilustración 2 Redes de transmisión, CENACE Fuente: Programa de ampliación y modernización de la red nacional de transmisión y redes generales de distribución del mercado eléctrico mayorista 2017-2031	16
Ilustración 3 Microlocalización CFE Teziutlán Fuente: Google Maps 2023.....	16
Ilustración 4 Diagrama Costa Esmeralda Fuente: CFE distribución 2022.....	39
Ilustración 5 Flujograma Costa Esmeralda Fuente: CFE distribución 2022.....	39
Ilustración 6 Diagrama Costa Esmeralda Fuente: CFE distribución 2023	40
Ilustración 7 Flujograma Costa Esmeralda Fuente: CFE distribución 2023.....	40
Ilustración 8 Disparo de interruptor MTT04035 CITREX Fuente: Elaboración propia 2023.....	41
Ilustración 9 Apertura de las T5010 LIMA Fuente: Elaboración propia 2023.....	41
Ilustración 10 Cierre de interruptor Fuente: Elaboración propia 2023	42
Ilustración 11 Apertura de las COG T5011 Los Reyes y las T5040 Plaza Verde Fuente: Elaboración propia 2023	42
Ilustración 12 Cierre de las COG T5010 Lima Fuente: Elaboración propia 2023....	43
Ilustración 13 Cierre de las T5011 Los reyes y recuperando energía eléctrica hasta el R0527 Citrex Fuente: Elaboración propia 2023.....	43
Ilustración 14 Cierre de las T5040 Plaza Verde y recuperación total del circuito Fuente: Elaboración propia 2023	44
Ilustración 15 Cierre del R0527 Citrex Fuente: Elaboración propia 2023	44
Ilustración 16 Cierre de las T5010 Lima Fuente: Elaboración propia 2023	45
Ilustración 17 Apertura del R0527 Citrex y recuperación total del circuito Fuente: Elaboración propia 2023	45
Ilustración 18 Diagrama CITREX Fuente: CFE distribución 2023	46
Ilustración 19 Flujograma CITREX Fuente: CFE distribución 2023	46
Ilustración 20 Diagrama CITROFRUT Fuente: Elaboración propia 2023	47
Ilustración 21 Flujograma CITROFRUT Fuente: CFE distribución 2023.....	47

Ilustración 22 Diagrama Zacapoaxtla Fuente: Elaboración propia 2023	48
Ilustración 23 Flujograma Zacapoaxtla Fuente: CFE distribución 2023.....	48
Ilustración 24 Cotización de restaurador Noja Power Fuente: EPRECSA 2023	51
Ilustración 25 Cotización de restaurador AVB Fuente: AVB 2023.....	52
Ilustración 26 Logo EPRECSA Fuentes: Página oficial EPRECSA S.F.	62
Ilustración 27 Diagrama MTT04035 propuesta Fuente: Elaboración propia 2023..	63
Ilustración 28 Flujograma de restablecimiento MTT04035 CITREX propuesta Fuente: Elaboración propia 2023	64
Ilustración 29 Diagrama RFD43050 CITROFRUT propuesta Fuente: Elaboración propia 2023	65
Ilustración 30 Flujograma de restablecimiento RFD43050 CITROFRUT propuesta Fuente: Elaboración propia 2023	65
Ilustración 31 Diagrama ZXP04010 propuesta Fuente: Elaboración propia 2023 ..	66
Ilustración 32 Flujograma de restablecimiento Zacapoaxtla Fuente: Elaboración propia 2023	67
Ilustración 33 Ficha técnica de restaurador automatizado Noja Power Fuente: EPRECSA 2023	85
Ilustración 34 Plano de restaurador automatizado Noja Power Fuente: EPRECSA 2023.....	86
Ilustración 35 UCM zona Teziutlán Fuente: CFE Distribución 2023	87
Ilustración 36 Panel de control UCM zona Teziutlán Fuente: CFE Distribución 2023	87
Ilustración 37 Otorgamiento de licencia Fuente: CFE Distribución 2023.....	88
Ilustración 38 Carta de autorización para la consulta y publicación electrónica del trabajo de investigación, Fuente: Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán 2024	89
Ilustración 39 Liberación de tesis, Fuente: Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán 2024	90
Ilustración 40 Licencia de uso, Fuente: Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán 2024.....	91

Índice de tablas

Tabla 1 Meta física para la Instalación de EPROSEC. Fuente CFE 2023.....	36
Tabla 2 Cronograma de actividades Fuente: Elaboración propia 2023	38
Tabla 3 Características técnicas de los circuitos Fuente: Elaboración propia 2023	50
Tabla 4 Circuitos por subestación eléctrica Fuente: Elaboración propia 2023	54
Tabla 5 Tarifas reguladas Fuente: CFE distribución 2023.....	68
Tabla 6 Comparativa situación actual y propuesta CITREX Fuente: Elaboración propia 2023.....	69
Tabla 7 Comparativa situación actual y propuesta CITROFRUT Fuente: Elaboración propia 2023	70
Tabla 8 Comparativa situación actual y propuesta Zacapoaxtla Fuente: Elaboración propia 2023	72