



**SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ**

**INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**INFORME TÉCNICO  
DE RESIDENCIA PROFESIONAL**

**“CONSTRUCCIÓN Y REORDENAMIENTO DE LA RED  
GENERAL DE DISTRIBUCIÓN DE ACUERDO A LA EMPRESA  
PRODUCTIVA SUBSIDIARIA (EPS) CFE/DISTRIBUCIÓN”**

PRESENTA:

GERARDO MARTÍNEZ VALDIVIESO

13270940

ASESOR INTERNO:

ING. JULIO ENRIQUE MEGCHUN VAZQUEZ

ASESOR EXTERNO:

ING. RAMÓN PEÑA OVANDO

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS.

# ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS .....	4
ÍNDICE DE TABLAS .....	5
LISTADO DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS .....	6
<b>1. Introducción .....</b>	<b>7</b>
<b>1.1 Antecedentes .....</b>	<b>7</b>
<b>1.2 Estado del Arte .....</b>	<b>8</b>
<b>1.3 Justificación .....</b>	<b>9</b>
<b>1.4 Objetivos.....</b>	<b>10</b>
<b>1.5 Metodología .....</b>	<b>11</b>
<b>2. Fundamento teórico .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 Sistema Eléctrico.....</b>	<b>12</b>
2.1.1 Tipos De Sistemas De Distribución.....	14
2.1.2 Subestaciones de Distribución.....	20
2.1.3 Área de Servicio de Subestaciones y Alimentadores .....	21
2.1.4 Sistema de Alimentadores.....	21
2.1.5 Características Generales de los Circuitos de Media Tensión .....	22
<b>2.2 EPROSEC .....</b>	<b>23</b>
2.2.1 Punto de seccionamiento .....	23
2.2.2 Interruptores.....	23
2.2.3 Restauradores .....	25
2.2.4 Cuchilla Fusible.....	27
2.2.4.1 Clasificación De Cuchillas Desconectoras .....	28
<b>2.5 Indicadores de Confiabilidad.....</b>	<b>33</b>
2.5.1 SAIFI .....	33
2.5.2 SAIDI .....	33
<b>3. Desarrollo .....</b>	<b>34</b>
<b>3.1 Determinación de las áreas de influencia.....</b>	<b>35</b>
<b>3.2 Realización del trazo de las nuevas trayectorias considerando EPROSEC .....</b>	<b>37</b>
3.2.1 Condición Actual de las Subestaciones dentro del Polígono de Estudio .....	37
3.2.2 Propuesta con Plan de Crecimiento y Reordenamiento de la Red General de Distribución .....	48

<b>3.3 Descripción de los Estudios de Pérdidas</b> .....	55
<b>3.4 Volumetría y condiciones operativas</b> .....	72
3.4.1 Subestación Tuxtla Uno.....	72
3.4.2 Subestación Tuxtla Dos .....	73
3.4.3 Subestación Tuxtla Norte.....	75
3.4.4 Subestación Mactumatzá .....	76
3.4.5 Total General del Polígono .....	77
<b>4. Resultados y Conclusión</b> .....	77
<b>4.1 Resultados</b> .....	77
<b>4.2 Conclusión</b> .....	83
<b>Referencias</b> .....	84
<b>Anexos</b> .....	85
<b>Anexo A:</b> Ubicación de las trayectorias donde se propone Recalibración y Conductor Semiaislado. ....	85
<b>Anexo B:</b> Concentrado de Conductores y Kilómetros propuestos con PCR .....	94
<b>Anexo C:</b> Diagrama de Voronoi .....	95
<b>Anexo D:</b> Esquemas de alimentadores de media tensión.....	96

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. 1 Diagrama del Proceso</i> .....	11
<i>Figura 2. 1 Ubicación del sistema de distribución dentro de un sistema de potencia</i> .....	13
<i>Figura 2. 2 Sistema de Conexión Radial</i> .....	14
<i>Figura 2. 3 Sistema Radial Aéreo</i> .....	16
<i>Figura 2. 4 Sistema Radial Subterráneo</i> .....	17
<i>Figura 2. 5 Sistema de Conexión Anillo</i> .....	19
<i>Figura 2. 6 Sistema Tipo Malla</i> .....	20
<i>Figura 2. 7 Distribución de la carga en función de la distancia a la subestación</i> .....	21
<i>Figura 2. 8 Diagrama de Conexión del Interruptor de Potencia</i> .....	24
<i>Figura 2. 9 Operación del Restaurador</i> .....	26
<i>Figura 2. 10 Ubicación de un Restaurador</i> .....	27
<i>Figura 2. 11 Partes de un Restaurador</i> .....	27
<i>Figura 2. 12 Cuchillas Desconectoras (Seccionadores)</i> .....	28
<i>Figura 2. 13 Cuchilla de doble arco</i> .....	29
<i>Figura 2. 14 Cuchilla con vertical LCO. Horizontal estándar</i> .....	29
<i>Figura 2. 15 Cuchilla con dos aisladores</i> .....	29
<i>Figura 2. 16 Pantógrafo</i> .....	30
<i>Figura 2. 17 Cuchilla "AV"</i> .....	30
<i>Figura 2. 18 Cuchilla de tres aisladores</i> .....	31
<i>Figura 2. 19 Cuchillas con cuernos de arque</i> .....	31
<i>Figura 2. 20 Cuchilla tripolar de doble aislador giratorio</i> .....	31
<i>Figura 3. 1 Plano Urbano Condición Actual</i> .....	35
<i>Figura 3. 2 Ubicación de las Subestaciones en Google Earth</i> .....	36
<i>Figura 3. 3 Polígono de acuerdo a Voronoi</i> .....	37
<i>Figura 3. 4 Condición Actual TGU</i> .....	39
<i>Figura 3. 5 Condición Actual EPROSEC TGU</i> .....	39
<i>Figura 3. 6 Condición Actual TGD</i> .....	41
<i>Figura 3. 7 Condición Actual EPROSEC TGD</i> .....	42
<i>Figura 3. 8 Condición Actual TXN</i> .....	44
<i>Figura 3. 9 Condición Actual EPROSEC TXN</i> .....	45
<i>Figura 3. 10 Condición Actual MAA</i> .....	47
<i>Figura 3. 11 Condición Actual EPROSEC MAA</i> .....	47
<i>Figura 3. 12 Condición Propuesta con PCR TGU</i> .....	49
<i>Figura 3. 13 Condición Propuesta de EPROSEC con PCR TGU</i> .....	49
<i>Figura 3. 14 Condición Propuesta con PCR TGD</i> .....	50
<i>Figura 3. 15 Condición Propuesta de EPROSEC con PCR TGD</i> .....	51
<i>Figura 3. 16 Condición Propuesta con PCR TXN</i> .....	52
<i>Figura 3. 17 Condición Propuesta de EPROSEC con PCR TXN</i> .....	52
<i>Figura 3. 18 Condición Propuesta con PCR MAA</i> .....	53
<i>Figura 3. 19 Condición Propuesta de EPROSEC con PCR MAA</i> .....	54
<i>Figura 3. 20 Plan de Ejecución del PCR a 5 años</i> .....	55
<i>Figura 3. 21 Pérdidas en Condiciones Actuales (Primer Etapa)</i> .....	56
<i>Figura 3. 22 Porcentaje de caída de tensión por circuito con Condiciones Actuales (Primer Etapa)</i> .....	56
<i>Figura 3. 23 Pérdidas en Condiciones Propuestas (Primer Etapa)</i> .....	57
<i>Figura 3. 24 Porcentaje de Caída de Tensión por Circuito en Condiciones Propuestas (Primer Etapa)</i> .....	57
<i>Figura 3. 25 Pérdidas en Condiciones Actuales (Segunda Etapa)</i> .....	58
<i>Figura 3. 26 Porcentaje de Caída de Tensión por Circuito en Condiciones Actuales (Segunda Etapa)</i> .....	59

<b>Figura 3. 27</b> Pérdidas en Condiciones Propuestas (Segunda Etapa).....	59
<b>Figura 3. 28</b> Porcentaje de Caída de Tensión por Circuito en Condiciones Propuestas (Segunda Etapa) ....	60
<b>Figura 3. 29.</b> Porcentaje de Caída de Tensión por Circuito en Condiciones Propuestas (Segunda Etapa) ...	60
<b>Figura 3. 30</b> Pérdidas en Condiciones Actuales (Tercera Etapa) .....	61
<b>Figura 3. 31</b> Porcentaje de Caída Tensión por Circuito en Condiciones Actuales (Tercera Etapa) .....	62
<b>Figura 3. 32</b> Pérdidas en Condiciones Propuestas (Tercera Etapa).....	62
<b>Figura 3. 33</b> Pérdidas en Condiciones Propuestas (Tercera Etapa).....	63
<b>Figura 3. 34</b> Porcentaje de Caída de Tensión por Circuito en Condiciones Propuestas (Tercera Etapa) .....	64
<b>Figura 3. 35</b> Porcentaje de Caída de Tensión por Circuito en Condiciones Propuestas (Tercera Etapa) .....	64
<b>Figura 3. 36</b> Pérdidas en Condiciones Actuales (Cuarta Etapa) .....	65
<b>Figura 3. 37</b> Pérdidas en Condiciones Actuales (Cuarta Etapa) .....	66
<b>Figura 3. 38</b> Porcentaje de Caída de Tensión por Circuito en Condiciones Actuales (Cuarta Etapa).....	66
<b>Figura 3. 39</b> Pérdidas en Condiciones Propuestas (Cuarta Etapa) .....	67
<b>Figura 3. 40</b> Pérdidas en Condiciones Propuestas (Cuarta Etapa) .....	67
<b>Figura 3. 41</b> Porcentaje de Caída de Tensión por Circuito en Condiciones Propuestas (Cuarta Etapa).....	68
<b>Figura 3. 42</b> Porcentaje de Caída de Tensión por Circuito en Condiciones Propuestas (Cuarta Etapa).....	68
<b>Figura 3. 43</b> Pérdidas en Condiciones Actuales (Quinta Etapa).....	69
<b>Figura 3. 44</b> Porcentaje de Caída de Tensión por Circuito en Condiciones Actuales (Quinta Etapa).....	69
<b>Figura 3. 45</b> Pérdidas en Condiciones Propuestas (Quinta Etapa) .....	70
<b>Figura 3. 46</b> Pérdidas en Condiciones Propuestas (Quinta Etapa) .....	70
<b>Figura 3. 47</b> Porcentaje de Caída de Tensión por Circuito en Condiciones Propuestas (Quinta Etapa).....	71
<b>Figura 3. 48</b> Porcentaje de Caída de Tensión por Circuito en Condiciones Propuestas (Quinta Etapa).....	71
<b>Figura 4. 1</b> Condición Actual del Plano Urbano.....	79
<b>Figura 4. 2</b> Condición con PCR del Plano Urbano .....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3. 1</b> Datos generales de las subestaciones dentro del polígono de estudio.....	34
<b>Tabla 3. 2</b> Coordenadas UTM de las subestaciones .....	36
<b>Tabla 3. 3</b> Volumetría TGU.....	72
<b>Tabla 3. 4</b> Volumetría TGD.....	73
<b>Tabla 3. 5</b> Volumetría TXN .....	75
<b>Tabla 3. 6</b> Volumetría MAA .....	76
<b>Tabla 3. 7</b> Total General del Polígono.....	77
<b>Tabla 4. 1</b> Volumetría Total en Condición Actual.....	81
<b>Tabla 4. 2</b> Volumetría Total con PCR.....	82
<b>Tabla 4. 3</b> Resumen del Polígono.....	83

## **LISTADO DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS**

RGD	Red General de Distribución
CRE	Comisión Reguladora de Energía
SEP	Sistema Eléctrico de Potencia
EPROSEC	Equipo de Protección y Seccionamiento
TGU	Tuxtla Uno
TGD	Tuxtla Dos
TXN	Tuxtla Norte
MAA	Mactumatzá
V	Volts
KV	Kilo-volts
KW	Kilo-watts
GWh/año	Giga-watts-hora al año
MVA	Mega-Volts-Ampers
A	Amperes

## 1. Introducción

La humanidad está en constante crecimiento. Día con día somos más los que habitamos este planeta y con ello se vino una evolución tecnológica a gran escala que exige una demanda de energía eléctrica que va en ascenso, para cumplir con las necesidades de la nueva vida cotidiana.

Es probable que la industria eléctrica sea la más grande y compleja del mundo<sup>1</sup>. Existe una fuerte dependencia a la energía eléctrica. ¿Qué pasaría si esta materia prima esencial para el desarrollo de un país llegase a faltar?

El desarrollo de fuentes de energía para realizar trabajos útiles es la clave del progreso industrial y esencial para mejorar continuamente el nivel de vida de las personas. Para ello, el ingeniero eléctrico tiene el reto de desarrollar nuevas fuentes de energía, buscar tener un suministro esencialmente inagotable para el futuro, distribuir la energía con calidad, continuidad y eficiencia a donde se requiera y ocuparla sin afectar al medio ambiente.

### 1.1 Antecedentes

La Red General de Distribución de Energía Eléctrica está integrada por toda la infraestructura que se encarga de entregar la energía que se genera en las centrales a un Sistema Eléctrico de Potencia (SEP), que funciona como distribuidor de energía para cada uno de los usuarios. Se compone de dos tipos de alimentación: primaria y secundaria. El sistema primario es alimentado por voltajes en media tensión, con valores que van de 13200, 23000 y 34500 volts, mientras que el secundario o en baja tensión alimenta tensiones de 440, 220 y 110 volts.

La RGD de la División Sureste de la Zona Tuxtla cuenta con 21 subestaciones (Bombaná, Bochil, Cintalapa, Copainalá, Grijalva, Independencia, Juy Juy, La Garza, Liberación Mexicana, Mactumatza, Malpaso Tres, Ocozocoautla, Parral, Real del Bosque, Simojovel, Soyaló, Tuxtla Uno, Tuxtla Dos, Tuxtla Norte, Tuxtla Sur, Villaflores) y 95 circuitos existentes actualmente.

---

<sup>1</sup> J. Duncan Glover, Mulukutla S. Sarma, Sistemas Eléctricos de Potencia, Análisis y Diseño.

El área de estudio del polígono seleccionado, correspondiente a la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, cuenta con 4 subestaciones (Tuxtla Uno, Tuxtla Dos, Tuxtla Norte, Mactumatza), con un total de 24 circuitos y 166,583 centros de carga que representan el 31 % del total de la Zona de Distribución Tuxtla. Cabe señalar que, de los 24 circuitos, 3 están por encima del 2% de pérdidas técnicas, con un valor total de pérdidas técnicas del polígono de 10,46 GWh/Año.

El proyecto se fundamenta en la segmentación geográfica del área a servir, trazando entre dos subestaciones vecinas una línea equidistante a ambas para delimitar el área de influencia de cada subestación. El objetivo en el diseño de un sistema de distribución, es tener una configuración de subestaciones y circuitos de media tensión, que tengan sus áreas de servicio exclusivas y contiguas.

### **1.2 Estado del Arte**

Eric Orlando Hernández López, Tecnológico de Monterrey, Monterrey N.L. Propone optimizar las Redes de Media Tensión mediante el uso de herramientas computacionales FEEDRALL y EEPRI, a partir de la información que proporcionan los sistemas existentes en la División Centro Oriente de la CFE, como son SIMOCE, SIGED, SIAD. [1]

Alejandro Andrés Navarro Espinosa, Pontificia Universidad Católica de Chile, Escuela de Ingeniería. Propone analizar la optimización de la red de baja tensión partiendo desde cero (Greenfield planning), con un procedimiento del tipo “Dividir y Conquistar”, en el que la zona a planificar es dividida basándose en los diagramas de Voronoi, generando mini-zonas a las que se le aplica un procedimiento de optimización, con uso intensivo de clustering, optimizando también su topología y los conductores que la componen. [2]

Jorge Iván Tangarife Echeverri, Universidad Pontificia Bolivariana, Escuela de Ingeniería. Estudia las posibilidades de reconfiguración para circuitos de 13.2 KV con el fin de mejorar las condiciones de cargabilidad y confiabilidad, mediante el programa computacional CYMDIST, en el cual se carga la topología de los circuitos a analizar, se corren los flujos de carga de los circuitos en estudio y se obtienen reportes de corriente, pérdidas técnicas y balances de fases. [3]

ZHU Xiaojun, *et al*, State Grid Chongqing Electric Power Company Economic Research Institute. Desarrollan una técnica de optimización de programación de enteros para obtener la combinación de una nueva capacidad de subestación, mediante la combinación del Diagrama de Voronoi ponderado y el algoritmo alternativo de asignación de ubicación, para determinar el nuevo sitio de la subestación y el alcance del suministro de energía, averiguando el costo mínimo anual correspondiente el plan final. [4]

Lo que aquí se propone como proyecto es, implementar un reordenamiento de las redes generales de distribución haciendo uso de los diagramas de Voronoi para delimitar las áreas de influencia mediante un polígono, y así reconfigurar los circuitos de cada subestación para facilitar la planeación del crecimiento de la Red de distribución, y a su vez brindar calidad, continuidad y confiabilidad en el servicio.

### **1.3 Justificación**

Al entrar en vigor la Ley de la Industria Eléctrica derivada de la Reforma Energética, se establece con obligatoriedad que la prestación del Servicio Público de Distribución de Energía Eléctrica debe ser brindado con Calidad, Confiabilidad, Continuidad, Seguridad y Eficiencia, observando el correcto funcionamiento e integridad de los equipos y dispositivos de las redes, bajo parámetros aceptables de tensión, interrupciones del suministro eléctrico, pérdidas de energía, y cualquier otro aspecto técnico que la CRE considere necesarios.

El desarrollo de este proyecto impactará en la reducción de pérdidas eléctricas al reconfigurar la RGD en MT y BT. Mejorará la confiabilidad de la RGD al retirar las instalaciones sobrantes en MT y BT. Se dará uso al material retirado para la construcción de nuevas trayectorias y reemplazo de la infraestructura, reduciendo así los costos por mantenimiento.

Al determinar las áreas de influencia de cada subestación, zonificar y definir las áreas de distribución por tipo de instalación (aérea desnuda, aérea semiasilada, híbrida y subterránea), apeándose a la traza urbana existente, se optimizará la inversión y la proyección para el crecimiento de la Red a futuro.

## 1.4 Objetivos

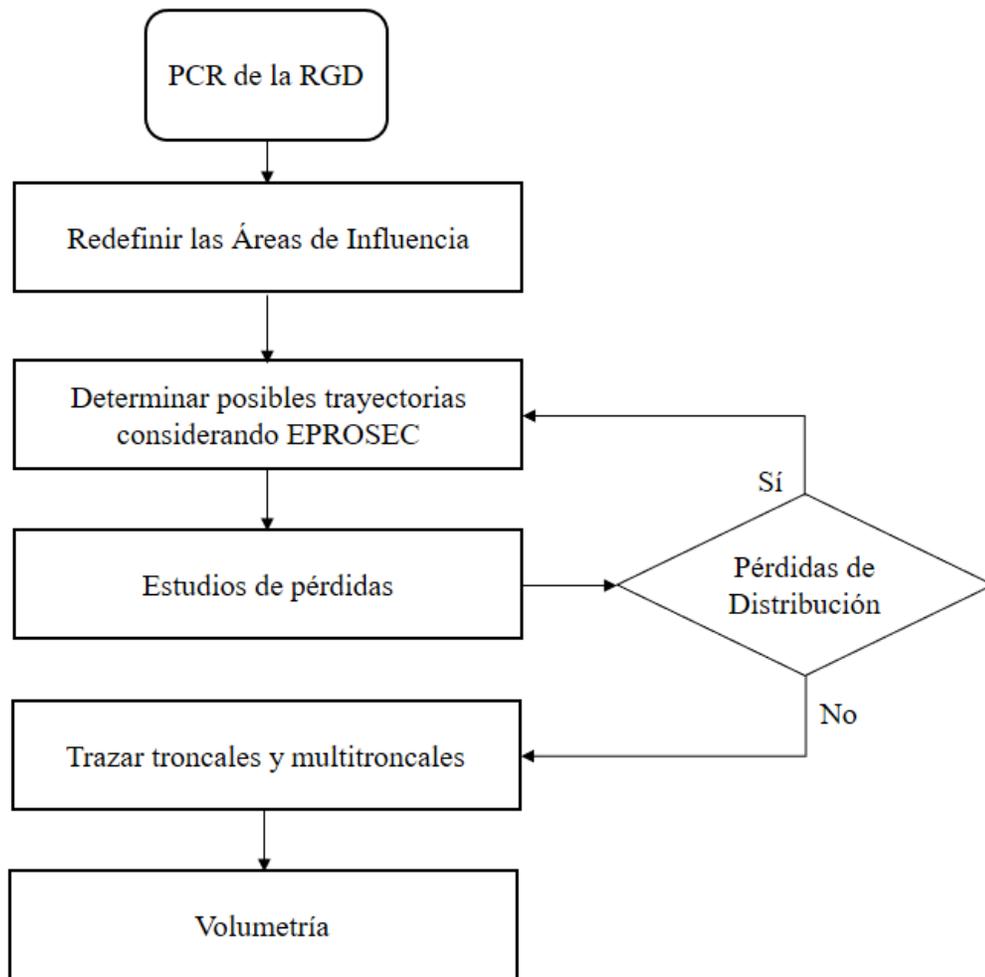
Objetivo General:

Establecer a nivel nacional las disposiciones, para elaborar y llevar a cabo el Plan de Crecimiento y Reordenamiento de la Red General de Distribución con un diseño que permita cumplir con la nueva regulación como parte del Plan de Negocios de la EPS CFE/Distribución.

Objetivos específicos:

- Reducir las pérdidas eléctricas hasta un 47% y mejorar la regulación de voltaje a un 4% al reconfigurar la RGD en MT y BT.
- Mejorar la confiabilidad de la RGD hasta un 38% al retirar las instalaciones sobrantes en MT y BT.
- Reducir los costos por mantenimiento, uso de los activos innecesarios en la RGD y reemplazo de la infraestructura.
- Disminuir hasta un 95% errores en la operación de la RGD.
- Reducir hasta un 42% el tiempo promedio de restablecimiento en MT.
- Incrementar la seguridad del personal de campo.
- Optimizar la inversión al zonificar las áreas por tipo de instalación (aérea desnuda, aérea semiaislada, híbrida y subterránea).
- Actualizar el plano urbano de la RGD de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

## 1.5 Metodología



*Figura 1. 1 Diagrama del Proceso*

En la figura 1.1 se describe el proceso mediante el cual se llevará a cabo el presente proyecto. En el primer bloque se indica la determinación de las áreas de influencia de cada subestación. Se realiza una segmentación geográfica del área a servir, trazando entre dos subestaciones vecinas una línea equidistante a ambas para delimitar el área de influencia de cada subestación. Dicha segmentación se genera con la aplicación de los diagramas de Voronoi.

La segunda parte consiste en la actualización de los planos urbanos de la RGD, proponiendo la nueva traza de troncales y multitroncales con una configuración de la Red conocida como

“Tenedor”, tomando en cuenta la instalación de nuevos equipos EPROSEC en diferentes puntos de seccionamiento.

Al proponer EPROSEC, se realizan los estudios de pérdidas y se analizan los índices de confiabilidad para definir las nuevas trayectorias o proponer otra trayectoria con mayor eficiencia.

Se hace uso de la herramienta AutoCAD para actualizar los planos urbanos con las nuevas trayectorias de la RGD propuestas.

El último bloque corresponde a la determinación de la volumetría, lo cual el resumen en tablas del material y equipo que se va a construir, retirar o reubicar según sea el caso en el plan de crecimiento y reordenamiento.

## **2. Fundamento teórico**

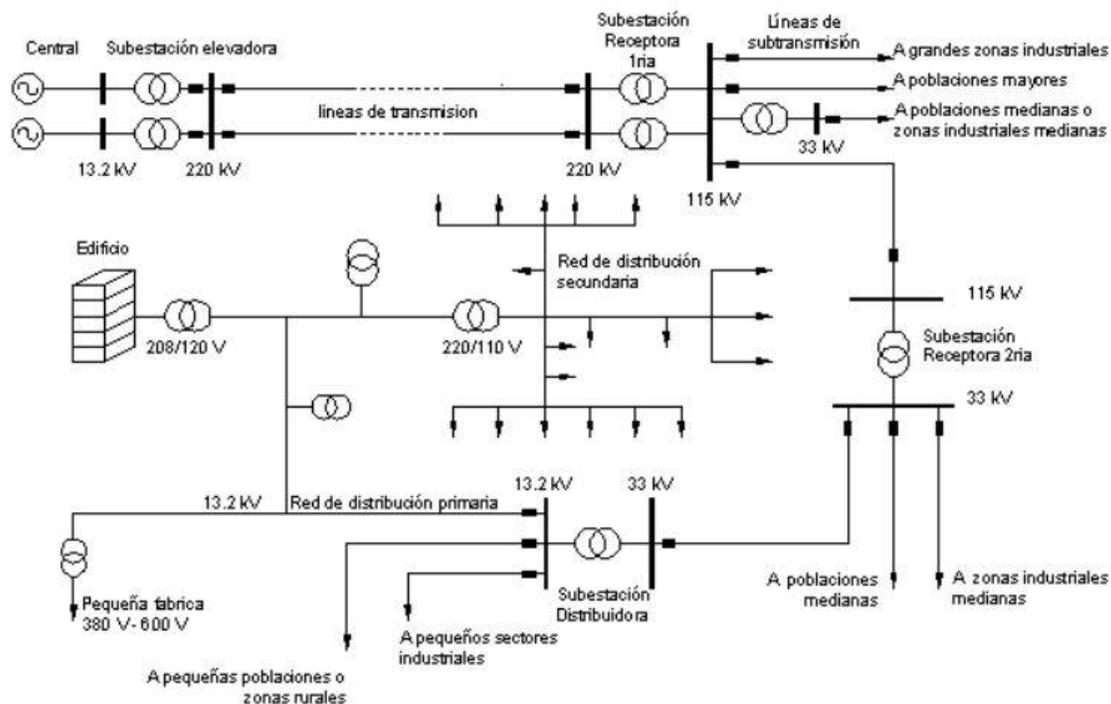
### **2.1 Sistema Eléctrico**

Un sistema eléctrico de potencia incluye las etapas de generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica, y su función primordial es la de llevar esta energía desde los centros de generación hasta los centros de consumo y por último entregarla al usuario en forma segura y con los niveles de calidad exigidos.

Aproximadamente las 2/3 partes de la inversión total del sistema de potencia, están dedicados a la parte de distribución, lo que implica necesariamente un trabajo cuidadoso en la planeación, diseño y construcción y en la operación del sistema de distribución.

En esta parte donde se producen los porcentajes más grandes de pérdidas de energía en todas sus manifestaciones debido al gran volumen de elementos que lo conforman, y a los bajos niveles de tensión que se manejan. [5]

Para ubicar el sistema de distribución obsérvese el esquema de un sistema de potencia de la Figura 2.1. El sistema de distribución a su vez está conformado por:



**Figura 2. 1** Ubicación del sistema de distribución dentro de un sistema de potencia.

Los principales elementos que conforman un sistema de distribución son:

- a) Subestaciones receptoras secundarias: donde se transforma la energía recibida de las líneas de subtransmisión y dan origen a los circuitos de distribución primarios.
- b) Circuitos primarios: que recorren cada uno de los sectores urbanos y rurales suministrando potencia a los transformadores de distribución a voltajes como: 13.2 kV, 34.5 kV, etc.
- c) Transformadores de distribución: se conectan a un circuito primario y suministran servicio a los consumidores conectados al circuito secundario.
- d) Circuito secundario: encargados de distribuir la energía a los usuarios con voltajes como 120/208 - 120/240 V y en general voltajes hasta 600 V.
- e) Acometidas.
- f) Equipo de medición.

### 2.1.1 Tipos De Sistemas De Distribución.

Existen tres tipos de sistemas básicos de distribución, los cuales son:

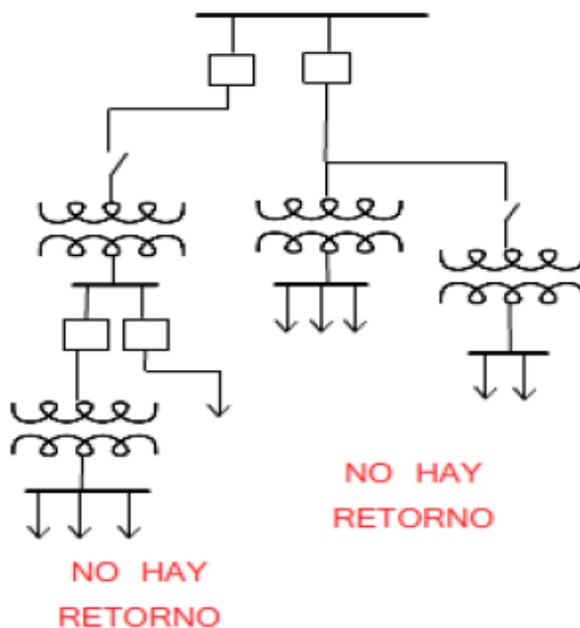
- Sistema radial.
- Sistema anillo.
- Sistema en malla o mallado.

Estos tipos de sistemas, son los más comúnmente utilizados, por lo que en los siguientes temas se dará una explicación de su funcionalidad, características, ventajas, desventajas y particularidades que tiene cada uno de ellos.

Al utilizar un sistema de distribución este estará expuesto inevitablemente a un buen número de variables tanto técnicas como locales y ante todo una variable económica por lo que los sistemas de distribución no tienen una uniformidad, es decir, que un sistema eléctrico será una combinación de sistemas.

#### Sistema Radial.

Es aquel que cuenta con una trayectoria entre la fuente y la carga, proporcionando el servicio de energía eléctrica. Un sistema radial es aquel que tiene un simple camino sin regreso sobre el cual pasa la corriente, parte desde una subestación y se distribuye por forma de “rama”.



*Figura 2. 2 Sistema de Conexión Radial*

Este tipo de sistema de distribución tiene como característica básica, el que está conectado a un sólo juego de barras.

Existen diferentes tipos de arreglo sobre este sistema, la elección del arreglo está sujeta a las condiciones de la zona, demanda, confiabilidad de continuidad en el suministro de energía, costo económico y perspectiva a largo plazo, este tipo de sistemas es instalado de manera aérea y/o subterránea.

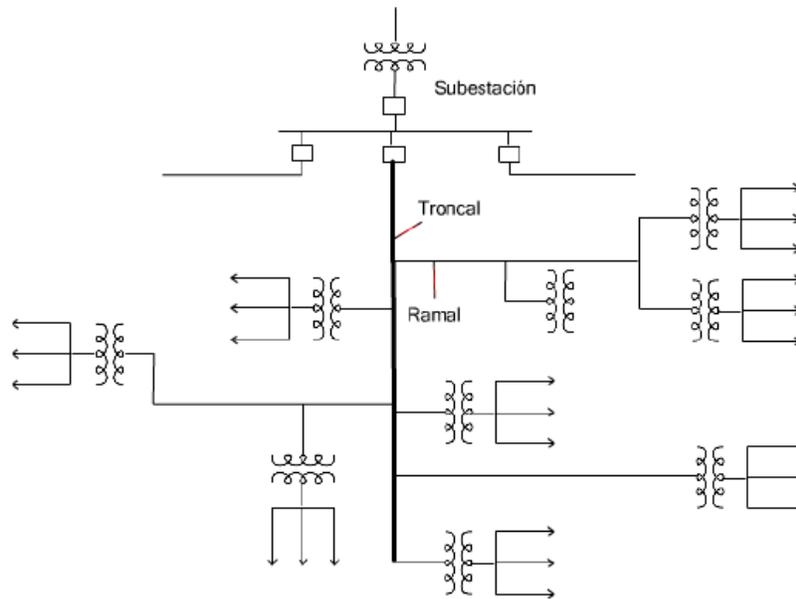
Este tipo de sistema, es el más simple y el más económico debido a que es el arreglo que utiliza menor cantidad de equipo, sin embargo, tiene varias desventajas por su forma de operar:

- El mantenimiento de los interruptores se complica debido a que hay que dejar fuera parte de la red.
- Son los menos confiables ya que una falla sobre el alimentador primario principal afecta a la carga.

### **Sistemas Radiales Aéreos.**

Los sistemas de distribución radiales aéreos se usan generalmente en las zonas urbanas, suburbanas y en las zonas rurales. Los alimentadores primarios que parten de la subestación de distribución están constituidos por líneas aéreas sobre postes y alimentan los transformadores de distribución, que están también montados sobre postes. En regiones rurales, donde la densidad de carga es baja, se utiliza el sistema radial puro.

En regiones urbanas, con mayor densidad de carga se utiliza también el sistema radial, sin embargo, presenta puntos de interconexión los cuales están abiertos, en caso de emergencia, se cierra para permitir pasar parte de la carga de un alimentador a otro, para que en caso de falla se pueda seccionar esta y mantener su operación al resto mientras se efectúa la reparación. La principal razón de ser de los sistemas radiales aéreos radica en su diseño de pocos componentes, y por ende su bajo costo de instalación, aunque puede llegar a tener problemas de continuidad de servicio.



**Figura 2. 3 Sistema Radial Aéreo**

Existe la tendencia a realizar la distribución eléctrica de zonas residenciales suburbanas mediante instalaciones subterráneas. Generalmente los alimentadores primarios consisten en cables subterráneos dispuestos formando un anillo, que funciona normalmente abierto, conectados a un alimentador aéreo próximo.

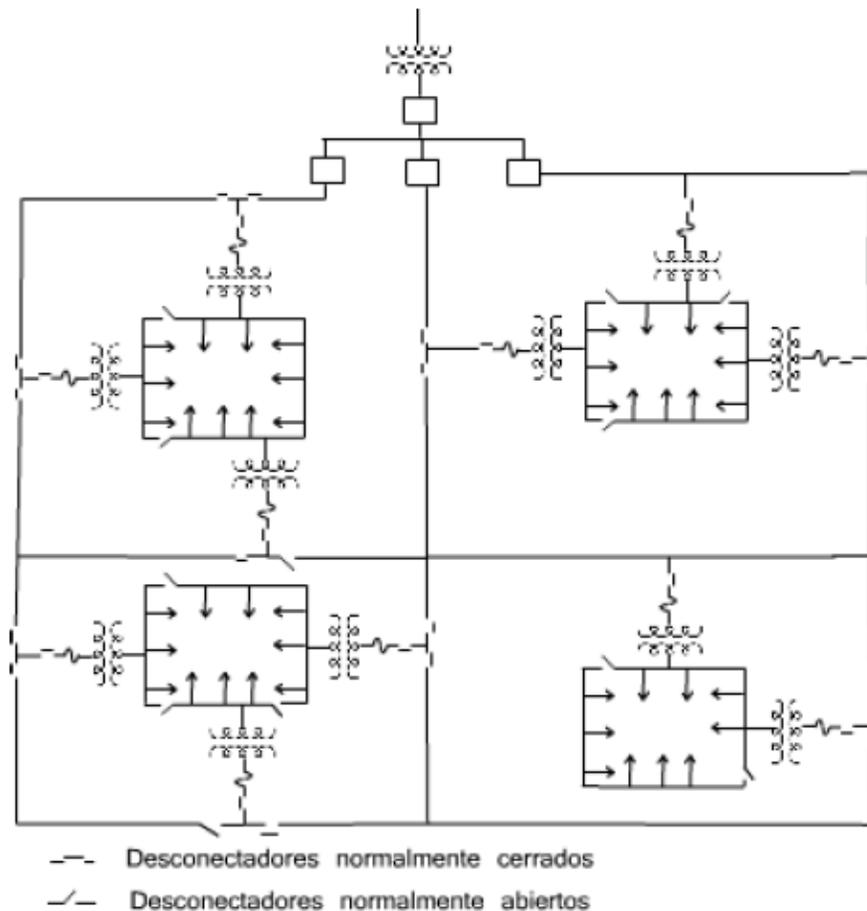
### **Sistemas Radiales Subterráneos.**

La necesidad de líneas subterráneas en un área en particular es dictaminada por las condiciones locales. La elección del tipo de sistema depende sobre todo de la clase de servicio que se ofrecerá a los consumidores en relación al costo.

Los sistemas de distribución radiales subterráneos se usan en zonas urbanas de densidad de carga media y alta donde circulen líneas eléctricas con un importante número de circuitos dando así una mayor confiabilidad que si se cablearan de manera abierta.

Los sistemas de distribución subterráneos están menos expuestos a fallas que los aéreos, pero cuando se produce una falla es más difícil localizarla y su reparación lleva más tiempo. Por esta razón, para evitar interrupciones prolongadas y proporcionar flexibilidad a la operación, en el caso de los sistemas radiales subterráneos se colocan seccionadores para permitir pasar la carga de un alimentador primario a otro. También se instalan seccionadores para poder

conectar los circuitos secundarios, para que en caso de falla o de desconexión de un transformador, se puedan conectar sus circuitos secundarios a un transformador contiguo.



*Figura 2. 4 Sistema Radial Subterráneo*

### **Sistema Anillo.**

Es aquel que cuenta con más de una trayectoria entre la fuente o fuentes y la carga para proporcionar el servicio de energía eléctrica. Este sistema comienza en la estación central o subestación y hace un “ciclo” completo por el área a abastecer y regresa al punto de donde partió. Lo cual provoca que el área sea abastecida de ambos extremos, permitiendo aislar ciertas secciones en caso de alguna falla.

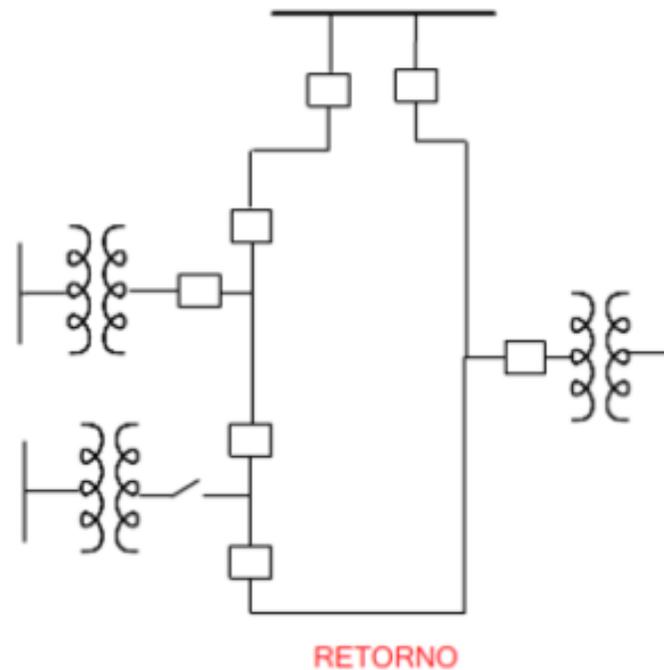
Este sistema es más utilizado para abastecer grandes masas de carga, desde pequeñas plantas industriales, medianas o grandes construcciones comerciales donde es de gran importancia la continuidad en el servicio.

Cualquier variante del sistema en anillo, normalmente provee de dos caminos de alimentación a los transformadores de distribución o subestaciones secundarias. En general, la continuidad del servicio y la regulación de tensión que ofrece este sistema son mejor que la que nos da el sistema radial. La variación en la calidad del servicio que ofrecen ambos sistemas, depende de las formas particulares en que se comparen.

Regularmente, el sistema anillo tiene un costo inicial mayor y puede tener más problemas de crecimiento que el sistema radial, particularmente en las formas utilizadas para abastecer grandes cargas. Esto es principalmente porque dos circuitos deben ponerse en marcha por cada nueva subestación secundaria, para conectarla dentro del anillo. El añadir nuevas subestaciones en el alimentador del anillo obliga a instalar equipos que se puedan anidar en el mismo.

A continuación, mostramos las ventajas en operación de este sistema:

- Son los más confiables ya que cada carga en teoría se puede alimentar por dos trayectorias.
- Permiten la continuidad de servicio, aunque no exista el servicio en algún transformador de línea.
- Al salir de servicio cualquier circuito por motivo de una falla, se abren los dos interruptores adyacentes, se cierran los interruptores de enlace y queda restablecido el servicio instantáneamente. Si falla un transformador o una línea la carga se pasa al otro transformador o línea o se reparte entre los dos adyacentes.
- Si el mantenimiento se efectúa en uno de los interruptores normalmente cerrados, al dejarlo desenergizado, el alimentador respectivo se transfiere al circuito vecino, previo cierre automático del interruptor de amarre.

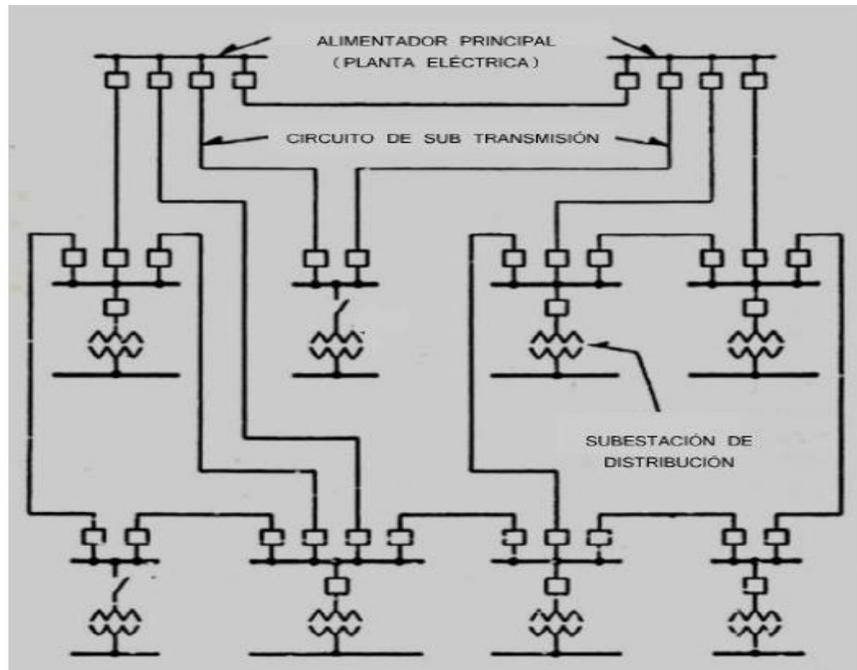


*Figura 2. 5 Sistema de Conexión Anillo*

### **Sistema Red ó Malla.**

Una forma de subtransmisión en red o en malla provee una mayor confiabilidad en el servicio que las formas de distribución radial o en anillo ya que se le da alimentación al sistema desde dos plantas y le permite a la potencia alimentar de cualquier planta de poder a cualquier subestación de distribución.

Este sistema es utilizado donde la energía eléctrica tiene que estar presente sin interrupciones, debido a que una falta de continuidad en un periodo de tiempo prolongado tendría grandes consecuencias, por ejemplo: en una fundidora.



*Figura 2. 6 Sistema Tipo Malla*

### 2.1.2 Subestaciones de Distribución

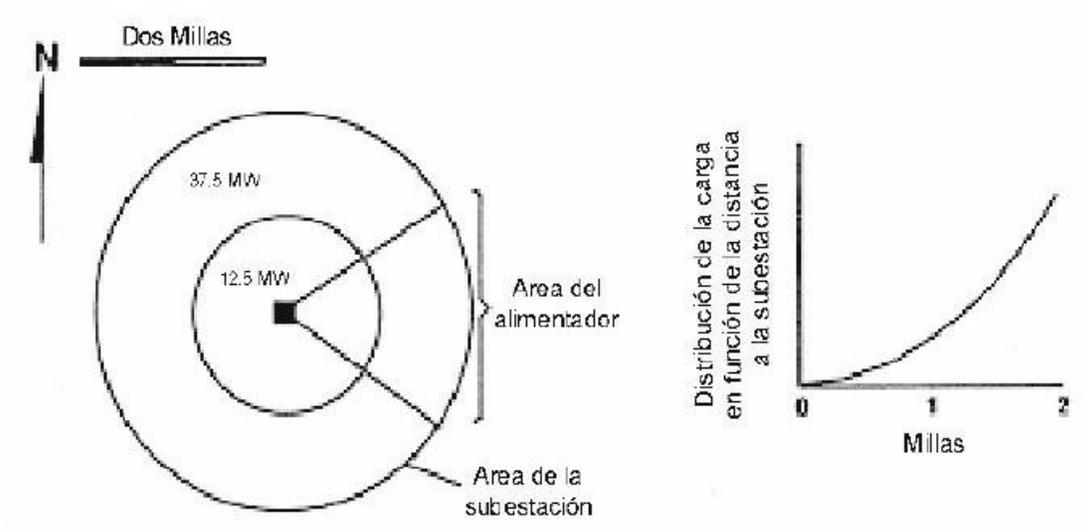
Parte importante de los sistemas de distribución, son las subestaciones a partir de las cuales inicia el recorrido de los circuitos de distribución, por lo tanto, en el diseño de las mismas se deberá considerar donde localizar las nuevas subestaciones, que capacidad instalar en cada una de ellas y cuál será su área de servicio; estos puntos son elementos estratégicos en la planeación del suministro de energía eléctrica.

La localización de la subestación define los puntos terminales de los sistemas de transmisión y el inicio de los alimentadores de media tensión. Es por esto que la selección del lugar de la subestación, influye en el costo de la transmisión y de la distribución; siendo necesario analizar en donde se debe construir la subestación.

En conjunto los alimentadores cubren las necesidades de energía de todo el territorio de servicio. Los alimentadores se originan en cada subestación, distribuyendo potencia dentro de su área de servicio. Idealmente las subestaciones deben localizarse cerca del centro de su área de servicio.

### 2.1.3 Área de Servicio de Subestaciones y Alimentadores

Las subestaciones deben tener una posición estratégica para distribuir la energía, desde luego que pueden existir restricciones geográficas u otras situaciones que originan restricciones a la regla.



*Figura 2. 7 Distribución de la carga en función de la distancia a la subestación*

La mayoría de la carga de una subestación o de un alimentador, se encuentra más allá de la mitad de la distancia del área que alimenta.

### 2.1.4 Sistema de Alimentadores

Para el diseño de alimentadores, se debe especificar para los circuitos de media tensión un conjunto de conductores, los cuales serán seleccionados en función de la carga por transportar, se tratará de determinar el espaciamiento entre subestaciones, el número de alimentadores y su configuración y definir otras variables de diseño para el sistema de distribución.

Dentro del diseño económico de los alimentadores, se tienen dos variables que limitan la longitud del sistema de media tensión y que están dados por la distancia entre subestaciones, los cuales son la capacidad y la caída de tensión.

La consideración anterior implica tomar en cuenta lo siguiente:

- Considerar la localización de las cargas con respecto a la subestación.

- La carga máxima (en 13.2 KV, hasta 500 KW, en 34.5 KV hasta 700 KW se considera aceptable)
- Número de usuarios que tendrá cada alimentador (en promedio 3500 usuarios)
- El nivel de pérdidas y la caída de tensión (2% y 3% respectivamente)
- Los calibres de conductores para utilizarse.
- Las trayectorias seleccionadas para transportar la potencia (unitroncal y multitroneal)
- La distancia con las subestaciones vecinas, el apoyo en contingencias, instalación de equipos de protección y seccionamiento, regulación, etcétera.

En la mayoría de los casos cada subestación y cada alimentador, sirve una determinada área como única fuente de suministro.

La mayoría de los sistemas de distribución tienen alimentación radial en cierta extensión, principalmente en las áreas rurales; lo anterior significa que desde donde ocurra una falla en adelante, existirá interrupción de servicio. Esto se puede minimizar, instalando la protección adecuada en troncal y ramales, para minimizar el área con interrupción.

### **2.1.5 Características Generales de los Circuitos de Media Tensión**

La misión de los alimentadores de media tensión, es distribuir la potencia de la subestación de distribución, a usuarios de media tensión y a muchos transformadores de distribución, localizados en la proximidad de los usuarios de baja tensión. Para cumplir adecuadamente su misión se deben cumplir los siguientes parámetros:

1. Economía; el costo debe ser tan bajo como sea posible. Los siguientes aspectos son importantes:
  - Minimizar la longitud construida.
  - Usar la mínima cantidad de postes.
  - Usar los equipos estrictamente necesarios.
  - Usar el calibre de conductor adecuado.
  - Costos operativos aceptables.
2. Capacidad: El sistema de media tensión, debe de tener la capacidad de suministrar la potencia requerida por los usuarios, en condiciones normales y de emergencia.

3. Calidad de servicio: Deben tener una confiabilidad muy alta, y una variación de voltaje dentro de los límites establecidos. Respaldo en contingencias aceptable, esquema de protecciones que minimice a los usuarios afectados, minimizar el tiempo de restablecimiento de fallas, uso de mejores materiales, esquemas de diseño más confiables, etc.

## **2.2 EPROSEC**

### **2.2.1 Punto de seccionamiento**

Un punto de seccionamiento es un conjunto de elementos de hardware y software que fueron diseñados para el monitoreo de señales en redes de distribución. Su función operativa es la de captar señales de la línea de distribución, procesarla y principalmente invertir cuando ocurre una falla en la red de distribución en conjunto con otros puntos de seccionamiento, aislándola y recuperando las señales sin falla de un circuito. Los puntos de seccionamiento obedecen las necesidades de “seccionar por partes” las líneas eléctricas de distribución, para que mediante un algoritmo de seccionalización automática se detecte, aisle y reponga de la manera más eficiente y rápida la energía en una sección de la red eléctrica.

### **2.2.2 Interruptores**

El interruptor de potencia, es un dispositivo de apertura o cierre mecánico, capaz de soportar tanto la corriente de operación normal como altas corrientes durante un tiempo específico, debidas a fallas en el sistema los interruptores pueden cerrar o abrir en forma manual o automático por medio de relés.

Las partes principales de un interruptor, son:

- Cámara de interrupción.
- Contactos: fijo y móvil.
- Medio de interrupción.
- Accionamiento.

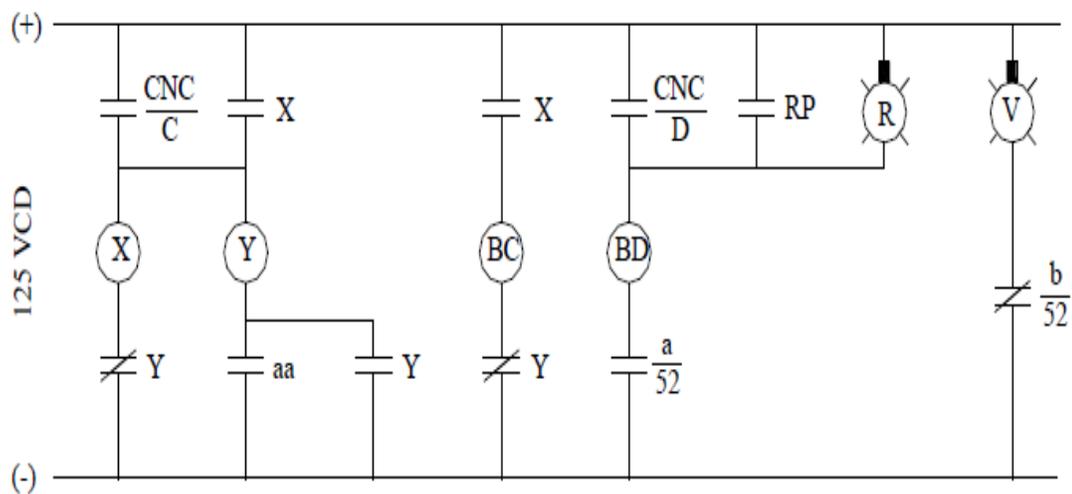
La interrupción del arco se realiza en un medio, como ser:

- Aceite.
- Vacío.

- Hexafluoruro de azufre (SF6).
- Soplo de aire.
- Soplo de aire – magnético.

Los interruptores tienen un mecanismo de almacenamiento de energía, que le permite cerrar hasta cinco veces, antes de que la energía sea interrumpida totalmente, estos mecanismos tienen un accionamiento:

- Neumático (aire comprimido).
- Hidráulico (nitrógeno comprimido).
- Neumático - hidráulico (combinación).
- Mecanismo de resorte.



**Figura 2. 8** Diagrama de Conexión del Interruptor de Potencia

Para cerrar el interruptor:

En las subestaciones de un sistema de potencia se tienen tableros de control, estos tableros disponen de un conmutador de control, si se acciona este conmutador a la posición de cierre, se cerrará el contacto CNC/C (cierre) energizándose el relevador auxiliar de cierre X y cerrando sus dos contactos respectivos en las siguientes dos ramas del circuito (los contactos X), quedando enclavado por el relevador de la segunda rama (de izq. a der.). El segundo contacto auxiliar X energiza la bobina de cierre BC, al terminar el ciclo de cierre (se cerraron los contactos “a” del interruptor de potencia, quedó cerrado el interruptor). El contacto

auxiliar de fin de carrera del interruptor(aa) cierra solo por un instante y vuelve a abrir, este instante es suficiente para energizar la bobina del relevador auxiliar Y quedando enclavado cuando cierra su contacto Y normalmente abierto.

Para abrir el interruptor:

En el tablero de control se acciona el conmutador de control hacia la posición de disparo, en ese momento se cierra el contacto CNC/D con el cual se energiza la bobina de disparo BD ya que el contacto auxiliar a/52 se encontraba cerrado. Para lograr la apertura del interruptor también se hace por medio del contacto del relevador de protección RP el cual cerrará en el momento en que se produzca una falla, ya que al cerrar su contacto también se energiza la bobina de disparo BD. Cuando se abre el interruptor de potencia se cierra el contacto auxiliar b/52 con lo cual se enciende la lámpara verde que indica que el interruptor está abierto, simultáneamente se abre el contacto auxiliar a/52 con lo que se desenergiza la bobina de disparo y se apaga la lámpara roja.

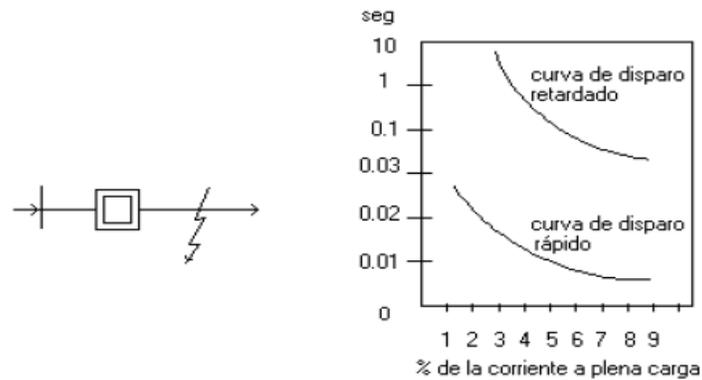
### **2.2.3 Restauradores**

El restaurador es un dispositivo de protección de sobrecorriente que dispara y recierra automáticamente un número determinado de veces para eliminar fallas transitorias o para aislar fallas permanentes. También incluye la posibilidad de realizar operaciones de cierre y apertura en forma manual. De acuerdo con las necesidades de coordinación, los restauradores se pueden programar para que operen con un número de secuencias diferentes:

- Dos operaciones instantáneas (disparo y recierre), seguidas por dos operaciones de disparo con retardo, antes de que se presente la apertura definitiva.
- Una operación instantánea seguida por tres operaciones con retardo.
- Tres operaciones instantáneas más una operación con retardo.
- Cuatro operaciones instantáneas.
- Cuatro operaciones con retardo.

Las características instantáneas y con retardo dependen de la capacidad del restaurador. Hay rangos de los restauradores de 50 a 20 amperes con bobinas en serie y de 100 a 2240 A, con bobinas en paralelo. La corriente de disparo mínima para todas las potencias normalmente se

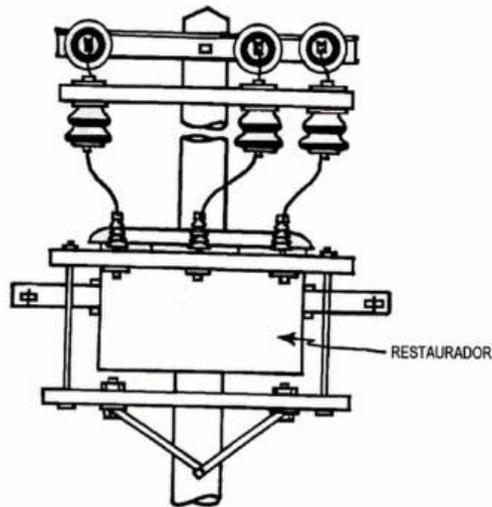
calibra al doble de la corriente nominal. Los restauradores deben tener capacidad para poder interrumpir las corrientes de falla asimétricas relacionadas con su rango de corrientes simétricas.



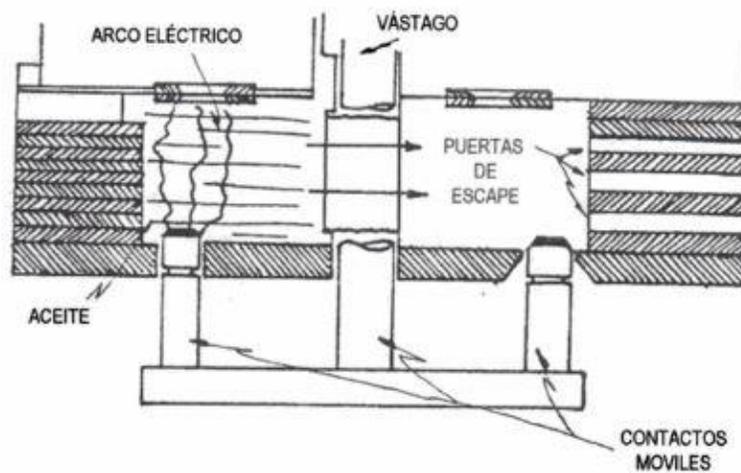
**Figura 2. 9** Operación del Restaurador

En cierta forma, un restaurador realiza las funciones de una combinación de interruptor de potencia, un relevador de sobrecorriente y un relevador de recierre automático. El restaurador consta fundamentalmente de una cámara de interrupción y los correspondientes contactos principales que operan en aceite, así como el mecanismo de control del accionamiento del disparo y del recierre, un operador, un integrador y un mecanismo de paro.

- Ideal para alimentadores rurales.
- Previene tallas transitorias.
- El suministro se reanuda rápidamente.



*Figura 2. 10 Ubicación de un Restaurador*



*Figura 2. 11 Partes de un Restaurador*

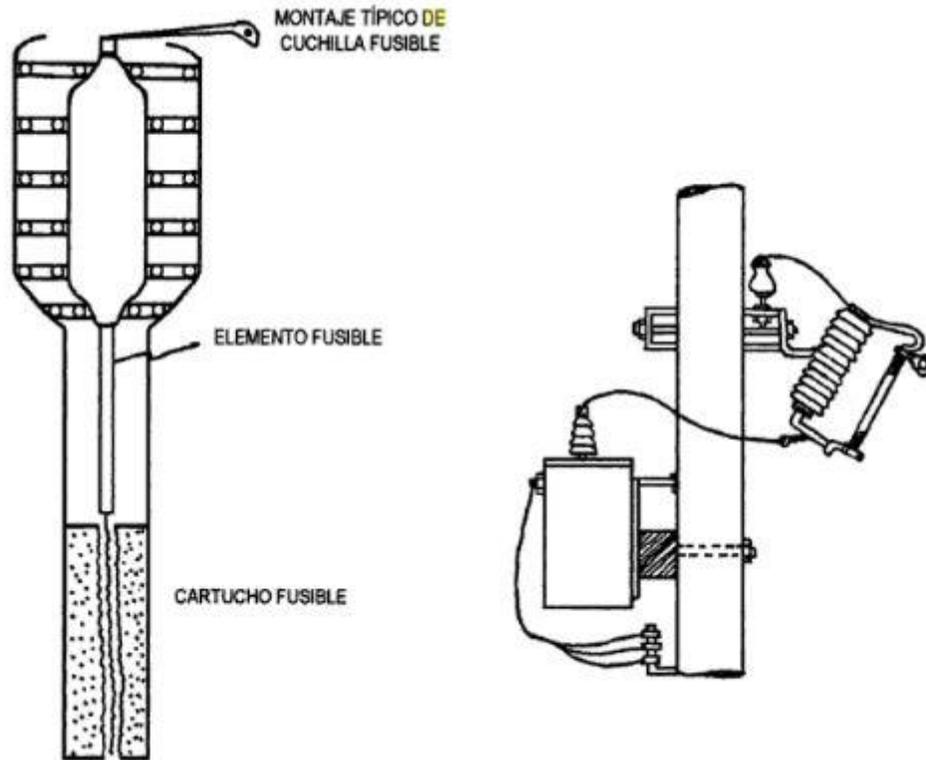
#### **2.2.4 Cuchilla Fusible**

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

El elemento de protección lo constituye el dispositivo fusible, que se encuentra dentro del cartucho de conexión y desconexión. El dispositivo fusible se selecciona de acuerdo con el valor de corriente nominal que va a circular por él, pero los fabricantes tienen el correspondiente valor de corriente de ruptura para cualquier valor de corriente nominal.

Los elementos fusibles se construyen fundamentalmente de plata (en casos especiales), cobre electrolítico con aleación de plata, o cobre aleado con estaño. [6]

Existen diferentes tipos de cuchillas fusibles, de acuerdo con el empleo que se les dé. Entre los principales tipos y características tenemos los siguientes:



*Figura 2. 12 Cuchillas Desconectadoras (Seccionadores)*

La cuchilla desconectadora es un elemento que sirve para desconectar físicamente un circuito eléctrico.

Por lo general, se operan sin carga, pero con algunos aditamentos se puede operar con carga hasta ciertos límites.

#### **2.2.4.1 Clasificación De Cuchillas Desconectadoras**

Por su operación;

- a) Con carga (con tensión nominal).
- b) Sin carga (con tensión nominal).
- c) De puesta a tierra.

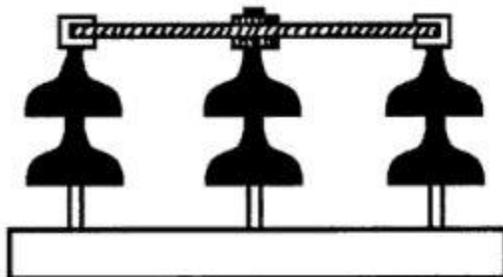
Pueden ser manuales o motorizadas para acción a control remoto.

Por su tipo de accionamiento:

- a) Manual
- b) Automático

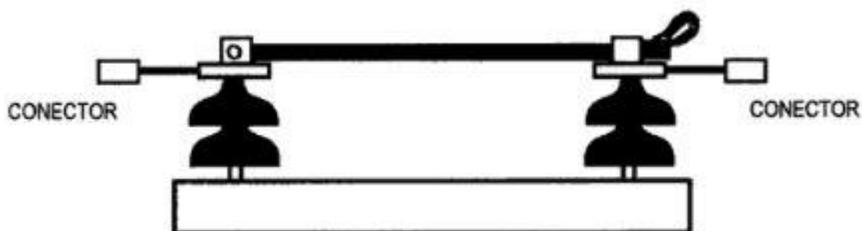
Por su forma de desconexión:

- a) Con tres aisladores, dos fijos y un giratorio al centro (horizontal), llamado también de doble arco.



*Figura 2. 13 Cuchilla de doble arco*

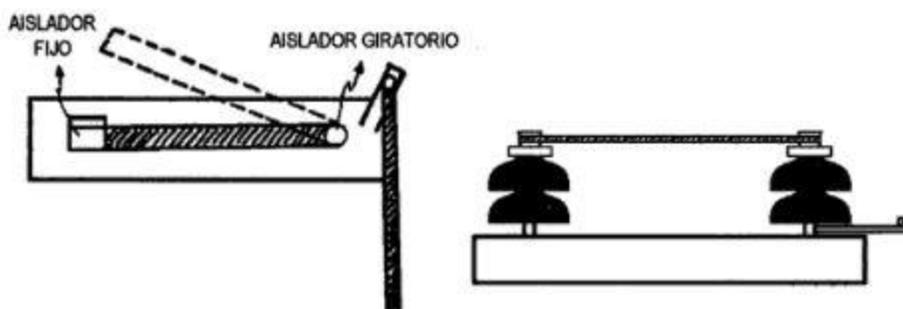
- b) Con dos aisladores (accionados con pértiga), operación vertical.



*Figura 2. 14 Cuchilla con vertical LCO. Horizontal estándar*

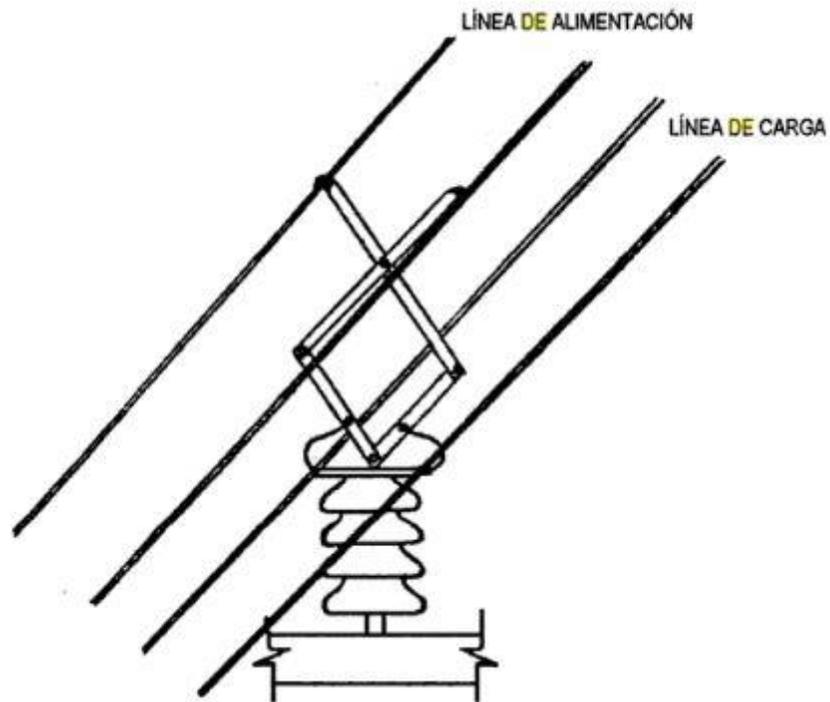
Por la forma en que se instala, la cuchilla recibe el nombre de: Vertical LCO. Horizontal estándar.

- c) Con dos aisladores, uno fijo y otro giratorio en el plano horizontal.



*Figura 2. 15 Cuchilla con dos aisladores*

d) Pantógrafo o separador de tijera.



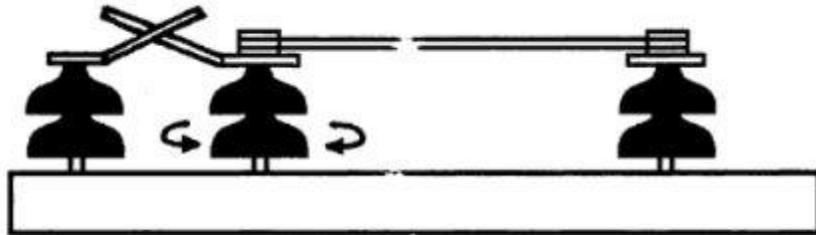
*Figura 2. 16 Pantógrafo*

e) Cuchilla "AV"



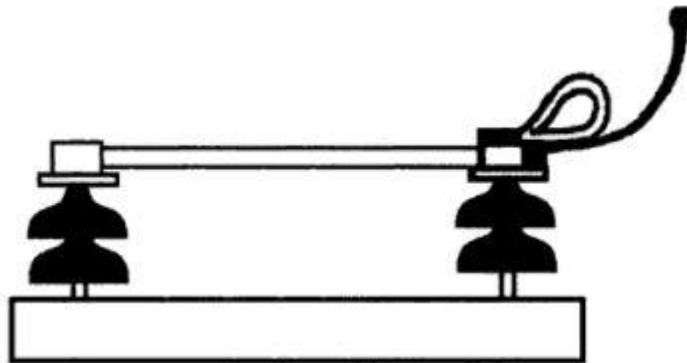
*Figura 2. 17 Cuchilla "AV"*

- f) Cuchilla de tres aisladores, con el centro movable por cremallera.



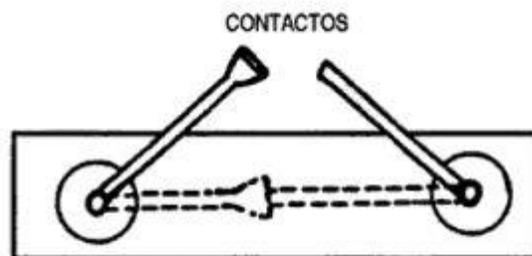
*Figura 2. 18 Cuchilla de tres aisladores*

- g) Cuchillas desconectoras con cuernos de arque.



*Figura 2. 19 Cuchillas con cuernos de arque*

- h) Cuchilla tripolar de doble aislador giratorio.



*Figura 2. 20 Cuchilla tripolar de doble aislador giratorio*

## **2.4 Pérdidas de distribución**

Para llevar la energía eléctrica producida en las centrales generadoras hasta los diferentes puntos de consumo, se utilizan grandes y largas líneas que conforman la red de transmisión, de la que posteriormente se derivan ramales más pequeños, que componen la red de distribución, y allí es donde se transforma la energía a los niveles adecuados para la comercialización o venta de la energía necesaria para el uso de los aparatos electrodomésticos, maquinarias de producción industrial o sistemas de iluminación.

Como en toda cadena de transporte de un bien, se pueden presentar pérdidas desde el punto de producción hasta la entrega a los usuarios finales.

En el caso de la energía eléctrica, las pérdidas se clasifican en dos categorías en función de su naturaleza:

1. Pérdidas técnicas, asociadas a características propias de las redes (impedancia, voltaje, longitud de las redes, topología, planeación y operación, entre otros), producidas en los transformadores, conductores y equipos eléctricos, que corresponden a la diferencia entre la energía que se entrega a un sistema y la que es utilizada por el usuario final.

Estos tipos de pérdidas son normales en cualquier sistema de distribución y no pueden ser eliminadas completamente, la única solución posible es reducir su porcentaje mediante el mejoramiento de la red. Entre las causas más comunes que originan las pérdidas técnicas de energía están las pérdidas por efecto Joule, efecto corona, armónicos, corrientes de fuga, caídas de tensión.

2. Pérdidas no técnicas asociadas con ineficiencias administrativas y comerciales como facturación y gestión deficientes, o por prácticas de los usuarios como fraude o conexiones ilícitas.

## 2.5 Indicadores de Confiabilidad

### 2.5.1 SAIFI

(Frecuencia Media de Interrupción del Sistema): Indica el número de veces que el cliente promedio del sistema sufre una interrupción durante un periodo de tiempo analizado.

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n ui}{N}$$

### 2.5.2 SAIDI

(Índice de Duración de Interrupción del Sistema): Mide el tiempo total de la interrupción que el cliente promedio del sistema en análisis quedó privado del suministro de energía eléctrica durante un periodo de tiempo analizado

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n tixui}{N}$$

Donde:

$ti$  = Duración de cada Interrupción

$ui$  = Número de Clientes afectados en cada Interrupción

$n$  = Número de Interrupciones del Periodo

$N$  = Número de Clientes del Sistema Eléctrico al final de Periodo.

### 3. Desarrollo

El desarrollo experimental de este proyecto se realiza en el Departamento de Planeación de la Zona Tuxtla, CFE Distribución. Cada uno de los puntos que se describirán, son necesarios para las 4 subestaciones dentro del polígono de estudio (Tuxtla Uno, Tuxtla Dos, Tuxtla Norte y Mactumatza).

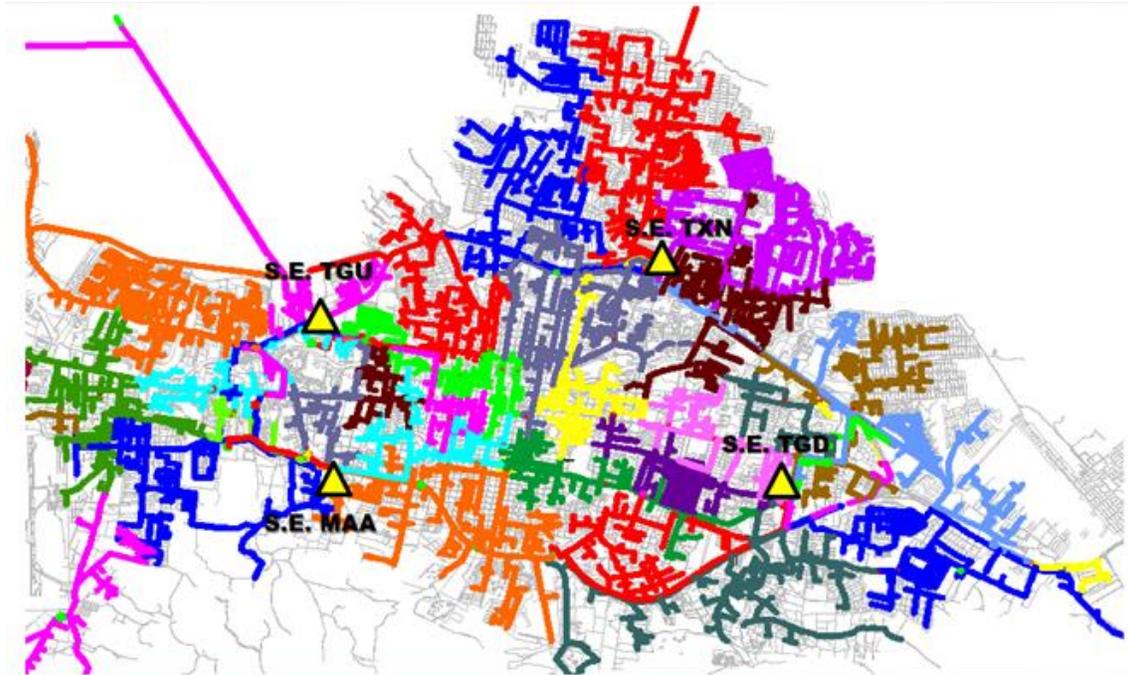
*Tabla 3. 1 Datos generales de las subestaciones dentro del polígono de estudio*

<b>No. de subestaciones</b>	<b>4</b>	<b>Capacidad Total Instalada</b>	<b>270</b>	<b>MVA</b>
<b>Demanda máxima No Coincidente</b>	<b>166</b>	<b>Demanda máxima Coincidente (18 May 21:00 hrs)</b>	<b>139</b>	<b>MVA</b>

<b>No. de circuitos</b>	<b>24</b>	<b>Longitud Total</b>	<b>774</b>	<b>Km</b>
No. de circuitos 34,5 Kv	0	Longitud	0	Km
No. de circuitos 13,8 Kv	24	Longitud	774	Km

<b>Equipos de Protección y Seccionamiento</b>	<b>203</b>	<b>PZA</b>	<b>Centros de Carga de Zona</b>	<b>166,583</b>
Restaurador	19	PZA		
Seccionador	11	PZA		
Cuchilla de Operación en Grupo	173	PZA		

<b>No. de transformadores instalados</b>	<b>4,322</b>	<b>PZA</b>	<b>Capacidad Total Instalada</b>	<b>222,580</b>	<b>kVA</b>
No. de transformadores 34,5 kV	0	PZA	Capacidad Instalada	0	kVA
No. de transformadores 13,2 kV	4322	PZA	Capacidad Instalada	222580	kVA



*Figura 3. 1 Plano Urbano Condición Actual*

La Figura 3.1, muestra el plano urbano de la RGD de las cuatro subestaciones en el polígono de estudio con la condición actual de los circuitos, realizado con el uso del software de diseño asistido por computadora AutoCAD.

Puede observarse (por la diferenciación de colores), que existen cruces de circuitos. Es decir, que algunos circuitos atraviesan por zonas que bien podrían ser alimentadas por otro circuito más cercano. Esto ocurre por una mala planeación en las redes de distribución. Lo que provoca que existan circuitos con más de 5 mil centros de carga, material y equipo instalado innecesario y pérdidas en la conducción por las largas trayectorias.

Por consiguiente, se realiza el Plan de Crecimiento y Reordenamiento de la Red General de Distribución.

### **3.1 Determinación de las áreas de influencia**

Para la determinación de las áreas de influencia de las subestaciones de distribución, estas deben estar estratégicamente localizadas para distribuir la energía en sus áreas de servicio.

Para la localización de una subestación existen 3 variables por considerar:

- Centro geográfico
- Centros de carga
- Centro de pérdidas mínimas

En este proyecto la localización se hace por su centro geográfico y las otras dos variables se analizan a partir de este.

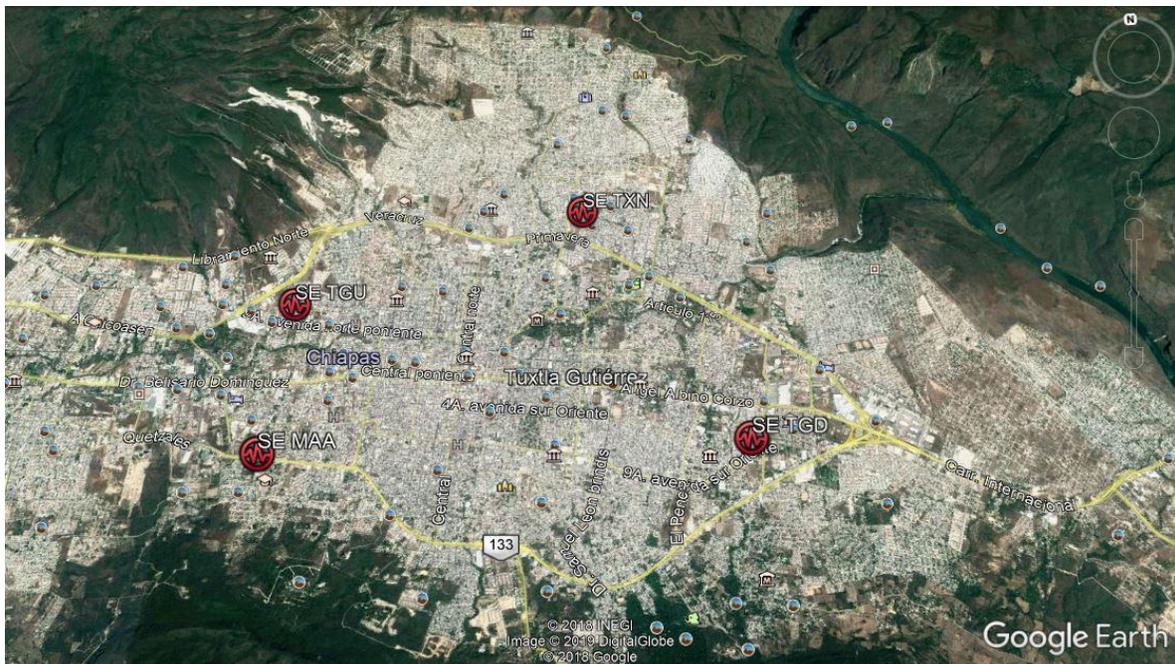
Para localizar exactamente las subestaciones dentro del polígono de estudio se utilizan la ubicación de estas mediante coordenadas UTM, que se obtienen con el uso de Google Earth.

Dichas coordenadas se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 3. 2** *Coordenadas UTM de las subestaciones*

SUBESTACIÓN	COORDENADAS	
	ESTE	NORTE
TGU	485635	1853199
TGD	490881	1850985
TXN	489236	1854235
MAA	485306	1851267

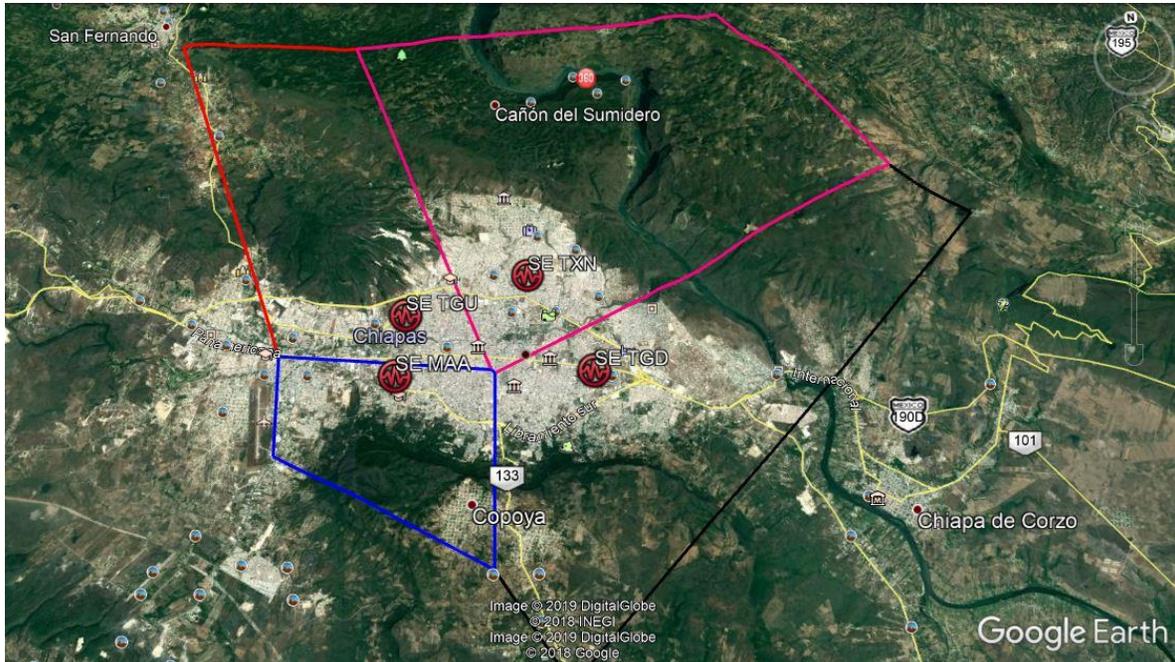
La ubicación de cada una de las subestaciones se muestra en la siguiente captura:



**Figura 3. 2** *Ubicación de las Subestaciones en Google Earth*

El polígono se obtiene con el uso del diagrama de Voronoi. Esto se fundamenta en la segmentación geográfica del área a servir, trazando entre dos subestaciones vecinas una línea equidistante a ambas para delimitar el área de influencia de cada subestación.

El resultado del polígono que delimita las áreas de influencia de cada subestación se presenta en la captura siguiente:



*Figura 3. 3 Polígono de acuerdo a Voronoi*

### **3.2 Realización del trazo de las nuevas trayectorias considerando EPROSEC**

A continuación, se presentan las configuraciones actuales de las subestaciones en estudio, seguido de la propuesta de reconfiguración de la RGD.

#### **3.2.1 Condición Actual de las Subestaciones dentro del Polígono de Estudio**

En esta sección se encontrarán los datos generales de las subestaciones y circuitos a analizar, los cuales serán importantes para poder realizar los estudios de optimización adecuados. Algunos de los datos a mencionar serán: longitudes de líneas, circuitos existentes, equipos instalados, cargas instaladas, entre otras.

#### **Subestación Tuxtla Uno (TGU)**

En la Figura 3.4 se muestra el plano de la condición actual de la Subestación Eléctrica Tuxtla Uno, la cual cuenta con dos transformadores de potencia con capacidad de 18/24/30 MVA, 115/13.8 KV.

Actualmente, Tuxtla Uno alimenta a 10 circuitos, los cuales son:

- TGU-4010
- TGU-4020

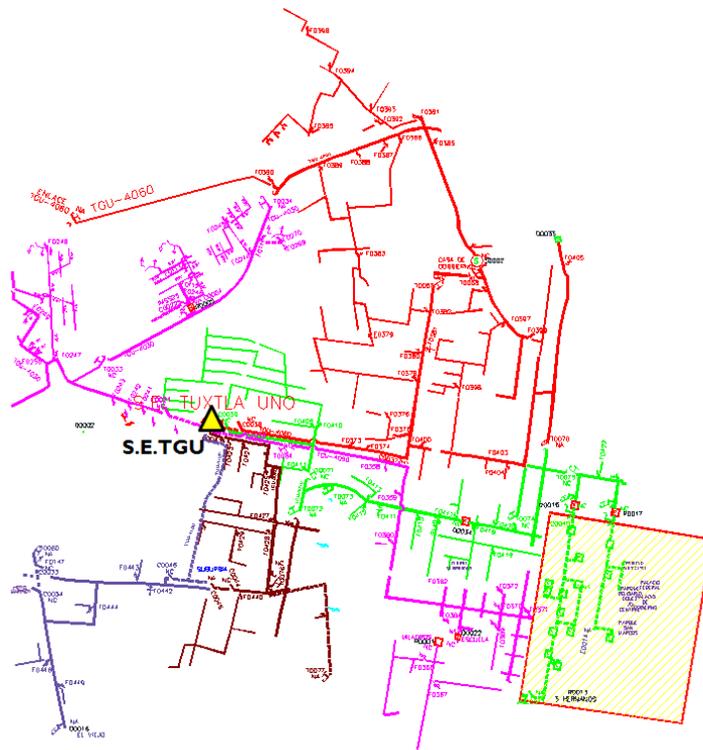
- TGU-4030
- TGU-4040
- TGU-4050
- TGU-4060
- TGU-4070
- TGU-4080
- TGU-4090
- TGU-4100

En el polígono de estudio dentro del área de influencia de TGU se analizan 4 circuitos:

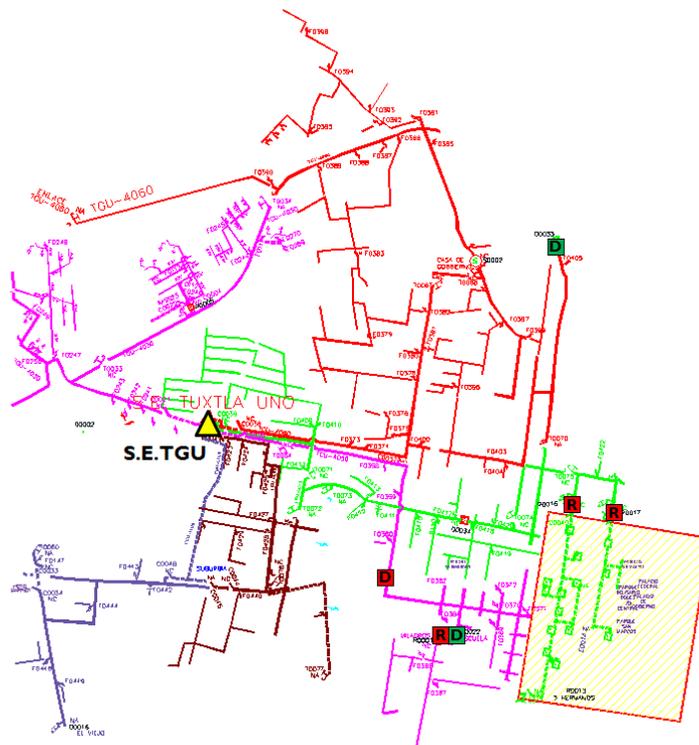
- TGU-4050
- TGU-4060
- TGU-4070
- TGU-4080

El polígono definido de TGU cuenta con un total de líneas construidas y equipo instalado de:

- 62.8 km en Media Tensión.
- 62.72 km en Baja Tensión.
- 403 transformadores de distribución
- 4 EPROSEC (Ver Figura 3.5).



*Figura 3. 4 Condición Actual TGU*



*Figura 3. 5 Condición Actual EPROSEC TGU*

### **Subestación Tuxtla Dos (TGD)**

En la Figura 3.6 se muestra el plano de la condición actual de la subestación Tuxtla Dos, la cual cuenta con dos transformadores de potencia con capacidad de 18/24/30 MVA, T1 110/13.8 KV y T2 115/13.8 KV.

Actualmente, Tuxtla Dos alimenta a 10 circuitos, los cuales son:

- TGD-4010
- TGD-4020
- TGD-4030
- TGD-4040
- TGD-4050
- TGD-4060
- TGD-4070
- TGD-4080
- TGD-4090
- TGD-4100

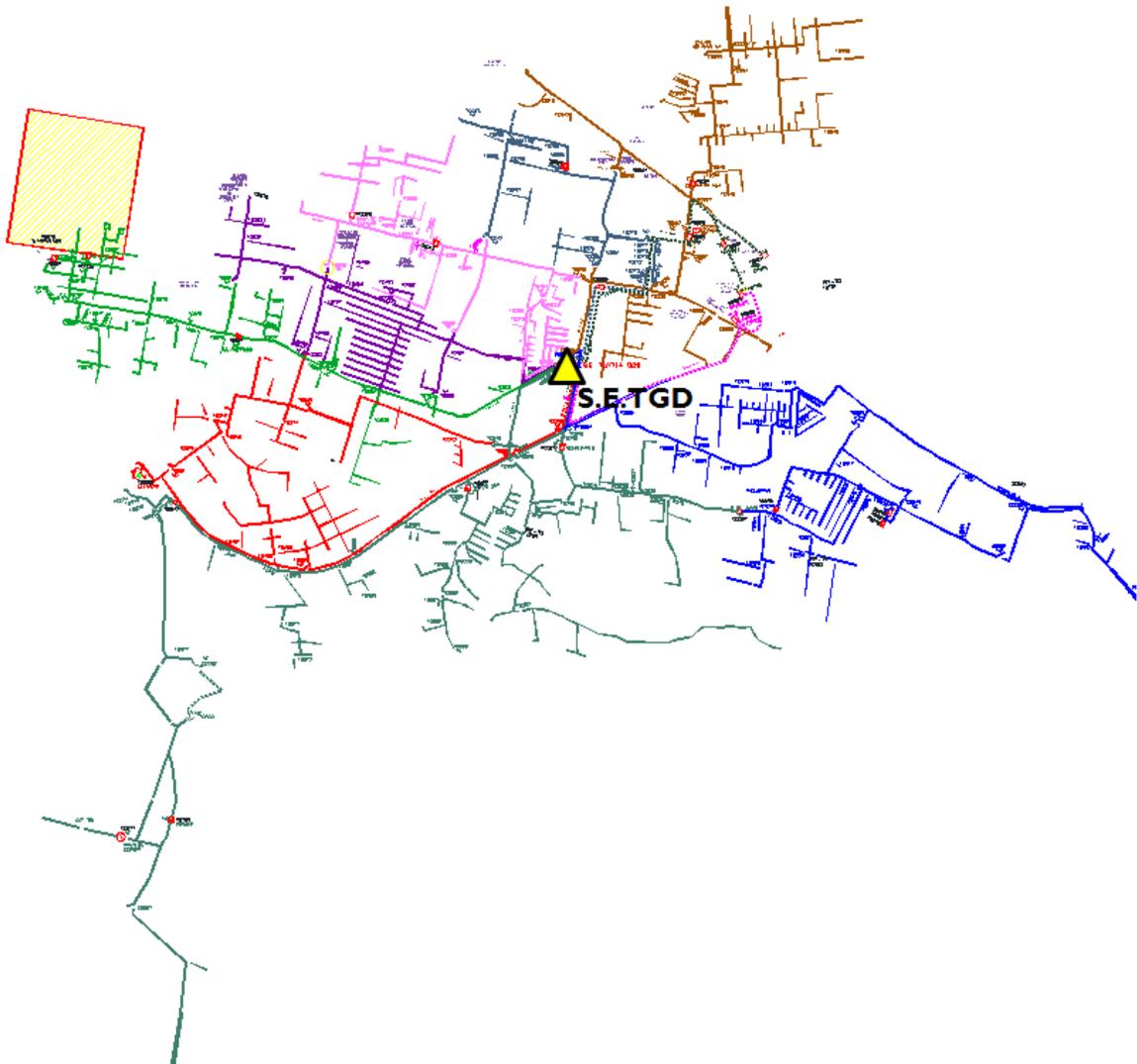
En el polígono de estudio dentro del área de influencia de TGD se analizan 8 circuitos:

- TGD-4020
- TGD-4040
- TGD-4050
- TGD-4060
- TGD-4070
- TGD-4080
- TGD-4090
- TGD-4100

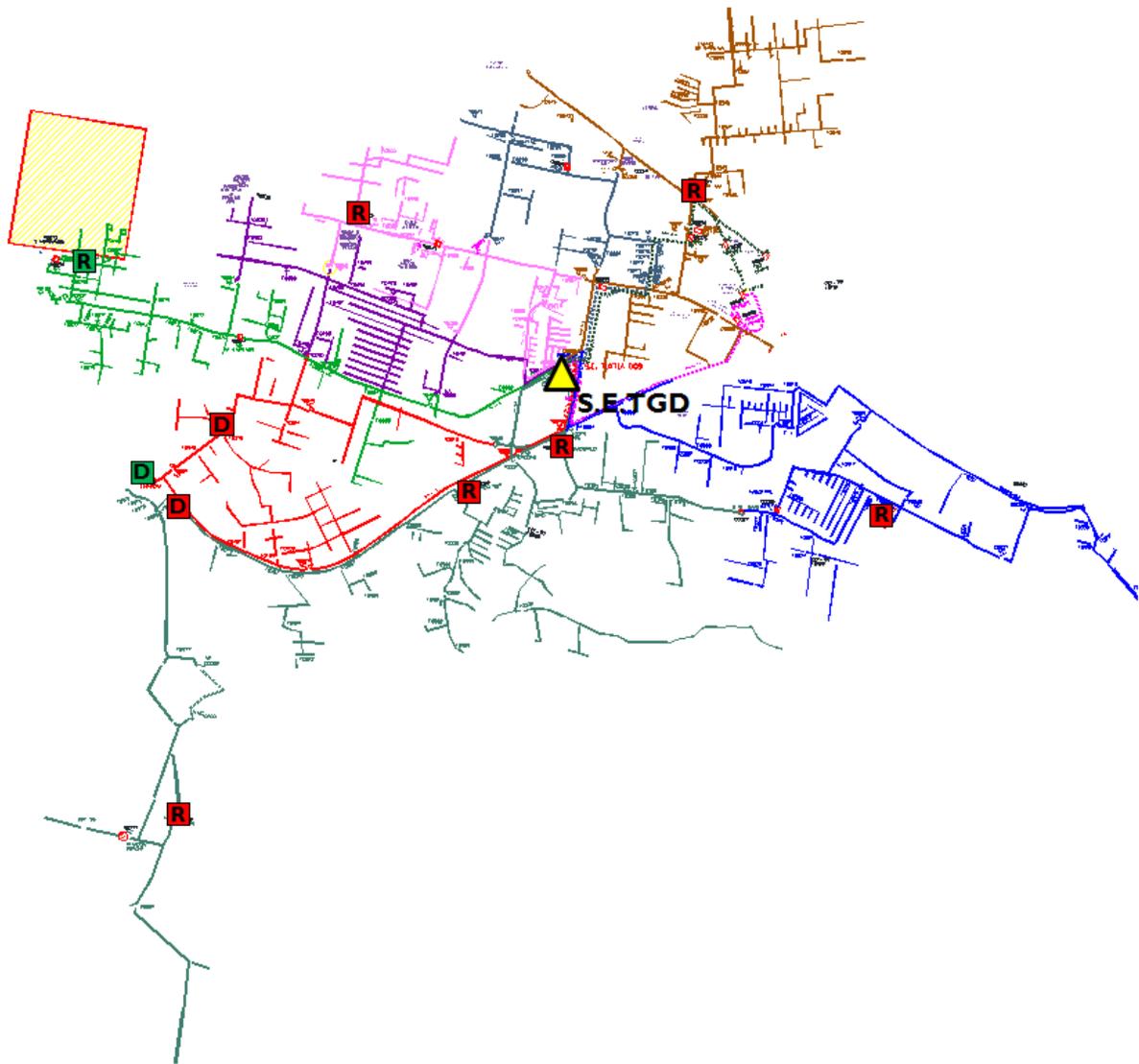
El polígono definido de TGD cuenta con un total de líneas construidas y equipo instalado de:

- 128.4 km en MT
- 167.22 km en BT
- 1038 transformadores de distribución

- 10 EPROSEC (Ver Figura 3.7).



*Figura 3. 6 Condición Actual TGD*



*Figura 3. 7 Condición Actual EPROSEC TGD*

### **Subestación Tuxtla Norte (TXN)**

En la Figura 3.8 se muestra el plano de la condición actual de la subestación Tuxtla Norte, la cual cuenta con dos transformadores de potencia con capacidad de 18/24/30 MVA, 115/13.8KV.

Actualmente, Tuxtla Norte alimenta 9 circuitos, los cuales son:

- TXN-4010
- TXN-4020
- TXN-4030

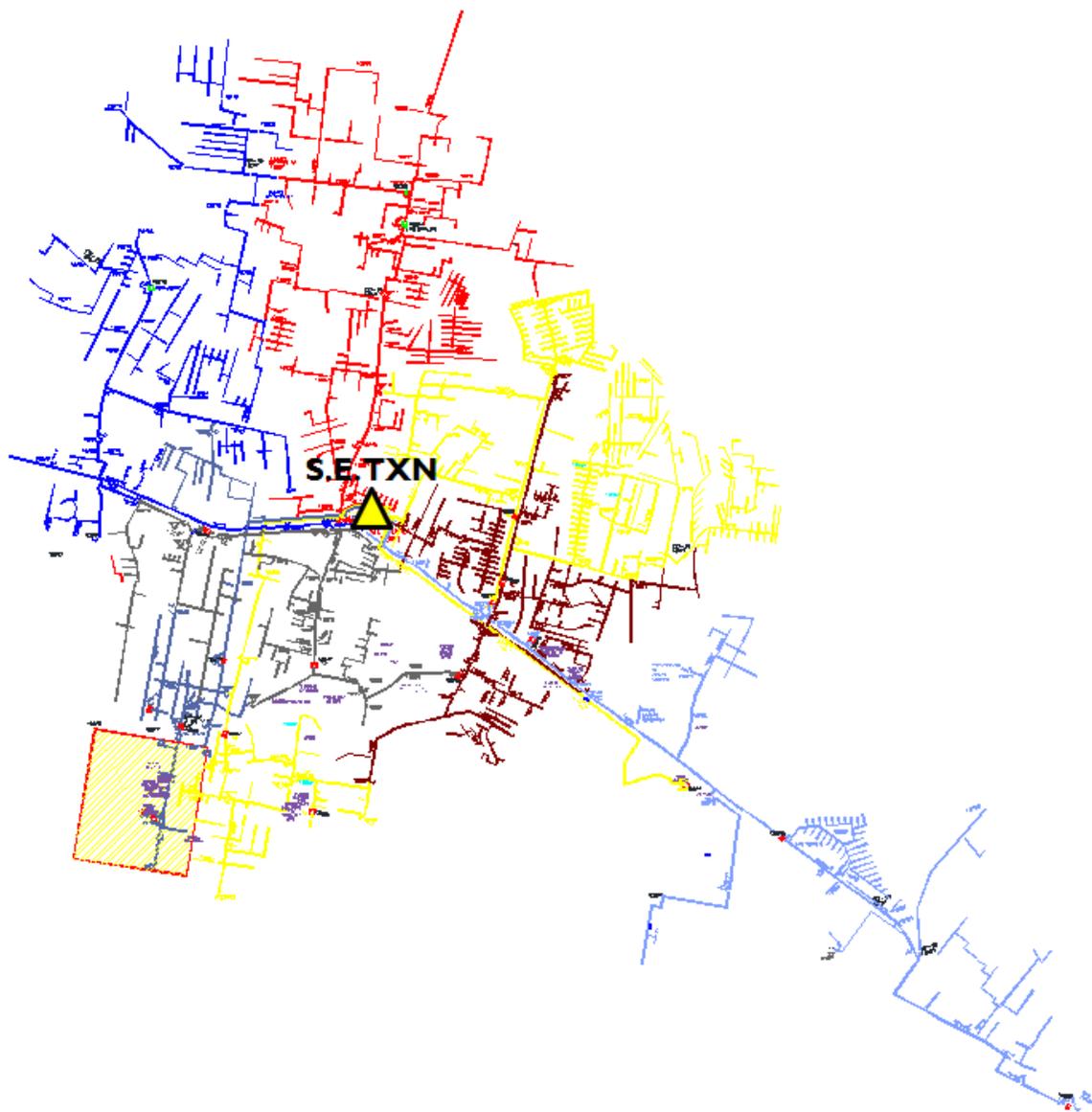
- TXN-4040
- TXN-4050
- TXN-4060
- TXN-4070
- TXN-4080
- TXN-4092

En el polígono de estudio dentro del área de influencia de TXN se analizan 8 circuitos:

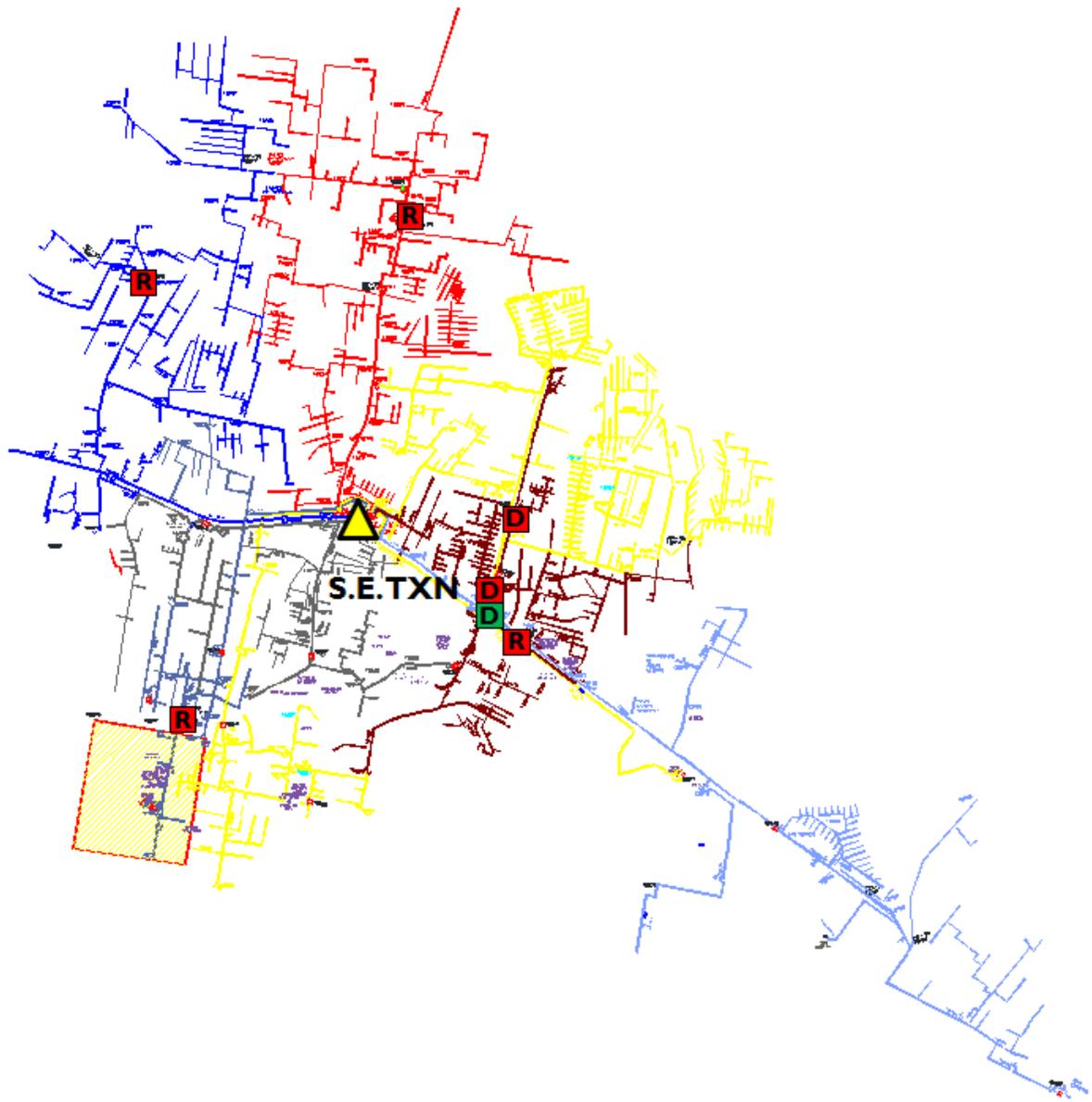
- TXN-4010
- TXN-4020
- TXN-4030
- TXN-4040
- TXN-4050
- TXN-4060
- TXN-4070
- TXN-4080

El polígono definido de TXN cuenta con un total de líneas construidas y equipo instalado de:

- 228.75 km en MT
- 206.301 km en BT
- 1605 transformadores de distribución
- 7 EPROSEC (Ver Figura 3.9).



*Figura 3. 8 Condición Actual TXN*



*Figura 3. 9 Condición Actual EPROSEC TXN*

### **Subestación Mactumatzá (MAA)**

En la Figura 3.10 se muestra el plano de la condición actual de la subestación Mactumatza, la cual cuenta con un transformador de potencia con capacidad de 18/24/30 MVA, 115/13.8 KV.

Actualmente, Mactumatzá alimenta 5 circuitos, los cuales son:

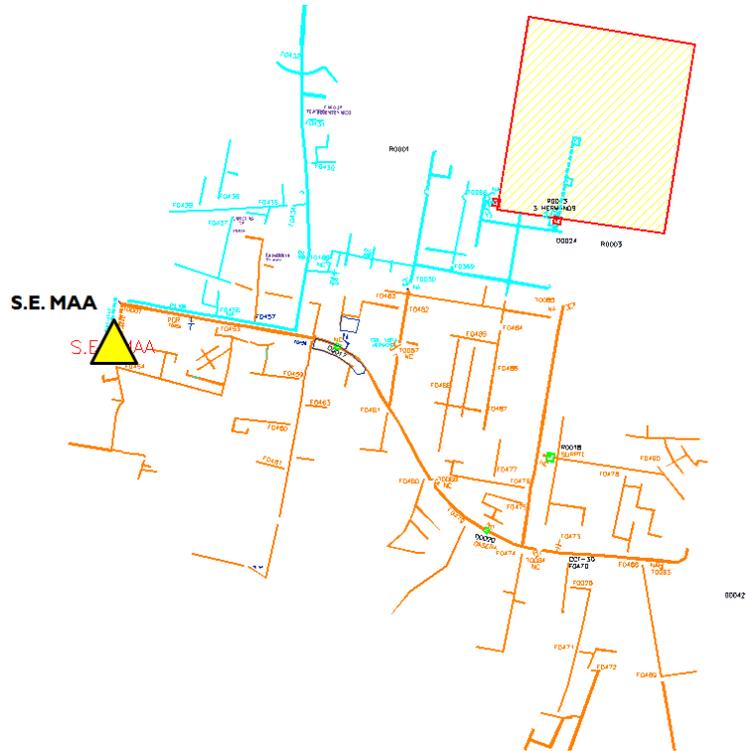
- MAA-4010
- MAA-4020
- MAA-4030
- MAA-4040
- MAA-4050

En el polígono de estudio dentro del área de influencia de MAA se analizan 2 circuitos:

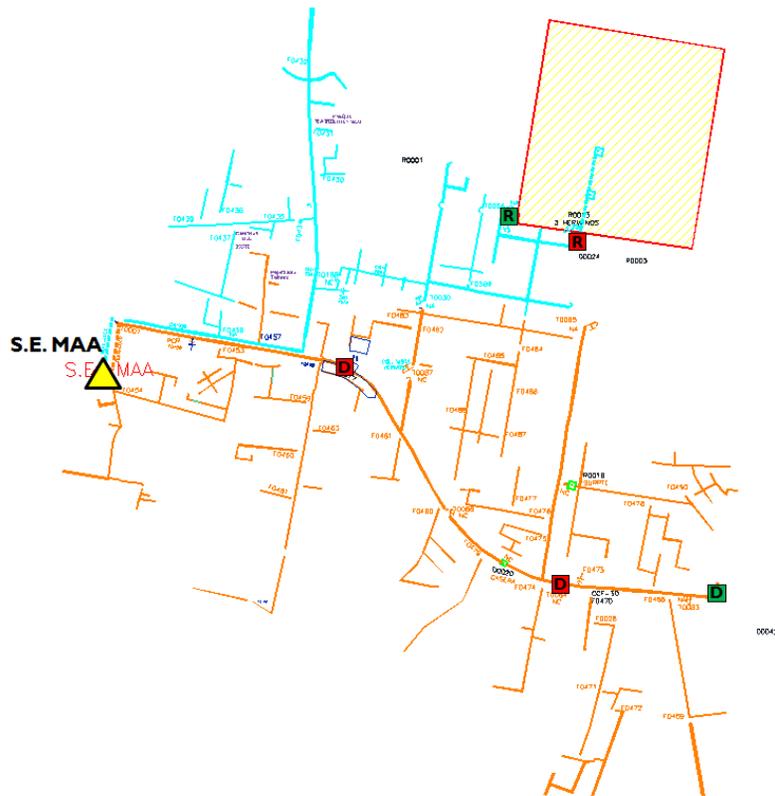
- MAA-4020
- MAA-4040

El polígono definido de MAA cuenta con un total de líneas construidas y equipo instalado de:

- 54.1 km en MT
- 24.66 km en BT
- 155 transformadores de distribución
- 5 EPROSEC (Figura 3.11)



**Figura 3.10** Condición Actual MAA



**Figura 3.11** Condición Actual EPROSEC MAA

### **3.2.2 Propuesta con Plan de Crecimiento y Reordenamiento de la Red General de Distribución**

El criterio empleado para obtener el trazado de la red se basa en una configuración de la RGD llamada en “Tenedor” o en “Árbol”. Lo que se pretende con esta configuración es definir una troncal principal, respetando la condición actual del circuito, pero redefiniendo los lazos o multitroncales, de manera que la trayectoria de la media tensión instalada, solo sea por determinadas zonas por las cuales la media tensión sea realmente necesaria.

La propuesta de modernización y optimización de las RGD, consiste en la instalación de equipo de protección y de seccionamiento (EPROSEC) automático telecontrolado, con el fin de reducir el tiempo del restablecimiento de los circuitos de media tensión con falla, seccionando los tramos fallados de la red en un tiempo menor a 5 minutos, y así no interrumpir el servicio a los usuarios que se encuentran en los lazos sin falla.

Al reducir el tiempo de restablecimiento, se mejora en los indicadores de confiabilidad. Tales indicadores analizan la calidad del servicio en sistemas eléctricos de distribución, asociados a duración y frecuencia de las interrupciones que se puedan presentar. Esto con apoyo de la operación remota desde los Centros de Control de Distribución.

La instalación de EPROSEC consiste en definir un punto de seccionamiento cada 750 y 1000 usuarios. En la zona urbana es aproximadamente a 5 km y 10 km en la zona rural.

En los casos de las subestaciones TGD, TXN y MAA, se proponen nuevos alimentadores, con el fin de balancear la carga, de acuerdo a la demanda con la que estas subestaciones cuentan al analizarse con el PCR.

## Subestación Tuxtla Uno (TGU)



Figura 3. 12 Condición Propuesta con PCR TGU

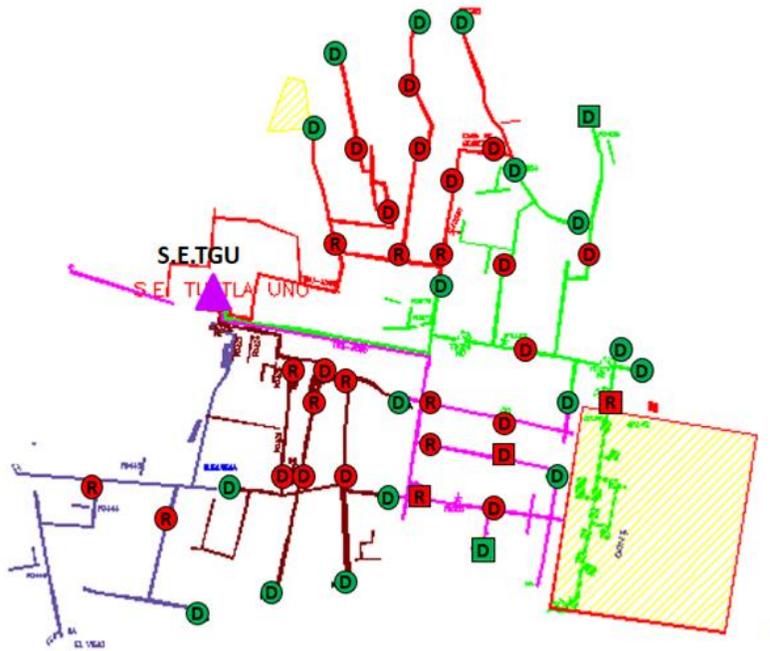


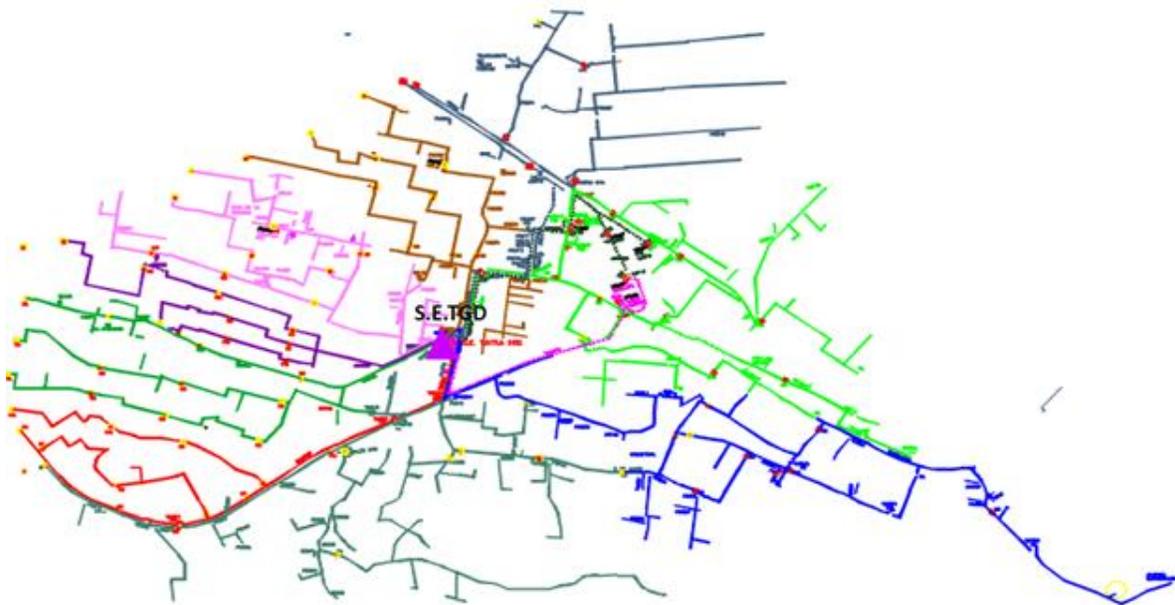
Figura 3. 13 Condición Propuesta de EPROSEC con PCR TGU

En la Figura 3.13 se muestra la condición de EPROSEC con PCR:

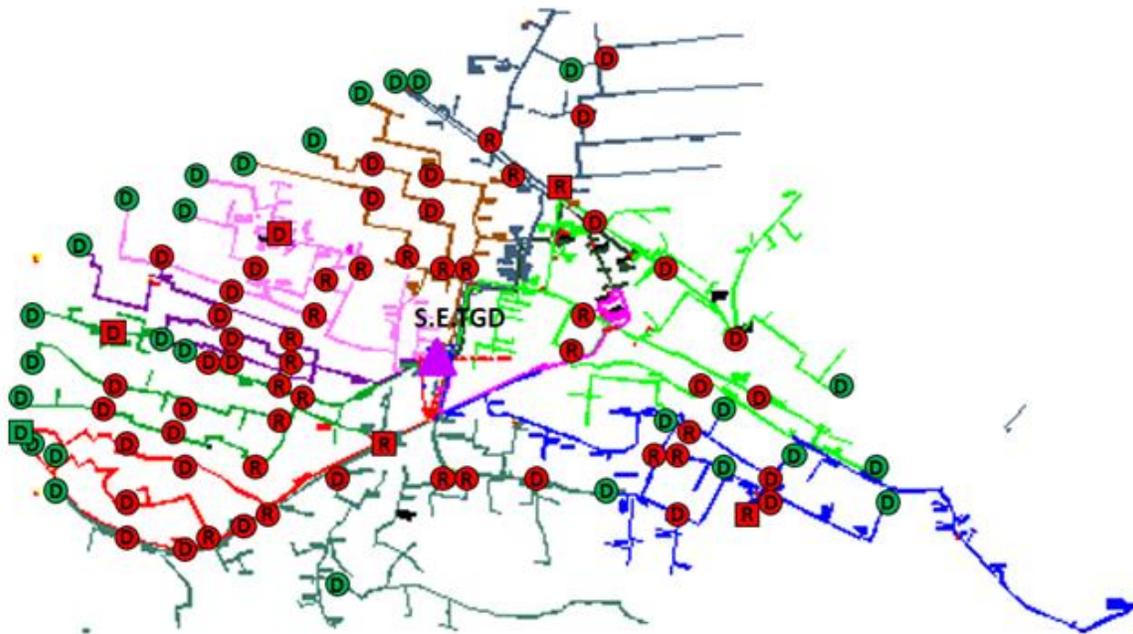
- Para TGU-4050: 6 Desconectadores y 3 Restauradores.
- Para TGU-4060: 10 Desconectadores y 3 Restauradores.
- Para TGU-4070: 9 Desconectadores y 1 Restaurador.
- Para TGU-4080: 8 Desconectadores y 3 Restauradores.

### **Subestación Tuxtla Dos (TGD)**

En el caso de TGD, se propone un nuevo alimentador llamado TGD-4120, al que se le transfiere carga de TGD-4050 y TGD-4060.



*Figura 3.14 Condición Propuesta con PCR TGD*



*Figura 3.15 Condición Propuesta de EPROSEC con PCR TGD*

En la Figura 3.15 se muestra la condición de EPROSEC con PCR:

- Para TGD-4020: 6 Desconectores y 3 Restauradores
- Para TGD-4040: 8 Desconectores y 2 Restauradores
- Para TGD-4050: 10 Desconectores y 4 Restauradores
- Para TGD-4060: 7 Desconectores y 3 Restauradores
- Para TGD-4070: 7 Desconectores y 3 Restauradores
- Para TGD-4080: 7 Desconectores y 3 Restauradores
- Para TGD-4090: 7 Desconectores y 3 Restauradores
- Para TGD-4100: 9 Desconectores y 3 Restauradores
- Para TGD-4120 (Alimentador propuesto): 7 Desconectores y 3 Restauradores

### **Subestación Tuxtla Norte (TXN)**

En la subestación TXN se propone un alimentador llamado TXN-4100, al que se le transfiera carga de TXN-4020 y TXN-4080, de acuerdo a su área de influencia.

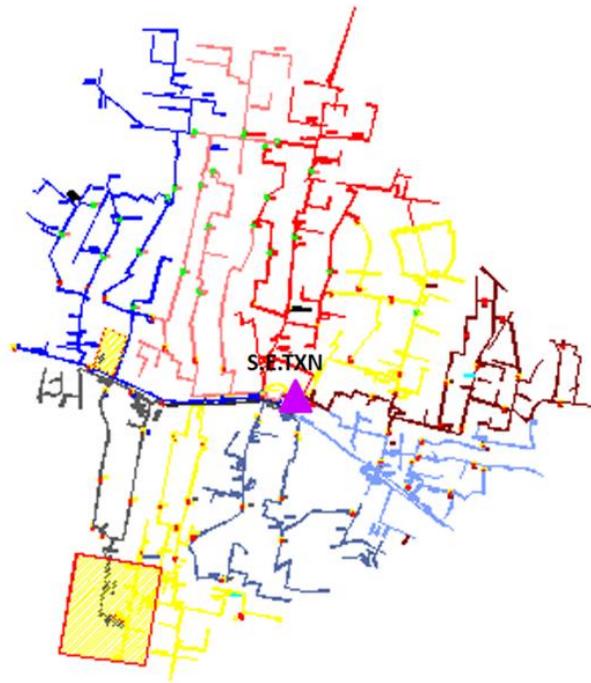


Figura 3.16 Condición Propuesta con PCR TXN

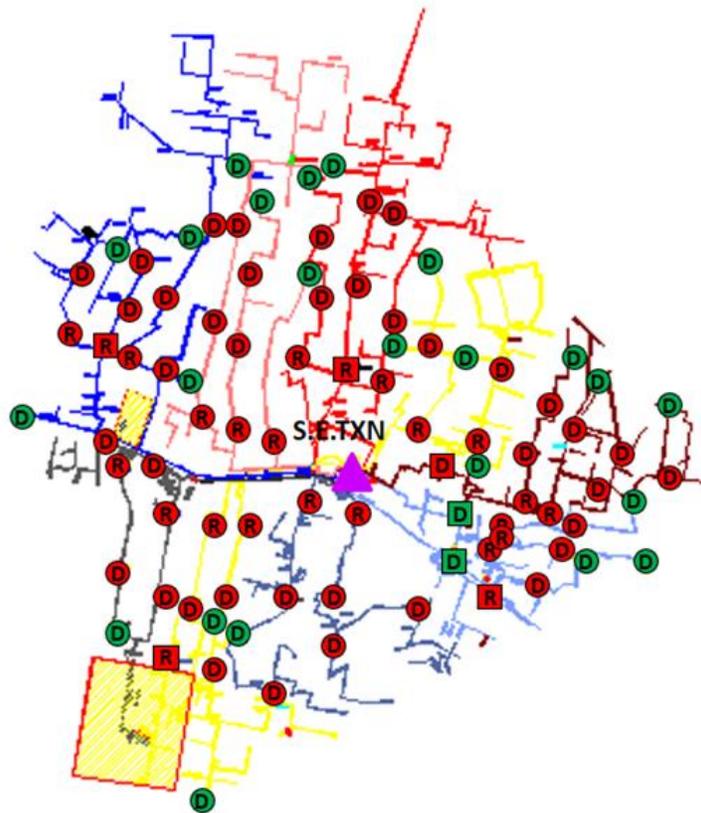


Figura 3.17 Condición Propuesta de EPROSEC con PCR TXN

En la Figura 3.17 se muestra la condición de EPROSEC con PCR:

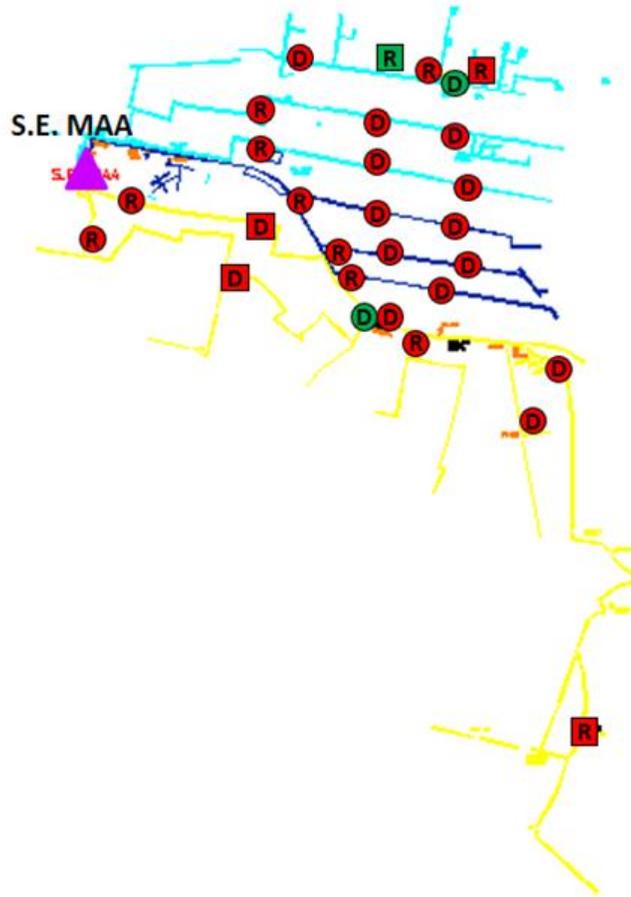
- Para TXN-4010: 11 Desconectadores y 2 Restauradores
- Para TXN-4020: 6 Desconectadores y 3 Restauradores
- Para TXN-4030: 6 Desconectadores y 2 Restauradores
- Para TXN-4040: 5 Desconectadores y 3 Restauradores
- Para TXN-4050: 4 Desconectadores y 3 Restauradores
- Para TXN-4060: 8 Desconectadores y 4 Restauradores
- Para TXN-4070: 5 Desconectadores y 2 Restauradores
- Para TXN-4080: 10 Desconectadores y 3 Restauradores
- Para TXN-4100 (Alimentador propuesto): 7 Desconectadores y 3 Restauradores

### Subestación Mactumatzá (MAA)

En el caso de la Subestación Mactumatzá se propone el alimentador MAA-4060, al que se le transfiere parte de la carga de MAA-4040 y de TGD-4090, de acuerdo al área de influencia del nuevo alimentador.



*Figura 3.18 Condición Propuesta con PCR MAA*



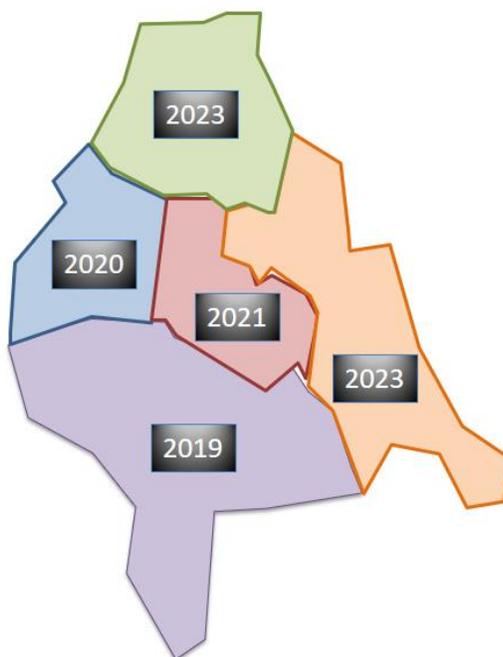
**Figura 3. 19** Condición Propuesta de EPROSEC con PCR MAA

En la Figura 3.19 se muestra la condición de EPROSEC con PCR:

- Para MAA-4020: 6 Desconectadores y 5 Restauradores
- Para MAA-4040: 5 Desconectadores y 3 Restauradores
- Para MAA-4060 (Alimentador Propuesto): 6 Desconectadores y 4 Restauradores

### 3.3 Descripción de los Estudios de Pérdidas

En esta parte del desarrollo se analizan y se comparan las pérdidas, niveles de tensión y demandas. Debido a que el proceso de ejecución está proyectado a 5 años, se presentan dichos estudios en orden de ejecución.



*Figura 3. 20 Plan de Ejecución del PCR a 5 años*

La primera etapa de modernización comprende de 5 circuitos y un nuevo circuito propuesto para el 2019.

- MAA-4020
- MAA-4040
- MAA-4060 (Circuito propuesto)
- TGD-4040
- TGD-4090
- TGD-4100

Source Id	Loss Summary											
	Demand			Load		Gen		kW Loss				
	kW	% pf	Amps	kW	kvar	kW	kvar	Total	%	Line	Tran	Reg
Feeder for Unknown												
MAA04020	5975	94	280	5820	1983	0	0	155	2.59	155	0	0
MAA04040	6790	95	314	6716	3344	0	0	74	1.09	74	0	0
TGDD04040	5729	100	263	5542	711	0	0	187	3.26	187	0	0
TXN04010	5980	99	290	5899	823	0	0	81	1.36	81	0	0
Unknown Totals	25850	98		24788	7021	0	0	497	1.96	497	0	0
Feeder for TGD42010												
TGDD04010 HOSPITAL CIVIL	5214	99	231	5163	681	0	0	51	0.98	51	0	0
TGDD04020 CERRO HUECO	5004	96	267	4932	1388	0	0	72	1.45	72	0	0
TGDD04030 CREA	4439	91	609	4068	1763	0	0	371	8.36	371	0	0
TGD42010 Totals	15243	96		14164	3832	0	0	494	3.37	494	0	0
Feeder for TGD42020												
TGDD04050 CENTRAL DE ABASTOS	4884	99	219	4825	600	0	0	59	1.20	59	0	0
TGDD04060 GUSANO BARRENADOR	5643	99	273	5556	875	0	0	88	1.55	88	0	0
TGDD04070	3944	98	175	3919	855	0	0	26	0.65	26	0	0
TGDD04080 BL.VD. A.A. CORZO 16.OTE	5979	98	280	5917	3425	0	0	62	1.04	62	0	0
TGDD04090 CHEVROLET LIB SUR-S_TR	3755	99	334	4175	2266	0	0	580	12.19	580	0	0
TGD04100	8167	98	373	7869	1176	0	0	238	2.94	238	0	0
Feeder for TGU42010												
TGU04050 PLAZA CRISTAL	4110	97	177	4057	1854	0	0	53	1.29	53	0	0
Feeder for TGU42020												
TGU04060 FERIA CHIAPAS	5421	97	257	5261	1823	0	0	160	2.94	160	0	0

Figura 3. 21 Pérdidas en Condiciones Actuales (Primer Etapa)

Src	Min/Max Metric	Feeder Min / Max							
		Bal/Tot Sect		Phase A Sect		Phase B Sect		Phase C Sect	
		val	val	val	val	val	val	val	
Feeder MAA04020									
	Max loading %	OH_82856	155.62	OH_82856	155.62	OH_82856	134.66	OH_82856	149.54
	Min Volts	OH_83283	96.45	OH_83283	96.45	OH_83281	97.54	OH_83281	96.42
	Max Volt Drop	Section_57243871627	0.96	Section_57243871627	1.03	Section_57243871627	0.77	Section_57243871627	1.08
	Max kW Loss	Section_57243871627	41.02	Section_57243871627	14.65	Section_57243871627	9.78	Section_57243871627	16.58
	Max Volts	Section_57243863322	100.42	Section_57243863322	100.42	Section_57243863322	100.42	Section_57243863322	100.41
Feeder MAA04040									
	Max loading %	OH_1301244	68.36	OH_1301244	64.53	OH_1301244	68.36	OH_1299141	64.54
	Min Volts	OH_83048	98.68	OH_83048	98.98	OH_83051	98.40	OH_83048	98.66
	Max Volt Drop	OH_1301196	0.15	OH_1301244	0.15	OH_1301196	0.18	OH_1301196	0.15
	Max kW Loss	OH_1301244	7.39	OH_1301244	2.74	OH_1301244	3.24	OH_1301244	1.42
	Max Volts	MAA04040	100.83	MAA04040	100.84	MAA04040	100.83	MAA04040	100.83
Feeder TGD04040									
	Max loading %	OH_78816	30.25	OH_78816	30.25	OH_78816	28.73	OH_78816	25.15
	Min Volts	OH_80100	119.82	OH_80100	119.82	OH_78552	119.82	OH_58870805045	120.10
	Max Volt Drop	OH_78236	0.11	OH_1299108	0.13	OH_1299108	0.13	OH_78236	0.13
	Max kW Loss	OH_78236	2.10	OH_1299108	1.00	OH_1299108	0.70	OH_78236	0.72
	Max Volts	OH_1260165	121.20	OH_1260165	121.20	OH_1260165	121.20	OH_1260165	121.21
Feeder TGD04090 CHEVROLET LIB SUR-S_TR									
	Max loading %	OH_1126142	161.68	OH_1126142	161.68	OH_1126142	89.97	OH_1126142	38.83
	Min Volts	OH_1126323	65.84	OH_1125858	64.99	OH_1126269	93.66	OH_1125858	97.18
	Max Volt Drop	OH_1126027	2.06	OH_1126027	4.53	OH_1126142	1.10	OH_1126142	0.65
	Max kW Loss	OH_1126142	78.86	OH_1126142	61.90	OH_1126142	13.28	OH_1126142	3.88
	Max Volts	OH_1257126	101.53	OH_1257126	101.51	OH_1257126	101.53	OH_1257126	101.54
Feeder TGD04100									
	Max loading %	OH_1271687	116.59	OH_1271687	116.59	OH_1271687	113.44	OH_1278895	168.86
	Min Volts	OH_76472	95.86	OH_76472	95.30	OH_76472	95.72	OH_76472	96.57
	Max Volt Drop	OH_76654	0.31	OH_76654	0.37	OH_76654	0.29	OH_76654	0.28
	Max kW Loss	OH_76654	21.68	OH_76654	9.34	OH_76654	6.32	OH_76654	6.02
	Max Volts	OH_1270895	99.95	OH_1270895	99.95	OH_1270895	99.94	OH_1270895	99.97

Figura 3. 22 Porcentaje de caída de tensión por circuito con Condiciones Actuales (Primer Etapa)

Loss Summary												
Source Id	Demand			Load		Gen		kW Loss				
	kW	% pf	Amps	kW	kvar	kW	kvar	Total	%	Line	Tran	Reg
MAA04020	8402	95	375	8412	2764	0	0	102	1.21	102	0	0
MAA04040	4761	98	231	4727	1419	0	0	34	0.71	34	0	0
MAA04060	4695	-100	241	4563	1945	0	0	132	2.81	132	0	0
TGDO4040	2740	99	135	2720	446	0	0	19	0.70	19	0	0
TGDO4080	5868	95	277	5832	1810	0	0	37	0.82	37	0	0
TXND4010	5353	98	249	5264	930	0	0	89	1.66	89	0	0
TXND4070	2989	98	184	2963	543	0	0	26	0.88	26	0	0
Unknown Totals	40607	98		39340	10879	0	0	491	1.24	491	0	0
Feeders for TGD42010												
TGDO4010 HOSPITAL CIVIL	2219	99	98	2210	291	0	0	8	0.38	8	0	0
TGDO4020 CERRO HUECO	5086	99	262	4986	807	0	0	100	1.96	100	0	0
TGDO4030 CREA	4439	91	609	4068	1763	0	0	371	8.35	371	0	0
TGDO4120	7213	99	381	7053	960	0	0	159	2.21	159	0	0
TGD42010 Totals	19434	98		18318	3821	0	0	638	3.37	638	0	0
Feeders for TGD42020												
TGDO4050 CENTRAL DE ABASTOS	3551	98	157	3525	662	0	0	25	0.72	25	0	0
TGDO4060 GUSANO BARRENADOR	6540	95	309	6457	1983	0	0	83	1.26	83	0	0
TGDO4070	2823	99	139	2805	434	0	0	18	0.64	18	0	0
TGDO4080 BLVD AA CORZO 16 OTE	8568	99	405	8461	3663	0	0	108	1.26	108	0	0
TGDO4090 CHEVROLET LIB SUR-S_TR	903	-90	51	900	488	0	0	3	0.32	3	0	0
TGDO4100	4275	99	207	4233	634	0	0	41	0.96	41	0	0
TGD42020 Totals	27109	98		26382	7864	0	0	278	1.04	278	0	0

Figura 3. 23 Pérdidas en Condiciones Propuestas (Primer Etapa)

Feeder Min / Max									
Src	Min/Max Metric	Bal/Tot Sect	val	Phase A Sect	val	Phase B Sect	val	Phase C Sect	val
Feeder MAA04020									
	Max loading %	Section_5887123984	104.59	Section_5887123984	104.59	Section_5887123984	98.75	Section_5887123984	99.54
	Min Volts	OH_75356	117.77	OH_75356	117.55	OH_75356	117.81	OH_75356	117.94
	Max Volt Drop	Section_5887123984	0.64	OH_58871268911	0.67	Section_5887123984	0.63	Section_5887123984	0.62
	Max kW Loss	Section_5887123984	27.75	Section_5887123984	9.99	Section_5887123984	8.68	Section_5887123984	9.09
	Max Volts	Section_57243863322	120.49	Section_57243863322	120.49	Section_57243863322	120.49	Section_57243863322	120.49
Feeder MAA04040									
	Max loading %	OH_1301244	50.26	OH_1301244	50.26	OH_1301244	47.73	OH_1301244	33.57
	Min Volts	CB_31481	119.35	OH_77550	119.66	OH_77550	119.34	OH_77547	120.21
	Max Volt Drop	OH_1301196	0.12	OH_1301196	0.13	OH_1301196	0.15	OH_78377	0.10
	Max kW Loss	OH_1301244	3.51	OH_1301244	1.74	OH_1301244	1.32	OH_1301244	0.45
	Max Volts	MAA04040	121.02	MAA04040	121.02	MAA04040	121.01	MAA04040	121.02
Feeder MAA04060									
	Max loading %	OH_06665	70.53	OH_06665	70.53	OH_06665	72.04	OH_06665	46.57
	Min Volts	OH_1125812	114.76	OH_1125812	114.76	OH_1126344	118.43	OH_1125819	120.87
	Max Volt Drop	OH_1126142	0.99	OH_1126142	1.61	OH_1126142	0.82	OH_1126142	0.53
	Max kW Loss	OH_1126142	17.79	OH_1126142	11.77	OH_1126142	4.56	OH_58870628918	1.56
	Max Volts	MAA04060	123.96	MAA04060	123.95	MAA04060	123.95	OH_58870663025	124.00
Feeder TXND4100									
	Max loading %	OH_58877299847	101.34	OH_58877299847	78.95	OH_58877299847	101.34	OH_58877299847	59.35
	Min Volts	OH_730789	120.29	OH_730742	121.17	OH_730789	120.29	OH_730521	123.91
	Max Volt Drop	OH_58877298146	0.28	OH_58877298146	0.45	OH_58877298146	0.47	OH_58877362564	0.04
	Max kW Loss	OH_58877298146	10.31	OH_58877298146	5.68	OH_58877298146	5.50	OH_839187	0.08
	Max Volts	TXND4100	123.99	TXND4100	123.99	TXND4100	123.98	OH_730812	124.11
Feeder TGD04010 HOSPITAL CIVIL									
	Max loading %	OH_1260149	21.23	OH_1260149	21.23	OH_1260149	20.15	OH_1257386	19.67
	Min Volts	OH_82146	119.75	OH_82146	119.57	OH_82151	119.59	OH_82146	119.99
	Max Volt Drop	OH_82118	0.10	OH_82118	0.13	OH_82118	0.12	OH_1298679	0.04
	Max kW Loss	OH_82118	1.25	OH_82118	0.53	OH_82118	0.52	OH_82118	0.20

Figura 3. 24 Porcentaje de Caída de Tensión por Circuito en Condiciones Propuestas (Primer Etapa)

Para la primera etapa de modernización se alcanza a reducir 5580 kW de la demanda requerida actualmente y se reduce un 15.35 % en el total de pérdidas de los circuitos analizados en esta etapa.

La segunda etapa de modernización comprende de 4 circuitos para el 2020.

- TGU-4050
- TGU-4060
- TGU-4070
- TXN-4050

Source Id	Demand			Load		Loss Summary Gen		kW Loss				
	kW	% pf	Amps	kW	kvar	kW	kvar	Total	%	Line	Tran	Reg
<b>Feeders for TGD42020</b>												
TGD04050 CENTRAL DE ABASTOS	4884	99	219	4825	600	0	0	59	1.20	59	0	0
TGD04060 GUSANO BARRENADOR	5643	99	273	5556	875	0	0	88	1.55	88	0	0
TGD04070	3944	98	175	3919	855	0	0	26	0.65	26	0	0
TGD04080 BLVD AA CORZO 16 OTE	5979	98	280	5917	3425	0	0	62	1.04	62	0	0
TGD04090 CHEVROLET LIB SUR-S_TR	4755	99	334	4175	2266	0	0	580	12.19	580	0	0
TGD04100	8197	98	373	7869	1176	0	0	238	2.94	238	0	0
TGD42020 Totals	33838	98		32261	9196	0	0	1052	3.16	1052	0	0
<b>Feeders for TGU42020</b>												
TGU04050 PLAZA CRISTAL	4110	97	177	4057	1854	0	0	53	1.29	53	0	0
<b>Feeders for TGU42020</b>												
TGU04060 FERIA CHIAPAS	5421	97	257	5261	1823	0	0	160	2.94	160	0	0
TGU04070 CLUB DE LEONES	7360	97	332	7243	1764	0	0	117	1.59	117	0	0
TGU42020 Totals	13182	97		12504	3587	0	0	276	2.16	276	0	0
<b>Feeders for TXN42010</b>												
TXN04020 SUMDERO	7588	99	415	7384	1562	0	0	124	1.65	124	0	0
TXN04030 PALACIO DE GOBIERNO	5884	96	274	5784	1562	0	0	100	1.70	100	0	0
TXN04040 IMSS	4031	97	192	3969	975	0	0	62	1.55	62	0	0
TXN42010 Totals	17832	98		17137	4099	0	0	286	1.64	286	0	0
<b>Feeders for TXN42020</b>												
TXN04050 UNIDAD ADMINISTRATIVA	5212	97	317	5161	1365	0	0	50	0.96	50	0	0
TXN04060 CHAPA DE CORZO	3422	98	291	3360	342	0	0	47	0.60	47	0	0
TXN04080	6424	98	325	6275	1021	0	0	149	2.32	149	0	0
TXN42020 Totals	17898	98		16923	3329	0	0	672	3.84	672	0	0

Figura 3. 25 Pérdidas en Condiciones Actuales (Segunda Etapa)

Min/Max Src	Metric	Feeder Min / Max									
		Bal/Tot		Phase A		Phase B		Phase C			
		Sect	val	Sect	val	Sect	val	Sect	val	Sect	val
<b>Feeder TGU04050 PLAZA CRISTAL</b>											
	Max loading %	CB_29504	102.94	CB_29504	102.87	CB_29504	102.94	CB_29504	102.39		
	Min Volts	OH_83024	98.48	OH_83024	96.36	OH_83024	98.47	OH_92821	98.60		
	Max Volt Drop	OH_83121	0.19	OH_83121	0.22	OH_83121	0.20	OH_83121	0.15		
	Max kW Loss	OH_83121	6.24	OH_83121	2.46	OH_83121	2.31	OH_83121	1.47		
	Max Volts	OH_1259968	100.37	OH_1259968	100.37	OH_1259968	100.37	OH_1259968	100.37		
<b>Feeder TGU04060 FERIA CHIAPAS</b>											
	Max loading %	OH_1297847	121.43	OH_1297847	121.43	OH_1297847	97.50	OH_1297846	116.04		
	Min Volts	CB_31515	93.23	OH_92386	93.22	OH_92386	96.60	OH_92386	95.77		
	Max Volt Drop	OH_79746	0.47	OH_79746	0.61	OH_79746	0.34	OH_79746	0.46		
	Max kW Loss	OH_79746	11.28	OH_79746	5.65	OH_1259979	2.71	OH_79746	3.67		
	Max Volts	OH_81242	100.49	OH_81242	100.41	OH_81242	100.50	OH_81242	100.56		
<b>Feeder TGU04070 CLUB DE LEONES</b>											
	Max loading %	OH_1260075	103.85	OH_1260075	103.85	OH_1298250	98.04	OH_1298250	99.89		
	Min Volts	OH_80217	97.53	OH_80217	97.14	OH_80217	97.63	OH_80217	97.81		
	Max Volt Drop	OH_80514	0.16	OH_80514	0.19	OH_80514	0.14	OH_80514	0.15		
	Max kW Loss	OH_80514	6.75	OH_80514	2.74	OH_1260058	2.35	OH_80514	2.02		
	Max Volts	OH_1322738	100.12	OH_1322738	100.12	OH_1322738	100.12	OH_1322738	100.13		
<b>Feeder TGU04080</b>											
	Max loading %	OH_1260068	10.12	OH_1260068	6.29	OH_1260068	6.29	OH_1260068	10.12		
	Min Volts	OH_83112	100.03	OH_83112	100.03	OH_83229	100.02	OH_83229	100.01		
	Max Volt Drop	OH_1260120	0.01	OH_1260120	0.00	OH_1260120	0.01	OH_83318	0.01		
	Max kW Loss	OH_1260120	0.04	OH_1260120	0.00	OH_1260120	0.01	OH_1260120	0.02		
	Max Volts	OH_1260120	100.04	OH_83229	100.05	OH_1260120	100.04	OH_1260120	100.04		
<b>Feeder TXN04050 UNIDAD ADMINISTRATIVA</b>											
	Max loading %	OH_839797	69.00	OH_839797	69.00	OH_839797	63.21	OH_839797	24.02		
	Min Volts	OH_839451	97.35	OH_839716	97.29	OH_839764	96.85	OH_839673	98.10		
	Max Volt Drop	OH_839665	0.14	OH_839665	0.17	OH_839665	0.22	OH_839665	0.04		
	Max kW Loss	OH_839665	8.12	OH_839665	4.50	OH_839665	3.41	OH_839665	0.20		
	Max Volts	OH_839668	98.49	OH_839668	98.49	OH_839668	98.48	OH_839668	98.51		

Figura 3. 26 Porcentaje de Caída de Tensión por Circuito en Condiciones Actuales (Segunda Etapa)

Source Id	Loss Summary											
	Demand kW	% pf	Amps	Load kW	kvar	Gen kW	kvar	Total	%	kW Loss Line	Tran	Reg
<b>Feeders for TGD42020</b>												
TGD04050 CENTRAL DE ABASTOS	3551	98	157	3525	662	0	0	25	0.72	25	0	0
TGD04060 GUSANO BARRENADOR	6540	95	309	6457	1983	0	0	83	1.26	83	0	0
TGD04070	2823	99	139	2805	434	0	0	18	0.64	18	0	0
TGD04080 BLVD AA CORZO 16 OTE	8568	99	405	8461	3663	0	0	108	1.26	108	0	0
TGD04090 CHEVROLET LIB SUR-S_TR	903	-90	51	900	488	0	0	3	0.32	3	0	0
TGD04100	4275	99	207	4233	634	0	0	41	0.96	41	0	0
TGD42020 Totals	27109	98		26382	7864	0	0	278	1.04	278	0	0
<b>Feeders for TGU42010</b>												
TGU04050 PLAZA CRISTAL	7613	98	328	7393	2409	0	0	109	1.43	109	0	0
<b>Feeders for TGU42020</b>												
TGU04060 FERIA CHIAPAS	3190	95	147	3042	1007	0	0	148	4.65	148	0	0
TGU04070 CLUB DE LEONES	4275	99	214	4240	1309	0	0	35	0.83	35	0	0
TGU42020 Totals	7672	97		7282	2316	0	0	184	2.46	184	0	0
<b>Feeders for TXN42010</b>												
TXN04020 SUMIDERO	5648	99	301	5598	1172	0	0	50	0.89	50	0	0
TXN04030 PALACIO DE GOBIERNO	4757	97	246	3258	724	0	0	60	1.27	60	0	0
TXN04040 IMSS	6891	97	332	8201	2115	0	0	129	1.87	129	0	0
TXN42010 Totals	17672	98		17056	4011	0	0	239	1.38	239	0	0
<b>Feeders for TXN42020</b>												
TXN04050 UNIDAD ADMINISTRATIVA	5275	97	301	5235	1225	0	0	40	0.77	40	0	0
TXN04060 CHIAPA DE CORZO	3703	99	181	3686	523	0	0	18	0.47	18	0	0
TXN04080	3858	99	191	3794	617	0	0	63	1.64	63	0	0
TXN42020 Totals	13066	98		12715	2365	0	0	121	0.95	121	0	0

Figura 3. 27 Pérdidas en Condiciones Propuestas (Segunda Etapa)

Min/Max		Bal/Tot		Phase A		Phase B		Phase C	
Src	Metric	Sect	val	Sect	val	Sect	val	Sect	val
Feeder TGU04060 FERIA CHIAPAS									
	Max loading %	OH_81197	72.62	OH_81197	72.62	OH_81197	64.46	OH_1259979	70.36
	Min Volts	OH_92409	114.17	OH_81036	113.94	OH_81036	114.98	OH_81036	114.40
	Max Volt Drop	OH_1259979	1.21	OH_1259979	1.28	OH_1259979	1.15	OH_1259979	1.20
	Max kW Loss	OH_1259979	32.19	OH_1259979	11.85	OH_1259979	9.50	OH_1259979	10.84
	Max Volts	OH_81242	119.63	OH_81242	119.56	OH_81242	119.69	OH_81242	119.64
Feeder TGU04070 CLUB DE LEONES									
	Max loading %	OH_1260075	80.11	OH_1260075	80.11	OH_1260075	56.44	OH_1322738	69.14
	Min Volts	OH_81149	118.14	OH_81141	118.08	OH_81141	118.88	OH_81141	119.06
	Max Volt Drop	OH_81185	0.19	OH_81185	0.26	OH_81185	0.16	OH_80532	0.15
	Max kW Loss	OH_80532	2.59	OH_80426	1.26	OH_80532	0.63	OH_80532	0.81
	Max Volts	OH_1322738	120.16	OH_1322738	120.15	OH_1322738	120.16	OH_1322738	120.16
Feeder TGU04080									
	Max loading %	OH_5513683673	64.17	OH_5513683673	64.15	OH_5513683673	64.17	OH_5513683673	64.15
	Min Volts	CB_31150	118.56	CB_31150	118.58	CB_31150	118.63	CB_31150	118.47
	Max Volt Drop	OH_83304	0.35	OH_83304	0.34	OH_83304	0.34	OH_83304	0.36
	Max kW Loss	OH_83304	6.10	OH_83304	2.01	OH_83304	2.00	OH_83304	2.09
	Max Volts	OH_1260120	120.01	OH_1260120	120.01	OH_1260120	120.01	OH_1260120	120.01
Feeder TXND4020 SUMIDERO									
	Max loading %	OH_58877822431	93.28	OH_58877822431	93.28	OH_58877822431	87.77	OH_58877822431	74.64
	Min Volts	OH_676591	117.04	OH_676739	116.72	OH_676739	116.92	OH_676738	118.49
	Max Volt Drop	OH_676917	0.27	OH_58877822431	0.32	OH_58877822431	0.32	OH_676917	0.18
	Max kW Loss	OH_58877822431	9.72	OH_58877822431	4.46	OH_58877822431	3.83	OH_676917	1.75
	Max Volts	OH_1260569	120.33	OH_1260569	120.31	OH_1260569	120.31	OH_1260569	120.36
Feeder TXND4020 SUMIDERO									
	Max loading %	OH_730273	102.36	OH_730273	92.59	OH_730273	102.36	OH_730273	65.64
	Min Volts	OH_730631	118.36	OH_730633	118.27	OH_730631	118.36	OH_730700	119.70
	Max Volt Drop	SynF_21	0.12	SynF_21	0.14	SynF_21	0.16	SynF_21	0.06
	Max kW Loss	OH_730273	4.68	SynF_21	1.97	OH_730273	2.11	OH_730273	0.62

Figura 3. 28 Porcentaje de Caída de Tensión por Circuito en Condiciones Propuestas (Segunda Etapa)

Min/Max		Bal/Tot		Phase A		Phase B		Phase C	
Src	Metric	Sect	val	Sect	val	Sect	val	Sect	val
Feeder TXND4020 SUMIDERO									
	Max loading %	OH_730273	102.36	OH_730273	92.59	OH_730273	102.36	OH_730273	65.64
	Min Volts	OH_730631	118.36	OH_730633	118.27	OH_730631	118.36	OH_730700	119.70
	Max Volt Drop	SynF_21	0.12	SynF_21	0.14	SynF_21	0.16	SynF_21	0.06
	Max kW Loss	OH_730273	4.68	SynF_21	1.97	OH_730273	2.11	OH_730273	0.62
	Max Volts	OH_1255751	120.19	OH_1255751	120.17	OH_1255751	120.16	OH_730225	120.25
Feeder TXND4030 PALACIO DE GOBIERNO									
	Max loading %	OH_5887707590	91.97	OH_5887707590	91.97	OH_5887707590	80.51	OH_5887707590	62.74
	Min Volts	OH_81122	115.70	OH_58877115911	115.35	OH_58877115911	115.49	OH_58877115911	116.39
	Max Volt Drop	OH_5887707590	0.27	OH_5887707590	0.34	OH_5887707590	0.33	OH_1301528	0.19
	Max kW Loss	OH_5887707590	8.89	OH_5887707590	4.58	OH_5887707590	3.31	OH_5887707590	1.00
	Max Volts	OH_839189	117.77	OH_839189	117.76	OH_839189	117.76	OH_839189	117.78
Feeder TXND4040 IMSS									
	Max loading %	OH_839436	72.20	OH_839436	72.20	OH_839436	69.45	OH_839319	56.65
	Min Volts	OH_85482	114.62	OH_85426	114.53	OH_85426	114.50	OH_85426	116.09
	Max Volt Drop	OH_839435	0.42	OH_839435	0.49	OH_839435	0.48	OH_839435	0.28
	Max kW Loss	OH_839435	20.60	OH_839435	9.29	OH_839435	7.68	OH_839435	3.63
	Max Volts	OH_839323	118.01	OH_839323	117.99	OH_839323	117.99	OH_839323	118.03
Feeder TXND4050 UNIDAD ADMINISTRATIVA									
	Max loading %	OH_839797	65.43	OH_839668	64.60	OH_839797	65.43	OH_839797	26.52
	Min Volts	OH_839534	116.76	OH_82000	116.99	OH_82000	116.29	OH_82001	117.84
	Max Volt Drop	OH_58876846429	0.16	OH_58876846429	0.16	OH_58876846429	0.27	OH_58876846429	0.05
	Max kW Loss	OH_839796	6.21	OH_839796	2.96	OH_839796	3.16	OH_58876846429	0.14
	Max Volts	OH_839668	118.19	OH_839668	118.19	OH_839668	118.17	OH_839668	118.21

Figura 3. 29. Porcentaje de Caída de Tensión por Circuito en Condiciones Propuestas (Segunda Etapa)

En la segunda etapa se alcanza a reducir con el PCR 1750 kW de la demanda actual y se reduce un 0.9% en el total de pérdidas de los circuitos analizados en esta etapa.

La tercera etapa de modernización comprende de 5 circuitos para el 2021.

- TGD-4060
- TGD-4070
- TGD-4080
- TXN-4030
- TXN-4040

Source Id	Demand			Load		Gen		Loss Summary				
	kW	% pf	Amps	kW	kvar	kW	kvar	Total	%	Line	Tran	Reg
Feeders for TGD42020												
TGD04060 GUSANO BARRENADOR	5643	99	273	5556	875	0	0	88	1.55	88	0	0
TGD04070	3944	98	175	3919	855	0	0	26	0.65	26	0	0
TGD04080 BLVD AA CORZO 16 OTE	5979	98	280	5917	3425	0	0	62	1.04	62	0	0
TGD04100	8107	98	373	7869	1176	0	0	238	2.94	238	0	0
TGD42020 Totals	33838	98		32261	9196	0	0	1052	3.16	1052	0	0
Feeders for TGU42010												
TGU04050 PLAZA CRISTAL	4110	97	177	4057	1854	0	0	53	1.29	53	0	0
Feeders for TGU42020												
TGU04060 FERIA CHIAPAS	5421	97	257	5261	1823	0	0	160	2.94	160	0	0
TGU04070 CLUB DE LEONES	7360	97	332	7243	1764	0	0	117	1.59	117	0	0
TGU42020 Totals	13182	97		12504	3587	0	0	276	2.16	276	0	0
Feeders for TXN42010												
TXN04030 PALACIO DE GOBIERNO	5884	96	274	5784	1562	0	0	100	1.70	100	0	0
TXN04040 IMSS	4031	97	192	3969	975	0	0	62	1.55	62	0	0
TXN42010 Totals	17832	98		17137	4099	0	0	286	1.64	286	0	0
Feeders for TXN42020												
TXN04050 UNIDAD ADMINISTRATIVA	5212	97	317	5161	1365	0	0	50	0.96	50	0	0
TXN04060 CHIAPA DE CORZO	5859	98	281	5386	942	0	0	473	8.08	473	0	0
TXN04080	6424	98	325	6275	1021	0	0	149	2.32	149	0	0
TXN42020 Totals	17898	98		16823	3329	0	0	672	3.84	672	0	0

Figura 3. 30 Pérdidas en Condiciones Actuales (Tercera Etapa)

Min/Max	Src	Metric	Feeder Min / Max											
			Bal/Tot		Phase A		Phase B		Phase C					
			Sect	val	Sect	val	Sect	val	Sect	val				
Feeder TGD04070														
Max loading %		OH_75964	38.02	OH_75964	38.02	OH_75964	38.01	OH_75964	33.50					
Min Volts		OH_76122	99.76	OH_76668	99.43	OH_76122	99.76	OH_00004	100.16					
Max Volt Drop		OH_76486	0.25	OH_76486	0.37	OH_76486	0.22	OH_76486	0.17					
Max kW Loss		OH_76486	8.17	OH_76486	4.36	OH_76486	2.15	OH_76486	1.66					
Max Volts		OH_00011	100.72	OH_00011	100.71	OH_00011	100.72	OH_00011	100.73					
Feeder TGD04080 BLVD AA CORZO 16 OTE														
Max loading %		OH_89131	52.90	OH_89131	52.90	OH_89129	50.20	OH_89129	44.19					
Min Volts		OH_88964	96.47	OH_88961	97.45	OH_88961	96.47	OH_80033	97.86					
Max Volt Drop		OH_89119	0.14	OH_89119	0.09	OH_89119	0.23	OH_89119	0.11					
Max kW Loss		OH_89119	6.67	OH_89119	1.69	OH_89119	3.56	OH_89119	1.42					
Max Volts		OH_89132	98.86	OH_89132	98.86	OH_89132	98.85	OH_89132	98.86					
Feeder TGD04060 GUSANO BARRENADOR														
Max loading %		OH_1257131	85.39	OH_1257131	85.39	OH_1257131	78.21	OH_1257131	61.65					
Min Volts		OH_81801	97.71	OH_82261	98.65	OH_92647	97.63	OH_82210	98.03					
Max Volt Drop		OH_81752	0.15	OH_81752	0.14	OH_81971	0.17	OH_82188	0.23					
Max kW Loss		OH_81971	5.71	OH_81971	2.23	OH_81971	2.52	OH_82188	1.63					
Max Volts		OH_82122	100.77	OH_82122	100.77	OH_82122	100.76	OH_82122	100.77					
Feeder TXN04030 PALACIO DE GOBIERNO														
Max loading %		OH_839041	61.30	OH_839041	61.10	OH_839041	60.78	OH_839041	61.30					
Min Volts		OH_839021	95.64	OH_839021	95.29	OH_839021	95.29	OH_839021	96.35					
Max Volt Drop		OH_839189	0.85	OH_839189	1.04	OH_839189	1.00	OH_839189	0.50					
Max kW Loss		OH_839189	41.00	OH_839189	18.11	OH_839189	16.02	OH_839189	6.87					
Max Volts		OH_839189	97.32	OH_839189	97.13	OH_839189	97.17	OH_839189	97.67					
Feeder TXN04040 IMSS														
Max loading %		OH_839303	65.55	OH_839303	65.55	OH_839303	65.19	OH_839303	54.77					
Min Volts		OH_839265	96.41	OH_839265	96.13	OH_839265	95.98	OH_839265	97.13					
Max Volt Drop		OH_839319	0.23	OH_839319	0.26	OH_839319	0.28	OH_839319	0.14					
Max kW Loss		OH_839319	7.98	OH_839319	3.48	OH_839319	3.27	OH_839319	1.23					
Max Volts		OH_839323	98.36	OH_839323	98.36	OH_839323	98.36	OH_839323	98.38					

Figura 3. 31 Porcentaje de Caída Tensión por Circuito en Condiciones Actuales (Tercera Etapa)

Source Id	Loss Summary											
	Demand kW	Demand % pf	Amps	Load kW	Load kvar	Gen kW	Gen kvar	Total	%	kW Loss Line	Tran	Reg
Feeders for Unknown												
MAA04020	8402	95	375	8412	2764	0	0	102	1.21	102	0	0
MAA04040	4761	98	231	4727	1419	0	0	34	0.71	34	0	0
MAA04060	4695	-100	241	4563	1945	0	0	132	2.81	132	0	0
TXN04100	4911	98	271	4858	1022	0	0	53	1.07	53	0	0
TGD04040	2740	99	135	2720	446	0	0	19	0.70	19	0	0
TGD04080	5868	95	277	5832	1810	0	0	37	0.62	37	0	0
TXN04010	5353	98	249	5264	930	0	0	89	1.66	89	0	0
TXN04070	2989	98	184	2963	543	0	0	26	0.88	26	0	0
Unknown Totals	40607	98		39340	10879	0	0	491	1.24	491	0	0
Feeders for TGD42010												
TGD04010 HOSPITAL CIVIL	2219	99	98	2210	291	0	0	8	0.38	8	0	0
TGD04020 CERRO HUECO	5086	99	262	4986	807	0	0	100	1.96	100	0	0
TGD04030 CREA	4439	91	609	4068	1763	0	0	371	8.35	371	0	0
TGD04120	7213	99	381	7053	960	0	0	159	2.21	159	0	0
TGD42010 Totals	19434	98		18318	3821	0	0	638	3.37	638	0	0
Feeders for TGD42020												
TGD04050 CENTRAL DE ABASTOS	3551	98	157	3525	662	0	0	25	0.72	25	0	0
TGD04060 GUSANO BARRENADOR	6540	95	309	6457	1983	0	0	83	1.26	83	0	0
TGD04070	2823	99	139	2805	434	0	0	18	0.64	18	0	0
TGD04080 BLVD AA CORZO 16 OTE	8568	99	405	8461	3663	0	0	108	1.26	108	0	0
TGD04090 CHEVROLET LIE SUR-S_IR	903	-90	51	900	488	0	0	3	0.32	3	0	0
TGD04100	4275	99	207	4233	634	0	0	41	0.96	41	0	0
TGD42020 Totals	27109	98		26382	7864	0	0	278	1.04	278	0	0

Figura 3. 32 Pérdidas en Condiciones Propuestas (Tercera Etapa)

Source Id	Loss Summary											
	Demand			Load		Gen		kW Loss				
	kW	% pf	Amps	kW	kvar	kW	kvar	Total	%	Line	Tran	Reg
Feeder for TGD42020												
TGD04050 CENTRAL DE ABASTOS	3551	98	157	3525	662	0	0	25	0.72	25	0	0
TGD04060 GUSANO BARRENADOR	6540	95	309	6457	1983	0	0	83	1.26	83	0	0
TGD04070	2623	99	139	2805	434	0	0	18	0.64	18	0	0
TGD04080 BLVD AA CORZO 16 OTE	8568	99	405	8461	3663	0	0	108	1.26	108	0	0
TGD04090 CHEVROLET LIB SUR-S_TR	903	-90	51	900	488	0	0	3	0.32	3	0	0
TGD04100	4275	99	207	4233	634	0	0	41	0.96	41	0	0
TGD42020 Totals	27109	98		26382	7864	0	0	278	1.04	278	0	0
Feeder for TGU42010												
TGU04050 PLAZA CRISTAL	7613	98	328	7393	2409	0	0	109	1.43	109	0	0
Feeder for TGU42020												
TGU04060 FERIA CHIAPAS	3190	95	147	3042	1007	0	0	148	4.65	148	0	0
TGU04070 CLUB DE LEONES	4275	99	214	4240	1309	0	0	35	0.83	35	0	0
TGU42020 Totals	7672	97		7282	2316	0	0	184	2.46	184	0	0
Feeder for TXN42010												
TXN04020 SUMIDERO	5648	99	301	5598	1172	0	0	50	0.89	50	0	0
TXN04030 PALACIO DE GOBIERNO	4757	97	246	3258	724	0	0	60	1.27	60	0	0
TXN04040 IMSS	6891	97	332	8201	2115	0	0	129	1.87	129	0	0
TXN42010 Totals	17396	98		17056	4011	0	0	239	1.30	239	0	0
Feeder for TXN42020												
TXN04050 UNIDAD ADMINISTRATIVA	5275	97	301	5235	1225	0	0	40	0.77	40	0	0
TXN04060 CHIAPA DE CORZO	3703	99	181	3686	523	0	0	18	0.47	18	0	0
TXN04080	3858	99	191	3794	617	0	0	63	1.64	63	0	0
TXN42020 Totals	13066	98		12715	2385	0	0	121	0.95	121	0	0

Figura 3. 33 Pérdidas en Condiciones Propuestas (Tercera Etapa)

Min/Max	Src	Metric	Bal/Tot		Phase A		Phase B		Phase C	
			Sect	val	Sect	val	Sect	val	Sect	val
Feeder TGDO4050 CENTRAL DE ABASTOS										
Max loading %			OH_1257644	49.14	OH_1257644	49.14	OH_1257644	44.49	OH_1257627	46.61
Min Volts			OH_82064	119.05	OH_82064	118.72	OH_82064	119.23	OH_82064	119.19
Max Volt Drop			OH_1257637	0.09	OH_80868	0.11	OH_1257637	0.09	OH_80868	0.09
Max kW Loss			OH_1257637	2.07	OH_1257637	0.82	OH_1257637	0.72	OH_80868	0.54
Max Volts			OH_82156	120.40	OH_82156	120.39	OH_82156	120.40	OH_82156	120.41
Feeder TGDO4060 GUSANO BARRENADOR										
Max loading %			OH_1257131	96.64	OH_1257131	92.82	OH_1257131	96.64	OH_1257131	78.48
Min Volts			OH_839556	118.50	OH_839556	118.34	OH_839556	117.93	OH_839556	119.24
Max Volt Drop			OH_82163	0.29	OH_82163	0.32	OH_82163	0.40	SynF_42	0.17
Max kW Loss			OH_82163	11.49	OH_82163	4.78	OH_82163	5.65	SynF_42	2.03
Max Volts			OH_82122	120.92	OH_82122	120.91	OH_82122	120.91	OH_82122	120.92
Feeder TGDO4070										
Max loading %			OH_58871515014	43.38	OH_58871515014	34.39	OH_58871515014	43.38	OH_58871515014	33.51
Min Volts			OH_75171	119.52	OH_75171	119.38	OH_75171	119.39	OH_75171	119.79
Max Volt Drop			OH_58871515014	0.44	OH_58871515014	0.54	OH_58871515014	0.51	OH_58871515014	0.28
Max kW Loss			OH_58871515014	8.94	OH_58871515014	3.57	OH_58871515014	3.85	OH_58871515014	1.51
Max Volts			OH_00011	120.87	OH_00011	120.87	OH_00011	120.87	OH_00011	120.88
Feeder TGDO4080 BLVD AA CORZO 16 OTE										
Max loading %			OH_5887583852	116.17	OH_5887583852	116.17	OH_5887583852	100.90	OH_5887583852	91.19
Min Volts			OH_89044	116.16	OH_89044	116.08	OH_89044	115.89	OH_89044	116.51
Max Volt Drop			OH_89119	0.15	OH_76658	0.16	OH_89119	0.22	OH_58875875613	0.16
Max kW Loss			OH_89119	8.87	OH_76658	3.49	OH_89119	3.99	OH_89119	2.49
Max Volts			OH_89132	118.61	OH_89132	118.61	OH_89132	118.62	OH_89132	118.62
Feeder TGDO4090 BLVD AA CORZO 16 OTE										
Max loading %			OH_1257126	16.06	OH_1257126	16.06	OH_1257126	9.65	OH_1257126	13.75
Min Volts			OH_1125715	121.68	OH_1125716	121.69	OH_1125715	121.68	OH_1125718	121.84
Max Volt Drop			OH_1126476	0.01	OH_1126207	0.02	OH_1126476	0.02	OH_1126476	0.01
Max kW Loss			OH_1126183	0.31	OH_1126207	0.13	OH_1126183	0.09	OH_1126183	0.12

Figura 3. 34 Porcentaje de Caída de Tensión por Circuito en Condiciones Propuestas (Tercera Etapa)

Min/Max	Src	Metric	Bal/Tot		Phase A		Phase B		Phase C	
			Sect	val	Sect	val	Sect	val	Sect	val
Feeder TXND4020 SUMIDERO										
Max loading %			OH_730273	102.36	OH_730273	92.59	OH_730273	102.36	OH_730273	65.64
Min Volts			OH_730631	118.36	OH_730633	118.27	OH_730631	118.36	OH_730700	119.70
Max Volt Drop			SynF_21	0.12	SynF_21	0.14	SynF_21	0.16	SynF_21	0.06
Max kW Loss			OH_730273	4.68	SynF_21	1.97	OH_730273	2.11	OH_730273	0.62
Max Volts			OH_1301528	120.12	OH_1301528	120.12	OH_1301528	120.12	OH_730273	120.25
Feeder TXND4030 PALACIO DE GOBIERNO										
Max loading %			OH_5887707590	91.97	OH_5887707590	91.97	OH_5887707590	80.51	OH_5887707590	62.74
Min Volts			OH_81122	115.70	OH_58877115911	115.35	OH_58877115911	115.49	OH_58877115911	116.39
Max Volt Drop			OH_5887707590	0.27	OH_5887707590	0.34	OH_5887707590	0.33	OH_1301528	0.19
Max kW Loss			OH_5887707590	8.89	OH_5887707590	4.58	OH_5887707590	3.31	OH_5887707590	1.00
Max Volts			OH_839189	117.77	OH_839189	117.76	OH_839189	117.76	OH_839189	117.78
Feeder TXND4040 IMSS										
Max loading %			OH_839436	72.20	OH_839436	72.20	OH_839436	69.45	OH_839319	56.65
Min Volts			OH_85482	114.62	OH_85426	114.53	OH_85426	114.50	OH_85426	116.09
Max Volt Drop			OH_839435	0.42	OH_839435	0.49	OH_839435	0.48	OH_839435	0.28
Max kW Loss			OH_839435	20.60	OH_839435	9.29	OH_839435	7.68	OH_839435	3.63
Max Volts			OH_839323	118.01	OH_839323	117.99	OH_839323	117.99	OH_839323	118.01
Feeder TXND4050 UNIDAD ADMINISTRATIVA										
Max loading %			OH_839797	65.43	OH_839668	64.60	OH_839797	65.43	OH_839797	26.52
Min Volts			OH_839534	116.76	OH_82000	116.99	OH_82000	116.29	OH_82001	117.84
Max Volt Drop			OH_58876846429	0.16	OH_58876846429	0.16	OH_58876846429	0.27	OH_58876846429	0.05
Max kW Loss			OH_839796	6.21	OH_839796	2.96	OH_839796	3.16	OH_58876846429	0.14
Max Volts			OH_839668	118.19	OH_839668	118.19	OH_839668	118.17	OH_839668	118.21

Figura 3. 35 Porcentaje de Caída de Tensión por Circuito en Condiciones Propuestas (Tercera Etapa)

En la tercera etapa se aumenta la demanda con el PCR 4098 kW de la demanda actual, pero se reduce un 0.19% en el total de pérdidas de los circuitos analizados en esta etapa.

La cuarta etapa de modernización comprende de 4 circuitos y la propuesta de un nuevo circuito para el 2022.

- TXN-4060
- TXN-4010
- TGD-4020
- TGD-4050
- TGD-4120 (Circuito propuesto)

Source Id	Demand			Load		Loss Summary Gen		kW Loss				
	kW	% pf	Amps	kW	kvar	kW	kvar	Total	%	Line	Tran	Reg
Feeder for TGD42020												
TGD04050 CENTRAL DE ABASTOS	4884	99	219	4825	600	0	0	59	1.20	59	0	0
TGD04060 GUSANO BARRENADOR	5643	99	273	5556	875	0	0	88	1.55	88	0	0
TGD04070	3944	98	175	3919	855	0	0	26	0.65	26	0	0
TGD04080 BLVD AA CORZO 16 OTE	5979	98	280	5917	3425	0	0	62	1.04	62	0	0
TGD04090 CHEVROLET LIB SUR-S_TR	4755	99	334	4175	2266	0	0	580	12.19	580	0	0
TGD04100	8107	98	373	7869	1176	0	0	238	2.94	238	0	0
TGD42020 Totals	33838	98		32261	9196	0	0	1052	3.16	1052	0	0
Feeder for TGU42010												
TGU04050 PLAZA CRISTAL	4110	97	177	4057	1854	0	0	53	1.29	53	0	0
Feeder for TGU42020												
TGU04060 FERIA CHIAPAS	5421	97	257	5261	1823	0	0	160	2.94	160	0	0
TGU04070 CLUB DE LEONES	7360	97	332	7243	1764	0	0	117	1.59	117	0	0
TGU42020 Totals	13182	97		12504	3587	0	0	276	2.16	276	0	0
Feeder for TXN42010												
TXN04020 SUMIDERO	7508	99	415	7384	1562	0	0	124	1.65	124	0	0
TXN04030 PALACIO DE GOBIERNO	5884	96	274	5784	1562	0	0	100	1.70	100	0	0
TXN04040 IMSS	4031	97	192	3969	975	0	0	62	1.55	62	0	0
TXN42010 Totals	17832	98		17137	4099	0	0	286	1.64	286	0	0
Feeder for TXN42020												
TXN04060 CHIAPA DE CORZO	5859	98	281	5386	942	0	0	473	8.08	473	0	0
TXN42020 Totals	17898	98		16823	3329	0	0	672	3.84	672	0	0

Figura 3. 36 Pérdidas en Condiciones Actuales (Cuarta Etapa)

Source Id	Demand			Load		Gen		Loss Summary				
	kW	% pf	Amps	kW	kvar	kW	kvar	Total	%	kW Loss Line	Tran	Reg
Feeders for Unknown												
MAA04020	5975	94	280	5820	1983	0	0	155	2.59	155	0	0
MAA04040	6790	95	314	6716	3344	0	0	74	1.09	74	0	0
TGD04040	5729	100	263	5542	711	0	0	187	3.26	187	0	0
TXN04010	5980	99	290	5899	823	0	0	81	1.36	81	0	0
Feeders for TGD42010												
TGD04020 CERRO HUECO	5004	96	267	4932	1388	0	0	72	1.45	72	0	0
TGD42010 Totals	15243	96		14164	3832	0	0	494	3.37	494	0	0
Feeders for TGD42020												
TGD04050 CENTRAL DE ABASTOS	4884	99	219	4825	600	0	0	59	1.20	59	0	0
TGD04060 GUSANO BARRINADOR	5643	99	273	5556	875	0	0	88	1.55	88	0	0
TGD04070	3944	98	175	3919	855	0	0	26	0.65	26	0	0
TGD04080 BLVD AA CORZO 16 OTE	5979	98	280	5917	3425	0	0	62	1.04	62	0	0
TGD04090 CHEVROLET LIB SUR-S_TR	4755	99	334	4175	2266	0	0	580	12.19	580	0	0
TGD04100	8107	98	373	7869	1176	0	0	238	2.94	238	0	0
TGD42020 Totals	33838	98		32261	9196	0	0	1052	3.16	1052	0	0
Feeders for TGU42010												
TGU04050 PLAZA CRISTAL	4110	97	177	4057	1854	0	0	53	1.29	53	0	0
Feeders for TGU42020												
TGU04060 FERIA CHIAPAS	5421	97	257	5261	1823	0	0	160	2.94	160	0	0

Figura 3. 37 Pérdidas en Condiciones Actuales (Cuarta Etapa)

Feeder TXN04060 CHIAPA DE CORZO								
Max loading %	CB_30888	244.36	CB_30888	242.78	CB_30888	244.36	CB_30888	166.47
Min Volts	OH_81936	91.02	OH_1299340	90.92	OH_1299340	89.93	OH_1299340	94.41
Max Volt Drop	OH_1301541	2.18	OH_1301541	2.45	OH_1301541	2.60	OH_1301541	1.51
Max kW Loss	OH_1301541	129.22	OH_1301541	53.49	OH_1301541	54.07	OH_1301541	21.66
Max Volts	OH_1301546	98.57	OH_1301546	98.30	OH_1301546	98.15	OH_1301546	99.24
Feeder TXN04010								
Max loading %	OH_677310	91.17	OH_677310	91.17	OH_677310	86.88	OH_677311	64.65
Min Volts	OH_677202	97.91	OH_82000	98.59	OH_677202	97.91	OH_677404	99.17
Max Volt Drop	OH_677316	0.16	OH_677316	0.17	OH_677316	0.23	OH_677456	0.10
Max kW Loss	OH_677316	8.85	OH_677316	3.78	OH_677316	3.93	OH_677456	1.34
Feeder TGD04050 CENTRAL DE ABASTOS								
Max loading %	OH_1299193	69.81	OH_1299193	69.81	OH_1257644	60.64	OH_1299191	63.63
Min Volts	OH_82124	98.66	OH_82124	98.10	OH_82124	99.14	OH_79792	98.70
Max Volt Drop	OH_80868	0.12	OH_80868	0.17	OH_1257637	0.09	OH_80868	0.14
Max kW Loss	OH_80868	4.22	OH_80868	1.97	OH_1257637	1.25	OH_80868	1.56
Max Volts	OH_82156	100.33	OH_82156	100.32	OH_82156	100.33	OH_82156	100.33
Feeder TGD04020 CERRO HUECO								
Max loading %	CB_28348	99.91	CB_28348	99.91	CB_28353	79.79	CB_28353	68.50
Min Volts	OH_81999	97.00	OH_81999	96.50	OH_81999	96.93	OH_81999	97.57
Max Volt Drop	OH_82169	0.19	OH_82169	0.20	OH_82169	0.24	OH_82169	0.12
Max kW Loss	OH_82169	6.56	OH_82169	2.61	OH_82169	2.87	SynF_22	1.23
Max Volts	CB_28337	98.97	CB_28337	98.95	CB_28337	98.98	CB_28337	98.98

Figura 3. 38 Porcentaje de Caída de Tensión por Circuito en Condiciones Actuales (Cuarta Etapa)

Source Id	Demand			Load		Gen		Loss Summary				
	kW	% pf	Amps	kW	kvar	kW	kvar	Total	%	kW Loss Line	Tran	Reg
Feeder for Unknown												
MAA04020	8402	95	375	8412	2764	0	0	102	1.21	102	0	0
MAA04040	4761	98	231	4727	1419	0	0	34	0.71	34	0	0
MAA04060	4695	-100	241	4563	1945	0	0	132	2.81	132	0	0
TXN04100	4911	98	271	4858	1022	0	0	53	1.07	53	0	0
TGD04040	2740	99	135	2720	446	0	0	19	0.70	19	0	0
TGU04080	5868	95	277	5832	1810	0	0	37	0.62	37	0	0
TXN04010	5353	98	249	5264	930	0	0	89	1.66	89	0	0
TXN04070	2989	98	184	2963	543	0	0	26	0.88	26	0	0
Unknown Totals	40607	98		39340	10879	0	0	491	1.24	491	0	0
Feeder for TGD42010												
TGD04010 HOSPITAL CIVIL	2219	99	98	2210	291	0	0	8	0.38	8	0	0
TGD04020 CERRO HUECO	5086	99	262	4986	807	0	0	100	1.96	100	0	0
TGD04030 CREA	4439	91	609	4068	1763	0	0	371	8.35	371	0	0
TGD04120	7213	99	381	7053	960	0	0	159	2.21	159	0	0
TGD42010 Totals	19434	98		18516	3021	0	0	636	3.37	636	0	0
Feeder for TGD42020												
TGD04050 CENTRAL DE ABASTOS	3551	98	157	3525	662	0	0	25	0.72	25	0	0
TGD04060 GUSANO BARRENADOR	6540	95	309	6457	1983	0	0	83	1.26	83	0	0
TGD04070	2823	99	139	2805	434	0	0	18	0.64	18	0	0
TGD04080 BLVD AA CORZO 16 OTE	8568	99	405	8461	3663	0	0	108	1.26	108	0	0
TGD04090 CHEVROLET LIB SUR-S_TR	903	-90	51	900	488	0	0	3	0.32	3	0	0
TGD04100	4275	99	207	4233	634	0	0	41	0.96	41	0	0
TGD42020 Totals	27109	98		26382	7864	0	0	278	1.04	278	0	0

Figura 3. 39 Pérdidas en Condiciones Propuestas (Cuarta Etapa)

Source Id	Demand			Load		Gen		Loss Summary				
	kW	% pf	Amps	kW	kvar	kW	kvar	Total	%	kW Loss Line	Tran	Reg
Feeder for TGD42020												
TGD04050 CENTRAL DE ABASTOS	3551	98	157	3525	662	0	0	25	0.72	25	0	0
TGD04060 GUSANO BARRENADOR	6540	95	309	6457	1983	0	0	83	1.26	83	0	0
TGD04070	2823	99	139	2805	434	0	0	18	0.64	18	0	0
TGD04080 BLVD AA CORZO 16 OTE	8568	99	405	8461	3663	0	0	108	1.26	108	0	0
TGD04090 CHEVROLET LIB SUR-S_TR	903	-90	51	900	488	0	0	3	0.32	3	0	0
TGD04100	4275	99	207	4233	634	0	0	41	0.96	41	0	0
TGD42020 Totals	27109	98		26382	7864	0	0	278	1.04	278	0	0
Feeder for TGU42010												
TGU04050 PLAZA CRISTAL	7613	98	328	7393	2409	0	0	109	1.43	109	0	0
Feeder for TGU42020												
TGU04060 FERIA CHIAPAS	3190	95	147	3042	1007	0	0	148	4.65	148	0	0
TGU04070 CLUB DE LEONES	4275	99	214	4240	1309	0	0	35	0.83	35	0	0
TGU42020 Totals	7672	97		7282	2316	0	0	184	2.46	184	0	0
Feeder for TXN42010												
TXN04020 SUMIDERO	5648	99	301	5598	1172	0	0	50	0.89	50	0	0
TXN04030 PALACIO DE GOBIERNO	4757	97	246	3258	724	0	0	60	1.27	60	0	0
TXN04040 IMSS	6891	97	332	6201	2115	0	0	129	1.87	129	0	0
TXN42010 Totals	17672	98		17056	4011	0	0	239	1.38	239	0	0
Feeder for TXN42020												
TXN04050 UNIDAD ADMINISTRATIVA	5275	97	301	5235	1225	0	0	40	0.77	40	0	0
TXN04060 CHIAPA DE CORZO	3703	99	181	3686	523	0	0	18	0.47	18	0	0
TXN42020 Totals	13066	98		12715	2365	0	0	121	0.95	121	0	0

Figura 3. 40 Pérdidas en Condiciones Propuestas (Cuarta Etapa)

Min/Max Src	Metric	Bal/Tot		Phase A		Phase B		Phase C	
		Sect	val	Sect	val	Sect	val	Sect	val
Feeder TGD04010 HOSPITAL CIVIL									
	Max loading %	OH_1260149	21.23	OH_1260149	21.23	OH_1260149	20.15	OH_1257386	19.67
	Min Volts	OH_82146	119.75	OH_82146	119.57	OH_82151	119.59	OH_82146	119.99
	Max Volt Drop	OH_82118	0.10	OH_82118	0.13	OH_82118	0.12	OH_1298679	0.04
	Max kW Loss	OH_82118	1.25	OH_82118	0.53	OH_82118	0.52	OH_82118	0.20
Feeder TGD04020 CERRO HUECO									
	Max loading %	CB_28348	98.07	CB_28348	98.07	CB_28353	80.71	CB_28353	67.54
	Min Volts	OH_81801	115.07	OH_82261	115.67	OH_92647	114.97	OH_82210	115.29
	Max Volt Drop	SynF_58876343328	0.39	SynF_58876343328	0.33	SynF_58876343328	0.49	SynF_58876343328	0.35
	Max kW Loss	SynF_58876343328	13.32	SynF_58876343328	4.32	SynF_58876343328	5.48	SynF_58876343328	3.52
	Max Volts	CB_28337	118.77	CB_28337	118.75	CB_28337	118.78	CB_28337	118.78
Feeder TGD04030 CREA									
	Max loading %	CB_30876	228.31	CB_30876	228.31	CB_30864	1.04	CB_30864	1.04
	Min Volts	CB_30876	119.58	CB_30876	109.55	CB_30864	121.36	CB_30864	121.32
	Max Volt Drop	CB_30867	0.20	CB_30867	1.70	CB_30883	-0.00	CB_30883	-0.00
	Max kW Loss	CB_30867	54.99	CB_30867	54.98	CB_30867	0.11	CB_30877	0.00
	Max Volts	CB_30864	120.85	CB_30864	119.85	CB_30876	124.94	CB_30876	124.51
Feeder TGD04040									
	Max loading %	OH_78816	30.25	OH_78816	30.25	OH_78816	28.73	OH_78816	25.15
	Min Volts	OH_80100	119.92	OH_80100	119.92	OH_78552	119.82	OH_58870805045	120.10
	Max Volt Drop	OH_78236	0.11	OH_1299108	0.13	OH_1299108	0.13	OH_78236	0.13
	Max kW Loss	OH_78236	2.10	OH_1299108	1.00	OH_1299108	0.70	OH_78236	0.72
	Max Volts	OH_1260165	121.20	OH_1260165	121.20	OH_1260165	121.20	OH_1260165	121.21
Feeder TGD04050 CENTRAL DE ABASTOS									
	Max loading %	OH_1257644	49.14	OH_1257644	49.14	OH_1257644	44.49	OH_1257627	46.61
	Min Volts	OH_82064	119.05	OH_82064	118.72	OH_82064	119.23	OH_82064	119.19
	Max Volt Drop	OH_1257637	0.09	OH_80868	0.11	OH_1257637	0.09	OH_80868	0.09
	Max kW Loss	OH_1257637	2.07	OH_1257637	0.82	OH_1257637	0.72	OH_80868	0.54

Figura 3. 41 Porcentaje de Caída de Tensión por Circuito en Condiciones Propuestas (Cuarta Etapa)

Min/Max Src	Metric	Bal/Tot		Phase A		Phase B		Phase C	
		Sect	val	Sect	val	Sect	val	Sect	val
Feeder TQU04060 FERIA CHIAPAS									
	Max loading %	OH_81197	72.62	OH_81197	72.62	OH_81197	64.46	OH_1259979	70.36
	Min Volts	OH_92409	114.17	OH_81036	113.94	OH_81036	114.98	OH_81036	114.40
	Max Volt Drop	OH_1259979	1.21	OH_1259979	1.28	OH_1259979	1.15	OH_1259979	1.20
	Max kW Loss	OH_1259979	32.19	OH_1259979	11.85	OH_1259979	9.50	OH_1259979	10.84
	Max Volts	OH_81242	119.63	OH_81242	119.56	OH_81242	119.69	OH_81242	119.64
Feeder TQU04070 CLUB DE LEONES									
	Max loading %	OH_1260075	80.11	OH_1260075	80.11	OH_1260075	56.44	OH_1322738	69.14
	Min Volts	OH_81149	118.14	OH_81141	118.08	OH_81141	118.88	OH_81141	119.06
	Max Volt Drop	OH_81185	0.19	OH_81185	0.26	OH_81185	0.16	OH_80532	0.15
	Max kW Loss	OH_80532	2.59	OH_80426	1.26	OH_80532	0.63	OH_80532	0.81
	Max Volts	OH_1322738	120.16	OH_1322738	120.15	OH_1322738	120.16	OH_1322738	120.16
Feeder TQU04080									
	Max loading %	OH_5513683673	64.17	OH_5513683673	64.15	OH_5513683673	64.17	OH_5513683673	64.15
	Min Volts	CB_31150	118.56	CB_31150	118.58	CB_31150	118.63	CB_31150	118.47
	Max Volt Drop	OH_83304	0.35	OH_83304	0.34	OH_83304	0.34	OH_83304	0.36
	Max kW Loss	OH_83304	6.10	OH_83304	2.01	OH_83304	2.00	OH_83304	2.09
Feeder TXN04010									
	Max loading %	OH_58877822431	93.28	OH_58877822431	93.28	OH_58877822431	87.77	OH_58877822431	74.64
	Min Volts	OH_676591	117.04	OH_676739	116.72	OH_676739	116.92	OH_676738	118.49
	Max Volt Drop	OH_676917	0.27	OH_58877822431	0.32	OH_58877822431	0.32	OH_676917	0.18
	Max kW Loss	OH_58877822431	9.72	OH_58877822431	4.46	OH_58877822431	3.83	OH_676917	1.75
	Max Volts	OH_1260569	120.33	OH_1260569	120.31	OH_1260569	120.31	OH_1260569	120.36
	Max loading %	OH_730273	102.36	OH_730273	92.59	OH_730273	102.36	OH_730273	65.64
	Min Volts	OH_730631	118.36	OH_730633	118.27	OH_730631	118.36	OH_730700	119.70
	Max Volt Drop	SynF_21	0.12	SynF_21	0.14	SynF_21	0.16	SynF_21	0.06
	Max kW Loss	OH_730273	4.68	SynF_21	1.97	OH_730273	2.11	OH_730273	0.62

Figura 3. 42 Porcentaje de Caída de Tensión por Circuito en Condiciones Propuestas (Cuarta Etapa)

En la cuarta etapa aumenta con el PCR 3179 kW más de la demanda actual, pero se reduce un 5.54% en el total de pérdidas de los circuitos analizados en esta etapa.

La quinta etapa de modernización comprende de 4 circuitos para el 2023.

- TXN-4020
- TXN-4070
- TXN-4080
- TXN-4100

En esta última etapa, se reduce 2.4 % en el total de pérdidas y la demanda reduce 2416 KW con condiciones propuestas.

Source Id	Demand			Load		Gen		Loss Summary				
	kW	% pf	Amps	kW	kvar	kW	kvar	Total	%	Line	Tran	Reg
Feeders for TGD42020												
TGD04050 CENTRAL DE ABASTOS	4884	99	219	4825	600	0	0	59	1.20	59	0	0
TGD04060 GUSANO BARRENADOR	5643	99	273	5556	875	0	0	88	1.55	88	0	0
TGD04070	3944	98	175	3919	855	0	0	26	0.65	26	0	0
TGD04080 BLVD AA CORZO 16 OTE	5979	98	280	5917	3425	0	0	62	1.04	62	0	0
TGD04090 CHEVROLET LIB SUR-S_TR	4755	99	334	4175	2266	0	0	580	12.19	580	0	0
TGD04100	8107	98	373	7869	1176	0	0	238	2.94	238	0	0
TGD42020 Totals	33838	98		32261	9196	0	0	1052	3.16	1052	0	0
Feeders for TGU42010												
TGU04050 PLAZA CRISTAL	4110	97	177	4057	1854	0	0	53	1.29	53	0	0
Feeders for TGU42020												
TGU04060 FERIA CHIAPAS	5421	97	257	5261	1823	0	0	160	2.94	160	0	0
TGU04070 CLUB DE LEONES	7360	97	332	7243	1764	0	0	117	1.59	117	0	0
TGU42020 Totals	13182	97		12504	3587	0	0	276	2.16	276	0	0
Feeders for TXN42020												
TXN04020 SUMIDERO	7508	99	415	7384	1562	0	0	124	1.65	124	0	0
TXN04040 IMSS	4031	97	192	3969	975	0	0	62	1.55	62	0	0
TXN42010 Totals	17832	98		17137	4099	0	0	286	1.64	286	0	0
Feeders for TXN42020												
TXN04050 UNIDAD ADMINISTRATIVA	5212	97	317	5161	1365	0	0	50	0.96	50	0	0
TXN04080	6424	98	325	6275	1021	0	0	149	2.32	149	0	0

Figura 3. 43 Pérdidas en Condiciones Actuales (Quinta Etapa)

Min/Max Src	Metric	Bal/Tot Sect		Phase A Sect		Phase B Sect		Phase C Sect	
		val	val	val	val	val	val		
Feeder TXN04020 SUMIDERO									
	Max loading %	OH_730273	142.75	OH_730273	113.71	OH_730273	142.75	OH_730273	89.09
	Min Volts	OH_730789	96.57	OH_730742	96.83	OH_730789	96.57	OH_730496	99.76
	Max Volt Drop	SynF_21	0.14	SynF_21	0.15	SynF_21	0.20	SynF_21	0.07
	Max kW Loss	OH_730273	8.27	SynF_21	3.01	OH_730273	4.20	OH_730273	1.08
	Max Volts	OH_1255751	100.14	OH_1255751	100.12	OH_1255751	100.11	OH_730202	100.23
Feeder TXN04080									
	Max loading %	CB_3168	121.75	CB_3168	166.56	CB_3168	121.75	CB_3168	80.56
	Min Volts	OH_503452	95.89	OH_503569	99.01	OH_503593	95.16	OH_81306	99.89
	Max Volt Drop	OH_503488	0.40	OH_503488	0.29	OH_503488	0.72	OH_503488	0.19
	Max kW Loss	OH_503488	24.00	OH_503488	7.39	OH_503488	14.71	OH_503488	1.90
	Max Volts	CB_3168	101.16	CB_3168	101.22	CB_3168	101.09	CB_3168	101.19

Figura 3. 44 Porcentaje de Caída de Tensión por Circuito en Condiciones Actuales (Quinta Etapa)

Source Id	Demand			Load		Gen		Loss Summary				
	kW	% pf	Amps	kW	kvar	kW	kvar	Total	%	kW Loss Line	Tran	Reg
Feeders for Unknown												
MAA04020	8402	95	375	8412	2764	0	0	102	1.21	102	0	0
MAA04040	4761	98	231	4727	1419	0	0	34	0.71	34	0	0
MAA04060	4695	100	241	4563	1945	0	0	132	2.81	132	0	0
<b>TXND4100</b>	<b>4911</b>	<b>98</b>	<b>271</b>	<b>4858</b>	<b>1022</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>53</b>	<b>1.07</b>	<b>53</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
TGD04040	2740	99	135	2720	446	0	0	19	0.70	19	0	0
TGD04080	5868	95	277	5832	1810	0	0	37	0.62	37	0	0
<b>TXND4010</b>	<b>5353</b>	<b>98</b>	<b>249</b>	<b>5264</b>	<b>930</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>89</b>	<b>1.66</b>	<b>89</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>TXND4070</b>	<b>2989</b>	<b>98</b>	<b>184</b>	<b>2963</b>	<b>543</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>26</b>	<b>0.88</b>	<b>26</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Unknown Totals	40607	98		39340	10879	0	0	491	1.24	491	0	0
Feeders for TGD42010												
TGD04010 HOSPITAL CIVIL	2219	99	98	2210	291	0	0	8	0.38	8	0	0
TGD04020 CERRO HUECO	5086	99	262	4986	807	0	0	100	1.96	100	0	0
TGD04030 CREA	4439	91	609	4068	1763	0	0	371	8.35	371	0	0
TGD04120	7213	99	381	7053	960	0	0	159	2.21	159	0	0
TGD42010 Totals	19434	98		18318	3821	0	0	638	3.37	638	0	0
Feeders for TGD42020												
TGD04050 CENTRAL DE ABASTOS	3551	98	157	3525	662	0	0	25	0.72	25	0	0
TGD04060 GUSANO BARRENADOR	6540	95	309	6457	1983	0	0	83	1.26	83	0	0
TGD04070	2823	99	139	2805	434	0	0	18	0.64	18	0	0
TGD04080 BLVD AA CORZO 16 OTE	8568	99	405	8461	3663	0	0	108	1.26	108	0	0
TGD04090 CHEVROLET LIB SUR-S_TR	903	-90	51	900	488	0	0	3	0.32	3	0	0
TGD04100	4275	99	207	4233	634	0	0	41	0.96	41	0	0
TGD42020 Totals	27109	98		26382	7864	0	0	278	1.04	278	0	0

Figura 3. 45 Pérdidas en Condiciones Propuestas (Quinta Etapa)

Source Id	Demand			Load		Gen		Loss Summary				
	kW	% pf	Amps	kW	kvar	kW	kvar	Total	%	kW Loss Line	Tran	Reg
Feeders for TGD42020												
TGD04050 CENTRAL DE ABASTOS	3551	98	157	3525	662	0	0	25	0.72	25	0	0
TGD04060 GUSANO BARRENADOR	6540	95	309	6457	1983	0	0	83	1.26	83	0	0
TGD04070	2823	99	139	2805	434	0	0	18	0.64	18	0	0
TGD04080 BLVD AA CORZO 16 OTE	8568	99	405	8461	3663	0	0	108	1.26	108	0	0
TGD04090 CHEVROLET LIB SUR-S_TR	903	-90	51	900	488	0	0	3	0.32	3	0	0
TGD04100	4275	99	207	4233	634	0	0	41	0.96	41	0	0
TGD42020 Totals	27109	98		26382	7864	0	0	278	1.04	278	0	0
Feeders for TGU42010												
TGU04050 PLAZA CRISTAL	7613	98	328	7393	2409	0	0	109	1.43	109	0	0
Feeders for TGU42020												
TGU04060 FERIA CHIAPAS	3190	95	147	3042	1007	0	0	148	4.65	148	0	0
TGU04070 CLUB DE LEONES	4275	99	214	4240	1309	0	0	35	0.83	35	0	0
TGU42020 Totals	7672	97		7282	2316	0	0	184	2.46	184	0	0
Feeders for TXN42010												
<b>TXN04020 SUMIDERO</b>	<b>5648</b>	<b>99</b>	<b>301</b>	<b>5598</b>	<b>1172</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>0.89</b>	<b>50</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
TXN04030 PALACIO DE GOBIERNO	4737	97	240	4630	724	0	0	60	1.27	60	0	0
TXN04040 IMSS	6891	97	332	6201	2115	0	0	129	1.87	129	0	0
TXN42010 Totals	17672	98		17056	4011	0	0	239	1.38	239	0	0
Feeders for TXN42020												
TXN04050 UNIDAD ADMINISTRATIVA	5275	97	301	5235	1225	0	0	40	0.77	40	0	0
TXN04060 CHIAPA DE CORZO	3703	99	181	3686	523	0	0	18	0.47	18	0	0
TXN04080	3858	99	191	3794	617	0	0	63	1.64	63	0	0
TXN42020 Totals	13066	98		12715	2365	0	0	121	0.95	121	0	0

Figura 3. 46 Pérdidas en Condiciones Propuestas (Quinta Etapa)

Src	Min/Max Metric	Bal/Tot		Phase A		Phase B		Phase C	
		Sect	val	Sect	val	Sect	val	Sect	val
Feeder TGU04060 FERIA CHIAPAS									
	Max loading %	OH_81197	72.62	OH_81197	72.62	OH_81197	64.46	OH_1259979	70.36
	Min Volts	OH_92409	114.17	OH_81036	113.94	OH_81036	114.98	OH_81036	114.40
	Max Volt Drop	OH_1259979	1.21	OH_1259979	1.28	OH_1259979	1.15	OH_1259979	1.20
	Max kW Loss	OH_1259979	32.19	OH_1259979	11.85	OH_1259979	9.50	OH_1259979	10.84
	Max Volts	OH_81197	113.75	OH_81197	113.58	OH_81197	114.58	OH_81197	113.75
Feeder TGU04070 CLUB DE LEONES									
	Max loading %	OH_1260075	80.11	OH_1260075	80.11	OH_1260075	56.44	OH_1322738	69.14
	Min Volts	OH_81149	118.14	OH_81141	118.08	OH_81141	118.88	OH_81141	119.06
	Max Volt Drop	OH_81185	0.19	OH_81185	0.26	OH_81185	0.16	OH_80532	0.15
	Max kW Loss	OH_80532	2.59	OH_80426	1.26	OH_80532	0.63	OH_80532	0.81
	Max Volts	OH_1322738	120.16	OH_1322738	120.15	OH_1322738	120.16	OH_1322738	120.16
	Max loading %	OH_5513683673	64.17	OH_5513683673	64.15	OH_5513683673	64.17	OH_5513683673	64.15
	Min Volts	CB_31150	118.56	CB_31150	118.58	CB_31150	118.63	CB_31150	118.47
	Max Volt Drop	OH_83304	0.35	OH_83304	0.34	OH_83304	0.34	OH_83304	0.36
	Max kW Loss	OH_83304	6.10	OH_83304	2.01	OH_83304	2.00	OH_83304	2.09
	Max Volts	OH_1260120	120.01	OH_1260120	120.01	OH_1260120	120.01	OH_1260120	120.01
Feeder TXN04010									
	Max loading %	OH_58877822431	93.28	OH_58877822431	93.28	OH_58877822431	87.77	OH_58877822431	74.84
	Min Volts	OH_676591	117.04	OH_676739	116.72	OH_676739	116.92	OH_676738	118.49
	Max Volt Drop	OH_676917	0.27	OH_58877822431	0.32	OH_58877822431	0.32	OH_676917	0.18
	Max kW Loss	OH_58877822431	9.72	OH_58877822431	4.46	OH_58877822431	3.83	OH_676917	1.75
	Max Volts	OH_1260075	118.88	OH_1260075	118.91	OH_1260075	118.91	OH_1260075	118.88
Feeder TXN04020 SUMIDERO									
	Max loading %	OH_730273	102.36	OH_730273	92.59	OH_730273	102.36	OH_730273	65.84
	Min Volts	OH_730631	118.36	OH_730633	118.27	OH_730631	118.36	OH_730700	119.70
	Max Volt Drop	SynF_21	0.12	SynF_21	0.14	SynF_21	0.16	SynF_21	0.06
	Max kW Loss	OH_730273	4.68	SynF_21	1.97	OH_730273	2.11	OH_730273	0.62

Figura 3. 47 Porcentaje de Caída de Tensión por Circuito en Condiciones Propuestas (Quinta Etapa)

Src	Min/Max Metric	Bal/Tot		Phase A		Phase B		Phase C	
		Sect	val	Sect	val	Sect	val	Sect	val
	Max loading %	OH_839436	72.20	OH_839436	72.20	OH_839436	69.45	OH_839319	56.65
	Min Volts	OH_85482	114.62	OH_85426	114.53	OH_85426	114.50	OH_85426	116.09
	Max Volt Drop	OH_839435	0.42	OH_839435	0.49	OH_839435	0.48	OH_839435	0.28
	Max kW Loss	OH_839435	20.60	OH_839435	9.29	OH_839435	7.68	OH_839435	3.63
	Max Volts	OH_839323	118.01	OH_839323	117.99	OH_839323	117.99	OH_839323	118.03
Feeder TXN04050 UNIDAD ADMINISTRATIVA									
	Max loading %	OH_839797	65.43	OH_839668	64.60	OH_839797	65.43	OH_839797	26.52
	Min Volts	OH_839534	116.76	OH_82000	116.99	OH_82000	116.29	OH_82001	117.84
	Max Volt Drop	OH_58876846429	0.16	OH_58876846429	0.16	OH_58876846429	0.27	OH_58876846429	0.05
	Max kW Loss	OH_839796	6.21	OH_839796	2.96	OH_839796	3.16	OH_58876846429	0.14
	Max Volts	OH_839668	118.19	OH_839668	118.19	OH_839668	118.17	OH_839668	118.21
Feeder TXN04060 CHIAPA DE CORZO									
	Max loading %	OH_1301541	39.38	OH_1301541	39.38	OH_1301541	34.65	OH_677243	29.53
	Min Volts	OH_677195	119.63	OH_677408	120.04	OH_677408	119.63	OH_677404	120.22
	Max Volt Drop	Section_5887660711	0.11	Section_5887660711	0.11	Section_5887660711	0.16	Section_5887660711	0.07
	Max kW Loss	Section_5887660711	2.98	Section_5887660711	1.20	Section_5887660711	1.28	Section_5887660711	0.50
	Max Volts	OH_1301541	120.84	OH_1301541	120.83	OH_82239	120.82	OH_1301541	120.86
Feeder TXN04070									
	Max loading %	OH_676725	40.11	OH_676725	40.11	OH_676725	13.82	OH_676729	32.28
	Min Volts	OH_676352	119.14	OH_676947	118.31	OH_676947	120.28	OH_676947	119.97
	Max Volt Drop	OH_676727	0.07	OH_676727	0.13	OH_676727	0.03	OH_676727	0.04
	Max kW Loss	OH_676727	1.84	OH_676727	1.14	OH_676727	0.09	OH_676727	0.61
	Max Volts	OH_676729	120.77	OH_676729	120.77	OH_676729	120.78	OH_676729	120.78
Feeder TXN04080									
	Max loading %	CB_3168	71.50	CB_3168	62.08	CB_3168	71.50	CB_3168	52.89
	Min Volts	OH_503452	117.27	OH_503569	119.85	OH_503593	116.63	OH_503569	119.39
	Max Volt Drop	OH_503488	0.29	OH_81104	0.12	OH_503488	0.54	OH_503488	0.21
	Max kW Loss	OH_503488	8.69	OH_503488	1.80	OH_503488	5.69	OH_503488	1.19
	Max Volts	CB_3168	121.47	CB_3168	121.54	CB_3168	121.44	CB_3168	121.44

Figura 3. 48 Porcentaje de Caída de Tensión por Circuito en Condiciones Propuestas (Quinta Etapa)

### 3.4 Volumetría y condiciones operativas

La volumetría muestra la contabilización de las distancias totales de los tramos a construir, recalibrar y retirar en media y baja tensión. Posteriormente será útil para hacer comparación de las condiciones actuales vs. PCR.

#### 3.4.1 Subestación Tuxtla Uno

*Tabla 3. 3 Volumetría TGU*

SUBESTACION	CIRCUITO	LAZO	VOLUMEN DE MEDIA TENSION					VOLUMEN DE BAJA TENSION					
			Km A CONSTRUIR	Km A RECALIBRAR	Km A RETIRAR	ERPOSEC REUBICAR	EPROSEC NUEVO	PZAS DE TR NUEVOS	PZAS DE TR A REUB	KMS A CONSTRUIR	KM A RECALIBRAR	KMS A RETIRAR	
TUXTLA UNO	TGU-4050	TRONCAL	0	1.688	1.688	0	3	0	0	0	0	0	
		LAZO 1	0	0	1.256	0	2	0	0	0	0	0	
		LAZO 2	1.05	0	2.562	0	2	0	0	0	0	0	
		LAZO 3	0	0	0.053	0	1	0	0	0	0	0	
	TOTAL CIRCUITO			1.05	1.688	5.559	0	8	0	0	0	0	
	TGU-4060	TRONCAL	0	2.048	2.048	0	3	0	0	0.125	0.322	0.01	
		LAZO 1	0	0	2.561	0	3	1	0	0.31	0.085	0	
		LAZO 2	0.223	0	1.36	0	3	0	0	0.35	0.048	0	
		LAZO 3	0	0	1.758	0	3	0	0	0.2	0.045	0	
	TOTAL CIRCUITO			0.223	2.048	7.727	0	12	1	0.985	0.5	0.01	
	TGU-4070	TRONCAL	0	1.276	1.276	0	3	0	0	0.125	0.93	0	
		LAZO 1	0	0	1.562	0	3	0	0	0.07	0.1	0	
		LAZO 2	0	0	1.524	0	2	1	0	0.09	0.155	0.02	
		LAZO 3	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0	
	TOTAL CIRCUITO			0	1.276	4.362	0	8	1	0.385	1.385	0.02	
	TGU-4080	TRONCAL	0	0.5	0.5	0	3	0	0	0	0	0	
		LAZO 1	0.695	0	0.652	0	2	0	0	0	0	0	
		LAZO 2	0.265	0	0.25	0	3	0	0	0	0	0	
		LAZO 3	0.406	0	0.284	0	3	0	0	0	0	0	
	TOTAL CIRCUITO			1.366	0.5	1.686	0	11	0	0	0	0	
	TOTAL SUBESTACION			2.639	5.512	19.334	0	39	2	0	1.37	1.885	0.03

### 3.4.2 Subestación Tuxtla Dos

Tabla 3. 4 Volumetría TGD

SUBESTACION	CIRCUITO	LAZO	VOLUMEN DE MEDIA TENSION					VOLUMEN DE BAJA TENSION				
			Km A CONSTRUIR	Km A RECALIBRAR	Km A RETIRAR	EPROSEC REUBICAR	EPROSEC NUEVO	PZAS DE TR NUEVOS	PZAS DE TR A REUB	KMS A CONSTRUIR	KM A RECALIBRAR	KMS A RETIRAR
TUXTLA DOS	TGD-4010	TRONCAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL CIRCUITO		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TGD-4020	TRONCAL	0.261	2.287	1.724	0	5	0	0	0.2	1.3	0
		LAZO 1	0.609	0	0	1	0	0	0	0.1	0.2	0
		LAZO 2	0.024	0	0	0	1	0	2	0.15	0.35	0.15
		LAZO 3	0.804	0	0	0	1	0	2	0.09	0.175	0
		LAZO 4	0.486	0	0	0	1	0	1	0.03	0.075	0
		LAZO 5	0	0	0	0	1	0	0	0.18	0.4	0
	TOTAL CIRCUITO		2.184	2.287	1.724	1	9	0	5	0.75	2.5	0.15
	TGD-4030	TRONCAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL CIRCUITO		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TGD-4040	TRONCAL	0	2.247	2.28	0	4	0	0	0.2	0	0
		LAZO 1	1.174	0	0	0	2	0	2	0.09	0	0
		LAZO 2	1.167	0	0	0	1	0	2	0.095	0	0
	TOTAL CIRCUITO		2.341	2.247	2.28	0	7	0	4	0.385	0	0
	TGD-4050	TRONCAL	0.293	2.808	2.774	0	13	1	0	2.35	1.8	0
	TOTAL CIRCUITO		0.293	2.808	2.774	0	13	1	0	2.35	1.8	0
	TGD-4060	TRONCAL	0	2.471	0.924	0	3	0	2	0	0	0
		LAZO 1	0.979	0	0	0	2	1	2	0	0	0
		LAZO 2	1.691	0	0	1	2	0	1	0	0	0
		LAZO 3	0.063	0	0	0	2	0	0	0	0	0.15
	TOTAL CIRCUITO		2.733	2.471	0.924	1	9	1	5	0	0	0.15
	TGD-4070	TRONCAL	0.347	1.17	0	0	3	0	0	0	0	0
		LAZO 1	0.465	0	0.902	0	2	0	0	0	0	0
		LAZO 2	0.738	0	1.041	0	2	0	0	0	0	0
		LAZO 3	0.546	0	3.006	1	3	0	0	0	0	0
	TOTAL CIRCUITO		2.096	1.17	4.949	1	10	0	0	0	0	0

TGD-4080	TRONCAL	1.354	1.202	0	0	3	0	0	0	0	0
	LAZO 1	0	0	0.568	0	2	0	2	0	0	0
	LAZO 2	0	0	1.312	0	1	0	2	0	0	0
	LAZO 3	0	0	1.594	1	2	0	1	0	0	0
	LAZO 4	0	0	0.972	0	1	0	0	0	0	0
TOTAL CIRCUITO		1.354	1.202	4.446	1	9	0	5	0	0	0
TGD-4090	TRONCAL	0	1.104	0.592	0	3	1	0	0.1	0	0
	LAZO 1	0.276	0	0	0	2	0	0	0.12	0	0
	LAZO 2	0.34	0	0	1	1	1	2	0.07	0	0
	LAZO 3	0.609	0	0	0	1	0	2	0.095	0	0.2
TOTAL CIRCUITO		1.225	1.104	0.592	1	7	2	4	0.385	0	0.2
TGD-4100	TRONCAL	0.132	1.964	0	0	3	0	0	0.15	0	0
	LAZO 1	0	0	2.753	0	2	0	2	0.08	0	0
	LAZO 2	0.158	0	0.289	0	3	0	2	0.065	0	0
	LAZO 3	1.502	0	0.097	0	3	0	1	0.09	0	0.1
TOTAL CIRCUITO		1.792	1.964	3.139	0	11	0	5	0.385	0	0.1
TGD 4120	TRO NCA L	0.413	1.325	0	0	10	0	0	0	0	0
TOTAL CIRCUITO		0.413	1.325	0	0	10	0	0	0	0	0
TOTAL SUBESTACION		<b>14.431</b>	<b>16.578</b>	<b>20.828</b>	<b>5</b>	<b>85</b>	<b>4</b>	<b>28</b>	<b>4.255</b>	<b>4.3</b>	<b>0.6</b>

### 3.4.3 Subestación Tuxtla Norte

Tabla 3.5 Volumetría TXN

SUBESTACION	CIRCUITO	LAZO	VOLUMEN DE MEDIA TENSION					VOLUMEN DE BAJA TENSION				
			Km A CONSTRUIR	Km A RECALIBRAR	Km A RETIRAR	ERPOSEC REUBICAR	EPROSEC NUEVO	PZAS DE TR NUEVOS	PZAS DE TR A REUB	KMS A CONSTRUIR	KM A RECALIBRAR	KMS A RETIRAR
TUXTLA NORTE	TXN-4010	TRO NCAL	0	0	0	1	4	0	0	0.5	1.15	0
		LAZO 1	0	0	0	0	3	0	0	0.15	0.5	0
		LAZO 2	0	0	0	1	4	0	0	0.25	0.85	0.15
		TOTAL CIRCUITO	0	0	0	2	11	0	0	0.9	2.5	0.15
	TXN-4020	TRO NCAL	0	0	0	0	3	0	0	0	1.3	0
		LAZO 1	0	0	0	0	3	0	0	0.1	0.5	0
		LAZO 2	0	0	0	0	1	0	0	0.122	0.6	0
		LAZO 3	0	0	0	0	1	0	0	0.163	0.1	0
		TOTAL CIRCUITO	0	0	0	0	8	0	0	0.385	2.5	0
	TXN-4030	TRO NCAL	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
		LAZO 1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
		LAZO 2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
LAZO 3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL CIRCUITO		0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	
TXN-4040	TRO NCAL	0	0.934	0.934	0	2	0	0	0.16	0.7	0.06	
	LAZO 1	0.497	0	0.753	0	3	0	0	0.1	0.2	0.08	
	LAZO 2	0.497	0	0.571	0	3	0	0	0.125	0.3	0.03	
	TOTAL CIRCUITO	0.994	0.934	2.258	0	8	0	0	0.385	1.2	0.17	
TXN-4050	TRO NCAL	0	0.624	0.624	0	3	0	0	0	0	0	
	LAZO 1	0	0	3.068	0	2	0	0	0	0	0	
	LAZO 2	0	0	3.569	0	2	0	0	0	0	0	
	TOTAL CIRCUITO	0	0.624	7.261	0	7	0	0	0	0	0	
TXN-4060	TRO NCAL	0.372	0.596	0.596	0	5	0	0	0.4	1.6	0	
	LAZO 1	0.179	0	0.613	0	2	1	0	0.2	0.3	0	
	LAZO 2	0.485	0	0.777	0	2	0	0	0.1	0.085	0	
	LAZO 3	0.559	0	0.698	0	2	0	0	0.2	0.115	0	
	TOTAL CIRCUITO	1.595	0.596	2.684	0	11	1	0	0.9	2.1	0	
TXN-4070	TRO NCAL	0.115	1.328	1.328	0	3	0	0	0.145	1.3	0	
	LAZO 1	1.233	0	3.589	0	2	1	0	0.14	0.25	0.15	
	LAZO 2	2.169	0	3.383	0	1	2	0	0.1	0.35	0	
	TOTAL CIRCUITO	3.517	1.328	8.3	0	6	3	0	0.385	1.9	0.15	

TXN-4080	TRO NCAL	0	2.027	2.027	0	6	0	0	0	1.4	0
	LAZO 1	1.523	0	3.265	0	2	0	0	0.1	0.18	0
	LAZO 2	0	0	2.86	1	2	0	0	0.17	0.12	0.12
	LAZO 3	0.898	0	7.36	0	2	0	0	0.115	0.2	0
	<b>TOTAL CIRCUITO</b>	<b>2.421</b>	<b>2.027</b>	<b>15.512</b>	<b>1</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.385</b>	<b>1.9</b>	<b>0.12</b>
TXN-4100	TRO NCAL	0	0.886	0.886	0	3	0	0	0	0	0
	LAZO 1	1.265	0	0.356	0	3	0	0	0	0	0
	LAZO 2	0.965	0	0.2365	0	3	0	0	0	0	0
	LAZO 3	1.371	0	0.6975	0	1	0	0	0	0	0
	<b>TOTAL CIRCUITO</b>	<b>3.601</b>	<b>0.886</b>	<b>2.176</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>TOTAL SUBESTACION</b>	<b>12.128</b>	<b>6.395</b>	<b>38.191</b>	<b>3</b>	<b>80</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>3.34</b>	<b>12.1</b>	<b>0.59</b>	

### 3.4.4 Subestación Mactumatzá

*Tabla 3. 6 Volumetría MAA*

SUBESTACION	CIRCUITO	LAZO	VOLUMEN DE MEDIA TENSION					VOLUMEN DE BAJA TENSION				
			Km A CONSTRUIR	Km A RECALIBRAR	Km A RETIRAR	ERPOSEC REUBICAR	EPROSEC NUEVO	PZAS DE TR NUEVOS	PZAS DE TR A REUB	KMS A CONSTRUIR	KM A RECALIBRAR	KMS A RETIRAR
MACTUMATZÁ	MAA-4020	TRO NCAL	0	0.787	0.787	0	3	0	0	0.09	0	0
		LAZO 1	0.162	0	0	0	2	1	0	0.085	0	0
		LAZO 2	0	0	0.752	0	2	0	0	0.045	0	0
		LAZO 3	0.331	0	0	0	2	0	0	0.055	0	0.1
		<b>TOTAL CIRCUITO</b>	<b>0.493</b>	<b>0.787</b>	<b>1.539</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0.275</b>	<b>0</b>	<b>0.1</b>
	MAA-4040	TRO NCAL	0	2.241	2.241	1	2	0	0	0.015	0	0
		LAZO 1	0.659	0	0	0	1	0	0	0.005	0	0
		LAZO 2	0.152	0	0	1	1	1	0	0.02	0	0
		LAZO 3	0.291	0	0	0	1	0	0	0.01	0	0
		<b>TOTAL CIRCUITO</b>	<b>1.102</b>	<b>2.241</b>	<b>2.241</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0.05</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	MAA-4060	TRO NCAL	0	0.745	0	0	3	0	0	0	0	0
		LAZO 1	1.262	0	0	0	2	0	0	0	0	0
		LAZO 2	0.971	0	0	0	1	0	0	0	0	0
		LAZO 3	0.807	0	0	0	4	0	0	0	0	0.1
		<b>TOTAL CIRCUITO</b>	<b>3.04</b>	<b>0.745</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.1</b>
<b>TOTAL SUBESTACION</b>	<b>4.635</b>	<b>3.773</b>	<b>3.78</b>	<b>2</b>	<b>24</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0.325</b>	<b>0</b>	<b>0.2</b>		

### 3.4.5 Total General del Polígono

*Tabla 3. 7 Total General del Polígono*

SUBESTACION	VOLUMEN DE MEDIA TENSION					VOLUMEN DE BAJA TENSION				
	Km A CONSTRUIR	Km A RECALIBRAR	Km A RETIRAR	EPROSEC REUBICAR	EPROSEC NUEVO	PZAS DE TR NUEVOS	PZAS DE TR A REUB	KMS A CONSTRUIR	KM A RECALIBRAR	KMS A RETIRAR
TOTAL SUBESTACIONES	<b>33.833</b>	<b>32.258</b>	<b>82.133</b>	<b>10</b>	<b>228</b>	<b>12</b>	<b>28</b>	<b>9.29</b>	<b>18.285</b>	<b>1.42</b>

## 4. Resultados y Conclusión

### 4.1 Resultados

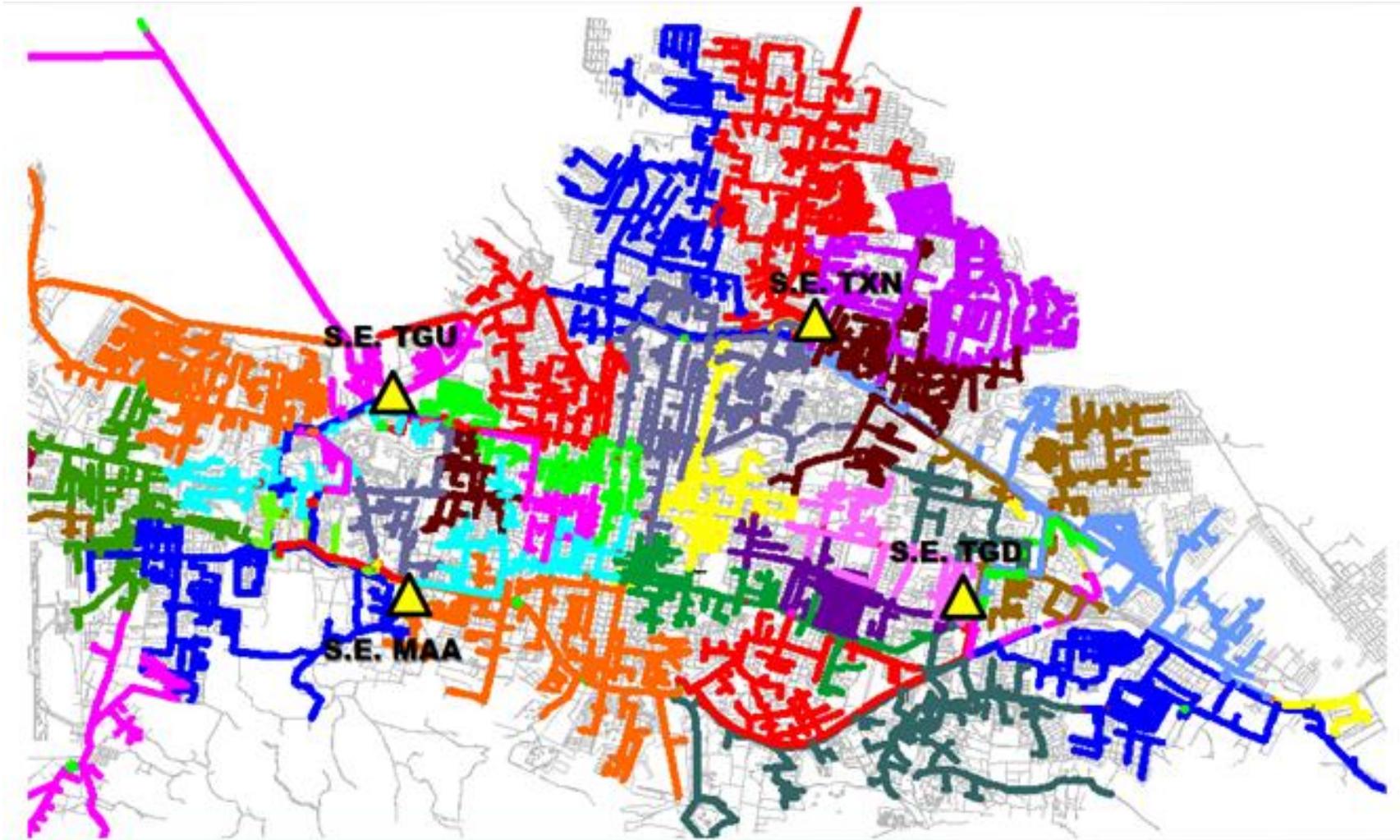
Comparación Condición actual vs. PCR

Al reordenar los circuitos de acuerdo a su área de influencia, se delimita el área de servicio de cada circuito. Por lo tanto, puede observarse que ningún circuito rebasa los límites de otro. No se mezclan entre sí. En la frontera entre circuito y circuito se generan enlaces con equipos de protección y seccionamiento.

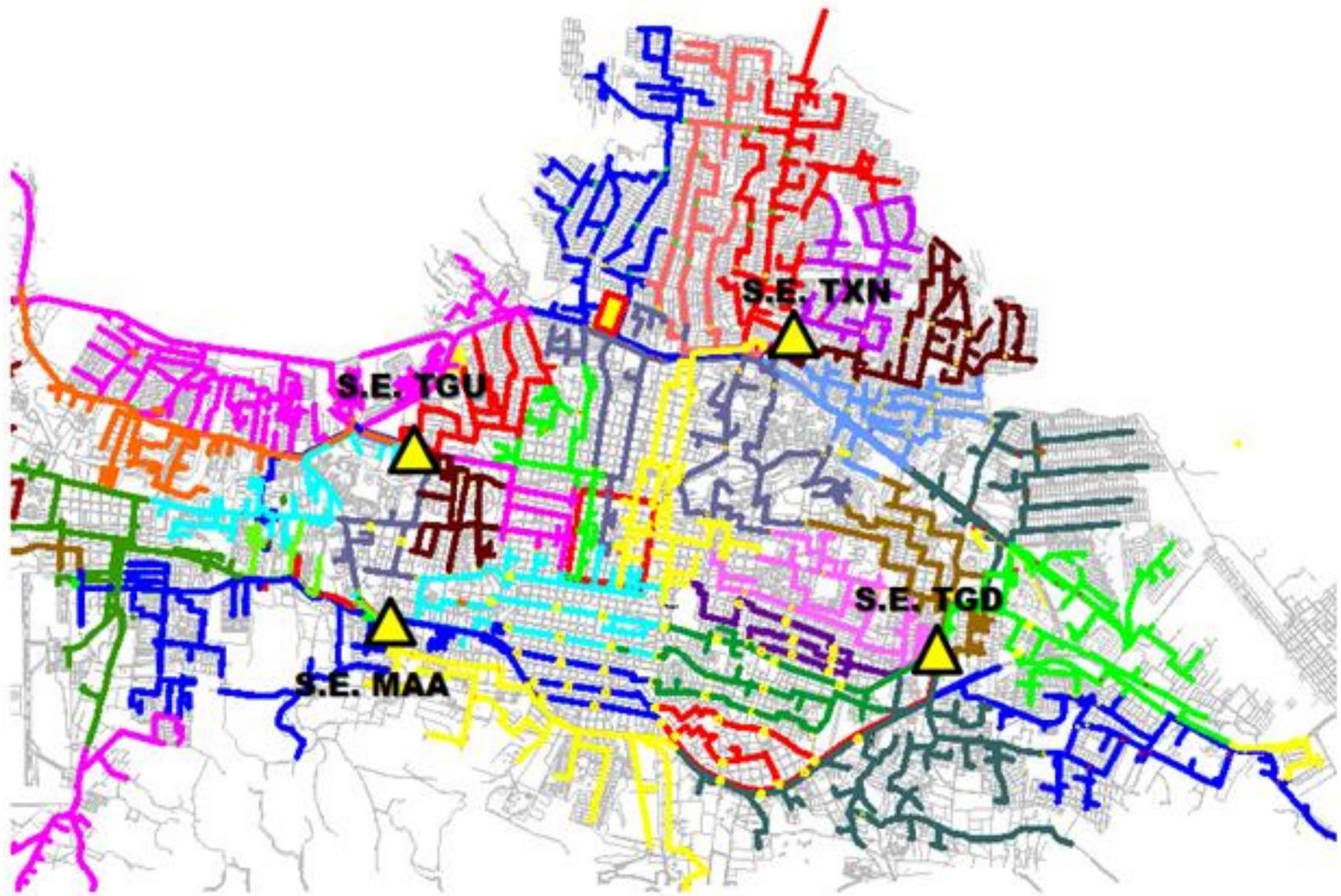
Las áreas de servicio propuestas se fueron armando al hacer transferencias de cargas de los diferentes circuitos, obedeciendo siempre al patrón establecido por los polígonos.

En la Figura 4.1 se muestra en qué condición se encuentran las RGD de las subestaciones en estudio. Seguido de la Figura 4.2, que muestra la propuesta de reconfiguración de las RGD, en donde se puede observar claramente la mejora en cuanto al ordenamiento de los circuitos y sus áreas a servir.





*Figura 4.1 Condición Actual del Plano Urbano*



*Figura 4. 2 Condición con PCR del Plano Urbano*

**Tabla 4.1 Volumetría Total en Condición Actual**

SUBESTACION	CIRCUITO ACTUAL	CONDICION ACTUAL								
		KMS MT	KMS BT	TROS DIST	EPROSEC	PERDIDAS KW	PERDIDAS KWH	%CT MAX	SAIFI	SAIDI
TGU	TGU-4050	19.58	18.89	94	1	53	69109		0.239	9.42
	TGU-4060	19.06	26.84	126	1	159	575968		0.16	19.58
	TGU-4070	11.77	11.84	129	2	121	272061		0.24	1.98
	TGU-4080	12.39	5.15	54	0	29	55005		0.108	12.67
SUBTOTAL SUBESTACION		62.8	62.72	403	4	362	972143			
TGD	TGD-4010	26.31	19.64	93	0	51	138172	1.52	0	0
	TGD-4020	3	6.28	23	0	72	225492	0.09	8.49	0.337
	TGD-4030	0	0	0	0	43	114628	-3.3	0	0
	TGD-4040	16	31.8	156	3	17	42197	3.95	0.117	14.54
	TGD-4050	11.52	13.85	114	1	61	217874	1.34	0.09	13.63
	TGD-4060	17	27.21	111	1	88	359753	2.29	0.223	30.29
	TGD-4070	12.37	12.58	105	0	36	172508	1.59	0.047	5.76
	TGD-4080	13.2	16.46	114	1	62	179906	3.53	0.108	15.27
	TGD-4090	21	31.26	220	3	582	2388850	34.94	0.375	33.05
	TGD-4100	8	8.14	102	1	255	1128521	4.74	0.116	14.17
	TGD-4120	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUBTOTAL SUBESTACION		128.4	167.22	1038	10	1267	4967901			
TXN	TXN-4010	32.9	30.64	245	2	89	285160	2.57	0.193	24.86
	TXN-4020	37.6	51.8	275	1	126	439838	3.81	0.163	29.6
	TXN-4030	8.76	13.96	85	1	100	221581	2.48	0.023	3.04
	TXN-4040	13.6	14.27	83	0	71	238868	2.1	0.028	5.66
	TXN-4050	20.06	19.21	124	0	50	173381	1.15	0.598	52.38
	TXN-4060	20.2	4.44	88	1	475	1725249	10.11	0.164	50.96
	TXN-4070	15.01	29.861	404	1	146	538988	3.79	0.078	10.56
	TXN-4080	80.62	42.12	301	1	149	538988	5.59	0.228	32.8
	TXN-4100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUBTOTAL SUBESTACION		228.75	206.301	1605	7	1206	4162053			
MAA	MAA-4020	45	7.19	40	2	122	149916	3.07	0.063	9.37
	MAA-4040	9.1	17.47	115	3	74	210952	1.58	0.279	29.53
	MAA-4060	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUBTOTAL SUBESTACION		54.1	24.66	155	5	196	360868			

**Tabla 4. 2 Volumetría Total con PCR**

SUBESTACION	CIRCUITO PCR	CONDICION CON PLAN DE CRECIMIENTO Y REORDENAMIENTO								
		KMS MT	KMS BT	TROS DIST	EPROSEC	PERDIDAS KW	PERDIDAS KWH	%CT MAX	SAIFI	SAIDI
TGU	TGU-4050	16.759	18.89	95	9	49	64068.36	0.39	0.22	2.23
	TGU-4060	13.604	26.84	126	13	12	42865.83	1.21	0.15	5.81
	TGU-4070	8.684	11.84	129	10	35	79182.52	1.21	0.024	0.89
	TGU-4080	12.57	5.15	55	11	32	59691.34	0.35	0.106	3.7
SUBTOTAL SUBESTACION		51.617	62.72	405	43	128	245808.05			
TGD	TGD-4010	0	19.64	93	0	8	1.25	0.1	4.59	1667.95
	TGD-4020	1.173	6.28	24	9	73	231274.34	0.39	0.32	4.6
	TGD-4030	0	0	0	0	371	54.99	0.2	0	0
	TGD-4040	16.061	31.8	156	10	11	27703.5	0.11	0.13	6.15
	TGD-4050	11.847	13.85	115	14	15	53582.29	0.09	0.091	4.8
	TGD-4060	21.28	27.21	112	10	65	267196.64	0.29	0.22	5.7
	TGD-4070	11.324	12.58	106	10	13	62479.12	0.44	0.03	1.37
	TGD-4080	11.31	16.46	114	10	40	115232.54	0.15	0.1	3.38
	TGD-4090	22.737	31.26	220	10	2	8221.44	0.01	0.24	8.14
	TGD-4100	8.617	8.14	102	12	26	115743.08	0.19	0.1	4.2
TGD-4120	1.738	0	0	10	159	34.24	0.66	0.12	71.42	
SUBTOTAL SUBESTACION		106.087	167.22	1042	95	783	881523.43			
TXN	TXN-4010	31.523	30.64	245	13	75	237610.62	0.27	0.18	7.3
	TXN-4020	33.54	51.8	276	9	26	90192.96	0.12	0.16	6
	TXN-4030	5.885	13.96	85	8	19	41420.26	0.27	0.024	1.4
	TXN-4040	12.773	14.27	84	8	49	164991.27	0.42	0.024	1.48
	TXN-4050	13.423	19.21	124	7	30	104068.8	0.16	0.58	6.57
	TXN-4060	19.567	4.44	89	12	13	47799.99	0.11	0.15	4.2
	TXN-4070	11.55	29.861	405	7	19	69861.53	0.07	0.07	2.7
	TXN-4080	69.556	42.12	301	13	49	175035.49	0.29	0.22	5.5
TXN-4100	2.311	0	0	10	53	10.31	0.28	0.23	49.37	
SUBTOTAL SUBESTACION		200.128	206.301	1609	87	333	930991.23			
MAA	MAA-4020	44.741	7.19	41	11	88	261813.97	0.64	0.064	3.2
	MAA-4040	10.202	17.47	116	8	24	90796.35	0.12	0.19	9.6
	MAA-4060	3.785	0	0	10	129	447495.84	0.99	0.12	5.9
SUBTOTAL SUBESTACION		58.728	24.66	157	29	241	800106.16			

## Resumen de Condiciones Operativas

**Tabla 4.3 Resumen del Polígono**

Condición	Resumen del polígono								
	km MT	km BT	Tros. Dist.	EPROSEC	Pérdidas kW	Pérdidas kWh	% CT Máx.	SAIFI	SAIDI
<b>Actual</b>	474.05	460.901	3201	26	3580.4	12642139.2	3.1	0.166	19.790
<b>Con PCR</b>	416.56	451.611	3213	254	1485	2858428.87	2.5	0.162	12.694
<b>BENEFICIOS</b>	-57.49	-9.29	12	228	-2095.4	-9783710.4	-0.6	0.004	-7.096

El resumen del polígono seleccionado, incluido en la Tabla 4.3 claramente nos muestra los beneficios que este proyecto brinda a las Redes de Distribución. Se cumple con lo esperado en cuanto a:

- ✓ Reducción en el kilometraje construido en redes de M.T. y B.T.
- ✓ Reducción de Pérdidas hasta un 41%
- ✓ Reducción en los Indicadores de Confiabilidad SAIFI y SAIDI.

### 4.2 Conclusión

CFE es una de las empresas encargadas del suministro de la energía eléctrica más grande del país. Las Redes de Distribución y la demanda de energía han ido creciendo a pasos agigantados, lo cual provoca problemas en la distribución. Por lo que la atención inmediata al estudio de pérdidas de energía, reducción de costos y optimización en las redes es de suma importancia.

La planeación del Sistema Eléctrico parte de la necesidad de desarrollar eficientemente la infraestructura del mismo, para brindar eficazmente el Servicio Público de Energía Eléctrica.

En la medida que los sistemas eléctricos crecen en función del incremento de la demanda, las exigencias de los clientes en cuanto a la calidad del servicio y la escasez en la disponibilidad de recursos, nos ubica en la necesidad de efectuar las propuestas para el desarrollo de los sistemas de distribución con una mayor calidad y efectividad.

Los procesos de planeación en particular se hacen indispensables para el desarrollo de las RGD de CFE, ya que permite de una manera formal y sistemática determinar las oportunidades de crecimiento, tomando en cuenta las fortalezas y debilidades propias, fijar las estrategias que le permitan obtener mayores beneficios y estar mejor preparado para enfrentar con éxito los nuevos retos y satisfacer los requerimientos de los grupos de interés.

En base a lo planteado en el proyecto, se concluye lo siguiente:

Al determinar el área de influencia de cada subestación y circuito, se limita a la Red a solo alimentar un área de servicio determinada, por lo que se reduce significativamente en pérdidas por caída de tensión. Las áreas de servicio mejoran la confiabilidad de la Red, puesto que se reduce la longitud promedio de los circuitos. También se mejora en los procesos de planeación para nuevos circuitos o crecimiento de alguno existente.

La proyección del polígono y la nueva configuración de los circuitos de TGU, TGD, TXN y MAA, facilitará la planeación del PCR para las dos subestaciones faltantes en la ciudad (TXS y RDB) y las otras 15 subestaciones de la Zona Tuxtla.

## **Referencias**

[1] Eric Orlando Hernández López, Tecnológico de Monterrey, Monterrey N.L., “Optimización de Redes de Media Tensión mediante el uso de herramientas computacionales y propuestas de reconfiguración a circuitos de media tensión, ejemplo red de 13.8 KV área Atlixco, Zona Matamoros”.

[2] Alejandro Andrés Navarro Espinosa, Pontifica Universidad Católica de Chile, Escuela de Ingeniería, “Planificación de Redes de Distribución: Aproximación vía Clustering, Diagramas de Voronoi y Búsqueda Tabú”.

[3] Jorge Iván Tangarife Echeverri, Universidad Pontifica Bolivariana, Escuela de Ingeniería, “Estudio de Redistribución de Redes de Media Tensión en las Subestaciones Caldas, Ancón Sur e Itagüi de EPM mediante el uso de herramientas computacionales y propuesta para la reconfiguración topológica”

[4] ZHU Xiaojun, et al, State Grid Chongqing Electric Power Company Economic Research Institute “Distribution Substation Planning Method Based on Weighted Voronoi Diagram” IEEE PES Asia-Pacific Power and Energy Conference - Xi'an – China, 2016

[5] Samuel Ramírez Castaño (2004, Enero) “Redes de Distribución de Energía” Tercera Edición, Universidad Nacional de Colombia

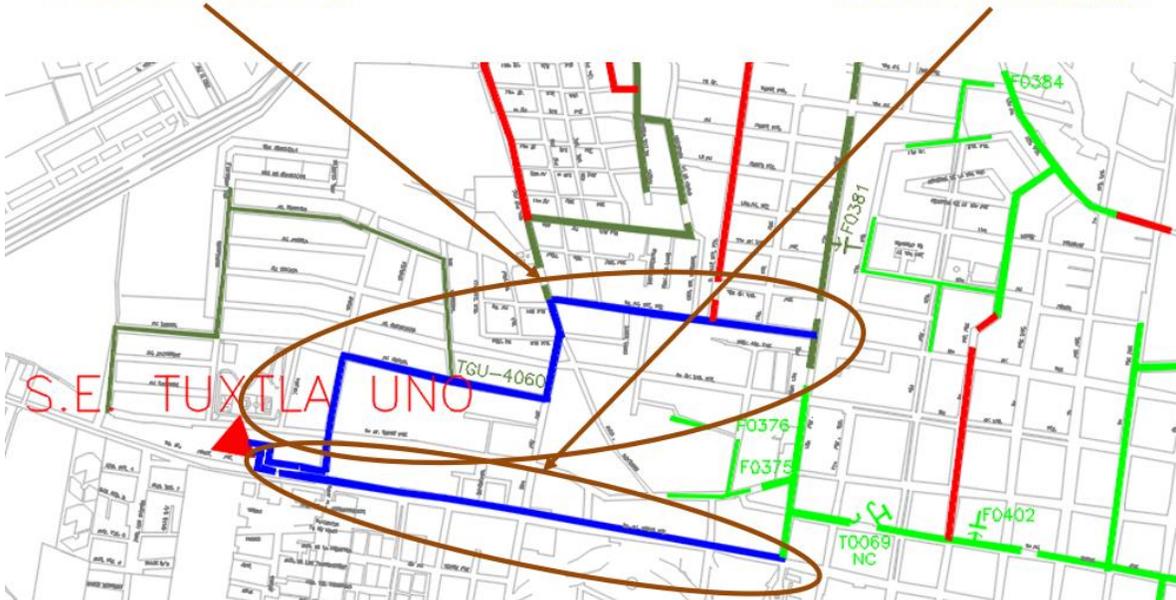
[6] Gilberto Enríquez Harper. (2005). “Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de mediana y alta tensión”, Segunda Edición. México: LIMUSA S.A. de C.V..

Anexo A: Ubicación de las trayectorias donde se propone Recalibración y Conductor Semiaislado.

**Subestación Tuxtla Uno (TGU-4060 Y TGU-4070)**

Recalibracion de 1.276 km

Recalibracion de 2.048 km

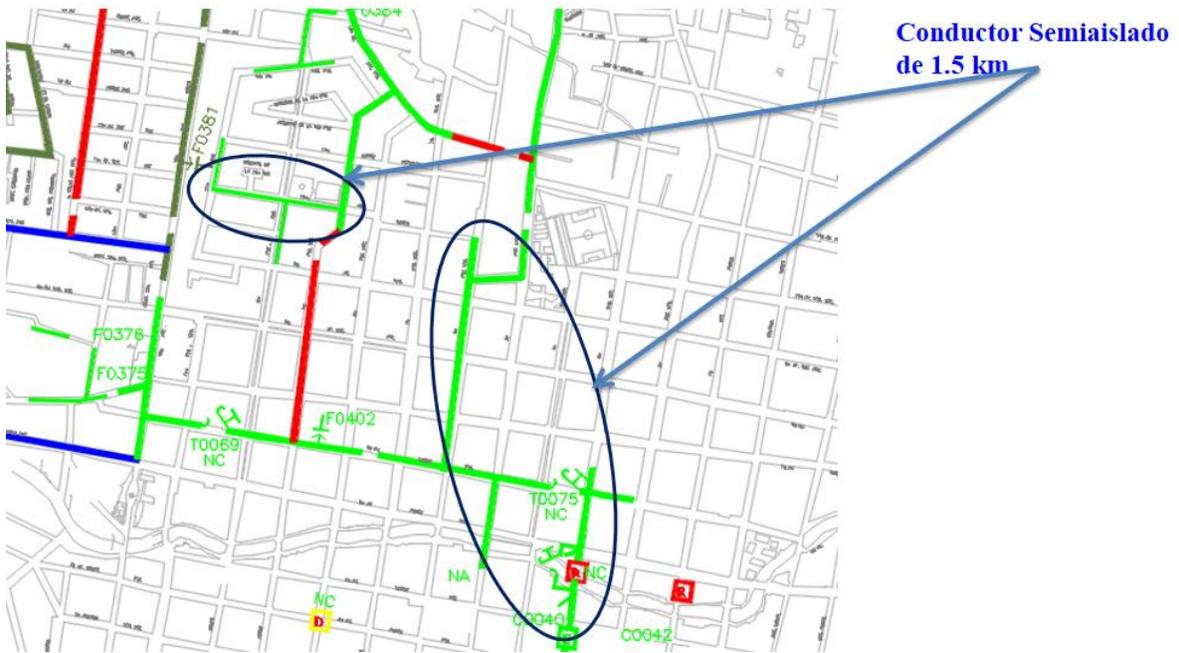


**Subestación Tuxtla Uno (TGU-4060)**

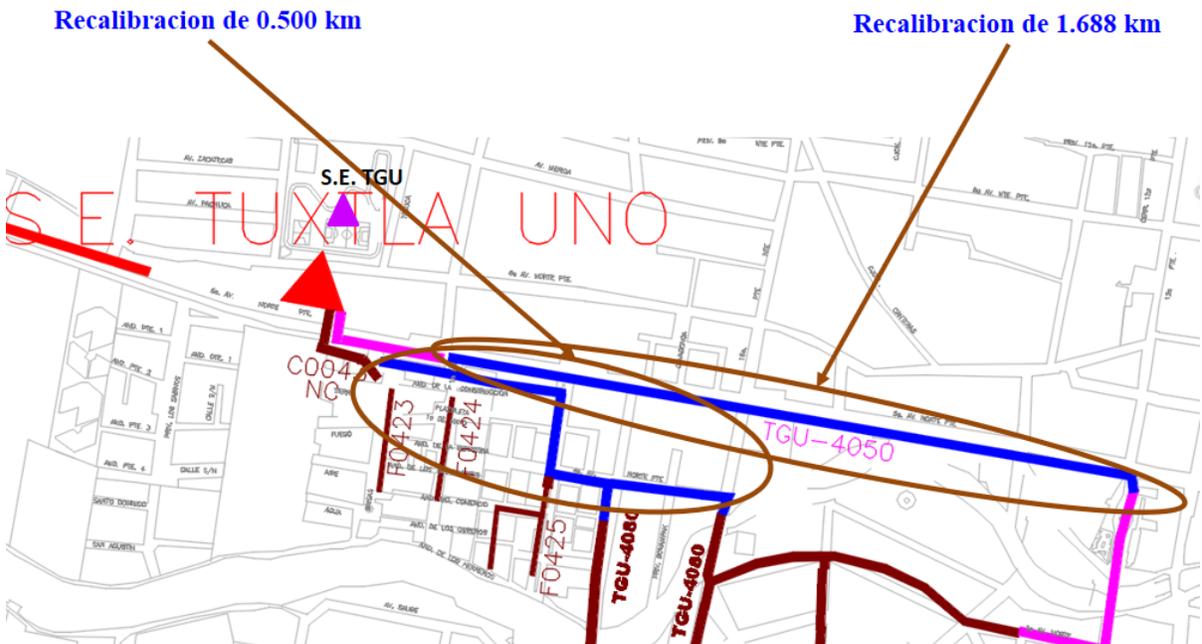
Conductor Semiaislado de 1.8 km



### Subestación Tuxtla Uno (TGU-4070)



### Subestación Tuxtla Uno (TGU-4050 Y TGU-4080)

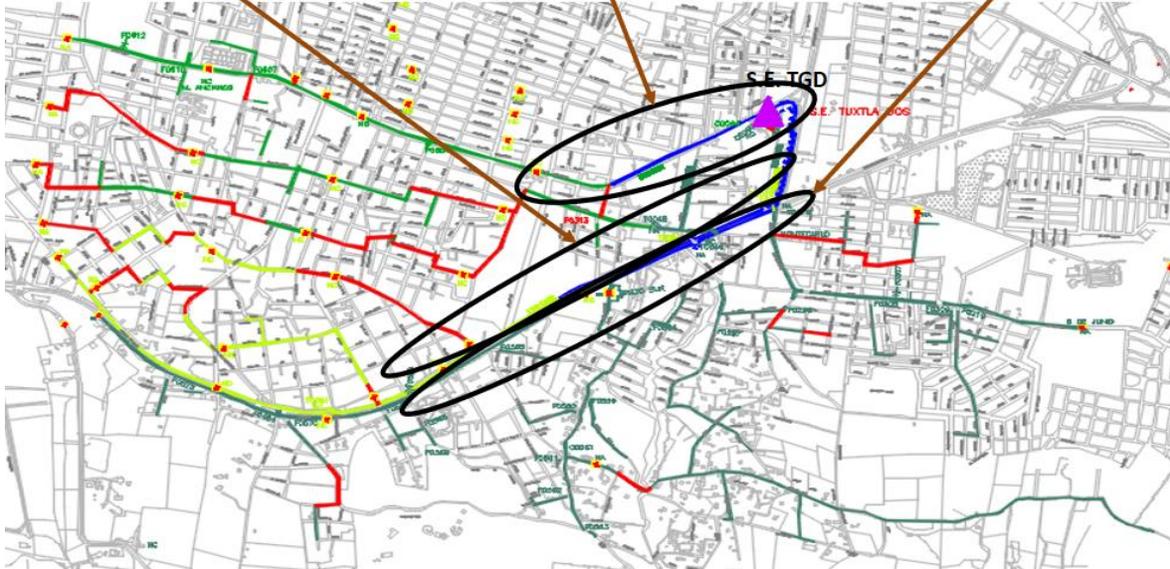


## Subestación Tuxtla Dos (TGD-4040, TGD-4090 Y TGD-4100)

Recalibración de 2.247 km

Recalibración de 1.964 km

Recalibración de 1.104 km



## Subestación Tuxtla Dos (TGD-4100)

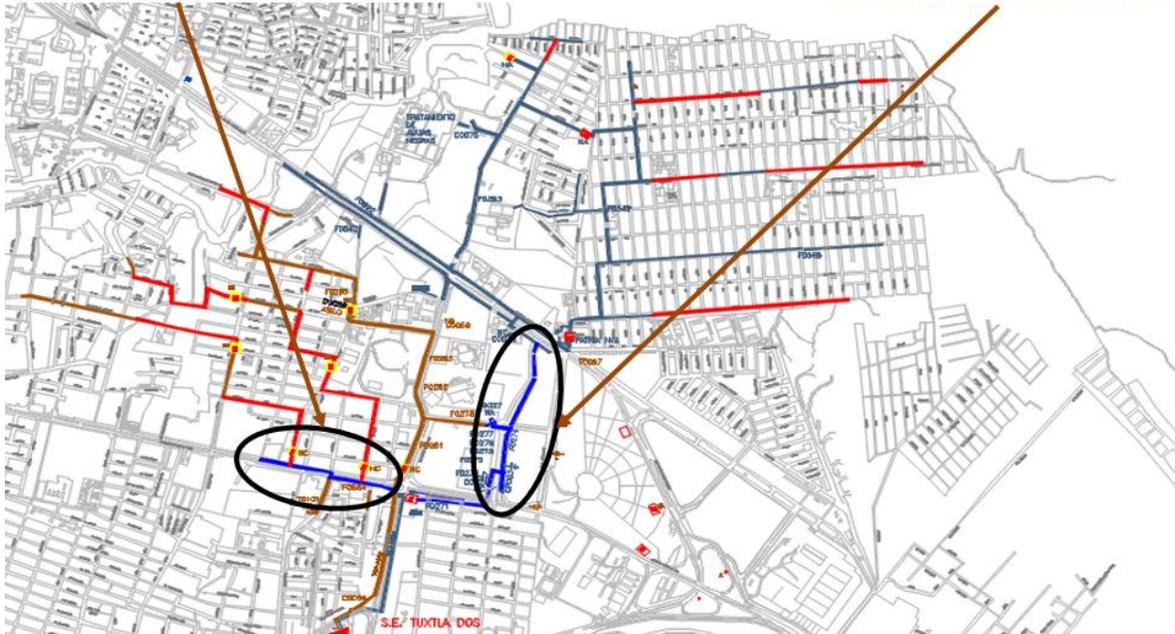


Conductor Semiaislado de 1.2 km

## Subestación Tuxtla Dos (TGD-4020 Y TGD-4060)

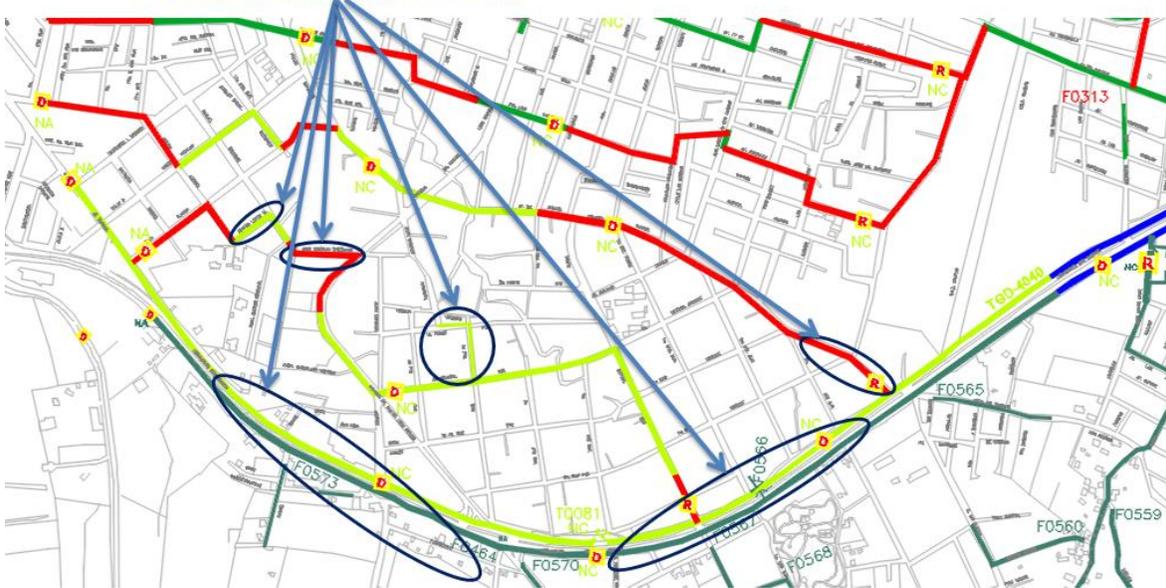
Recalibracion de 2.471 km

Recalibracion de 2.287 km



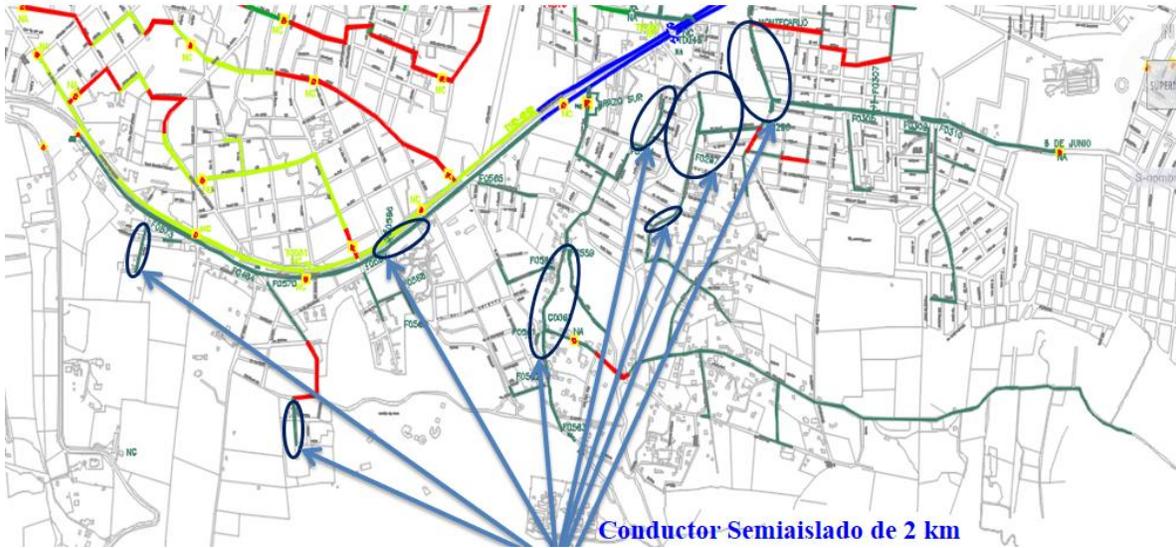
## Subestación Tuxtla Dos (TGD-4040)

Conductor Semiaislado de 2.5 km





## Subestación Tuxtla Dos (TGD-4090)

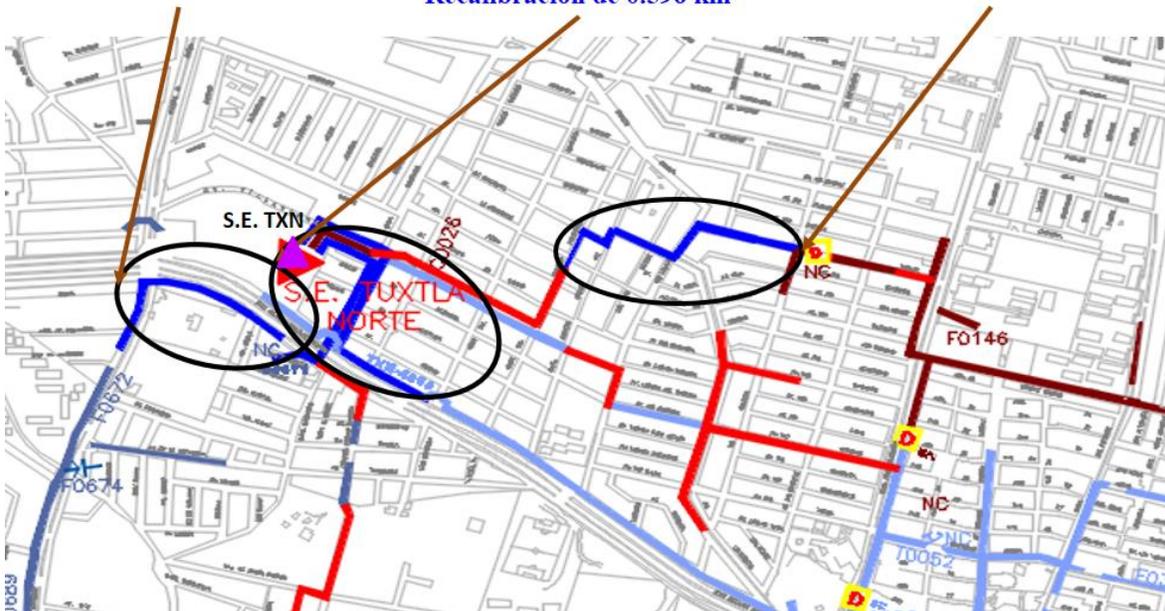


## Subestación Tuxtla Norte (TXN-4010, TXN-4030 Y TXN-4060)

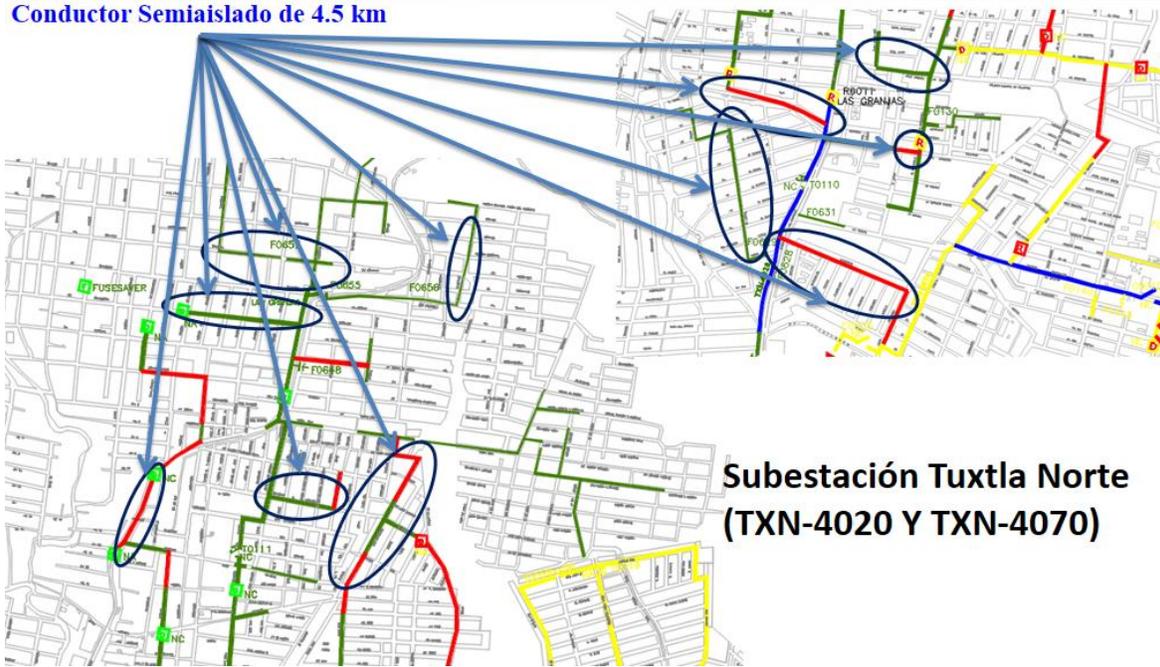
Recalibracion de 0.624 km

Recalibracion de 0.596 km

Recalibracion de 0.773 km



Conductor Semiaislado de 4.5 km

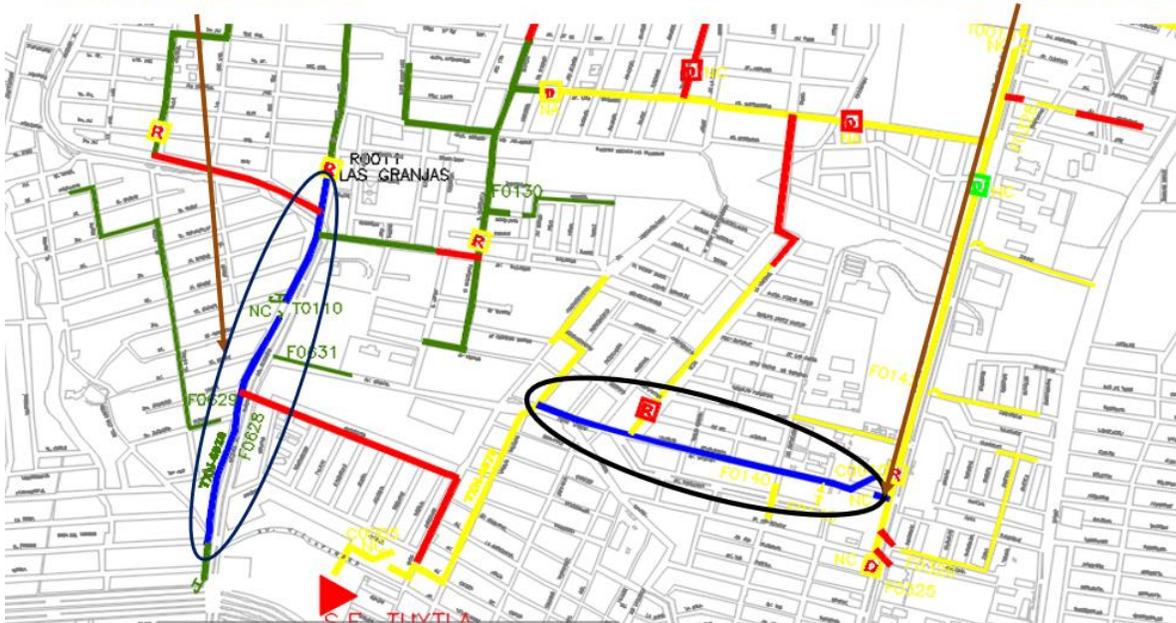


Subestación Tuxtla Norte  
(TXN-4020 Y TXN-4070)

### Subestación Tuxtla Norte (TXN-4020 Y TXN-4070)

Recalibración de 1.457 km

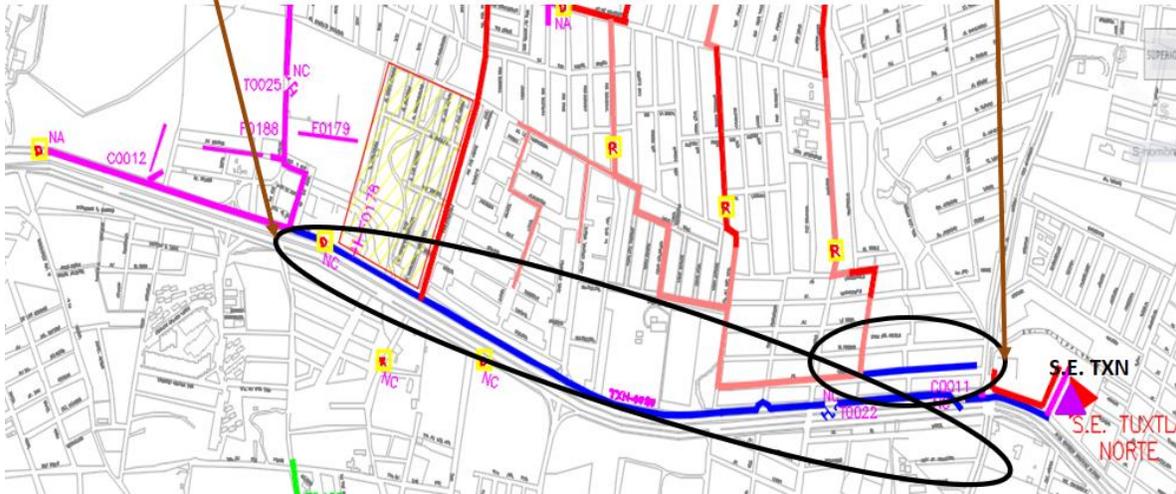
Recalibración de 1.328 km



### Subestación Tuxtla Norte (TXN-4080 Y TXN-4100)

Recalibracion de 2.027 km

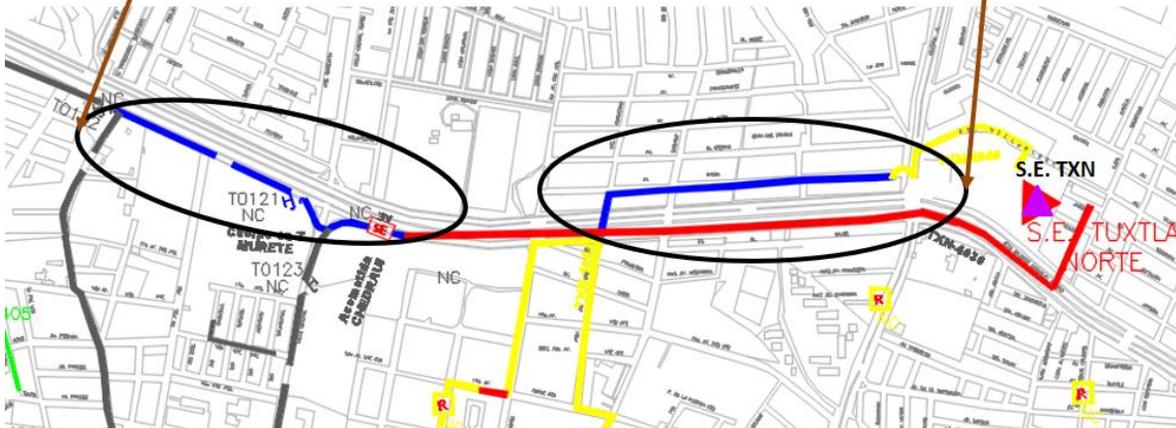
Recalibracion de 0.886 km



### Subestación Tuxtla Norte (TXN-4040 Y TXN-4050)

Recalibracion de 1.905 km

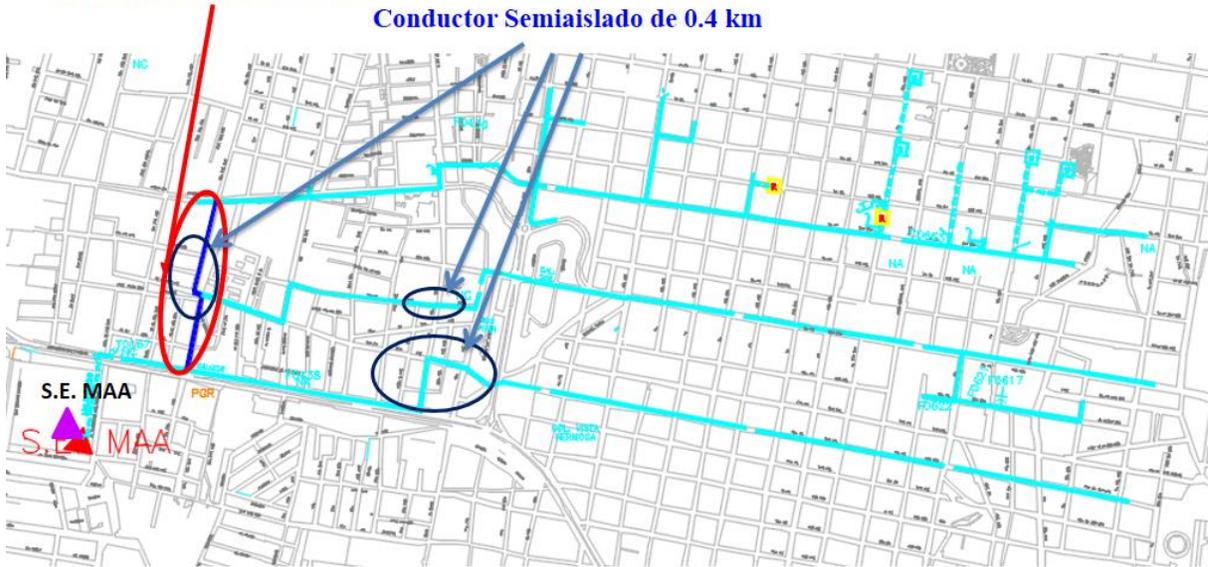
Recalibracion de 0.934 km



## Subestación Mactumatza (MAA-4020)

Recalibracion de 0.787 km

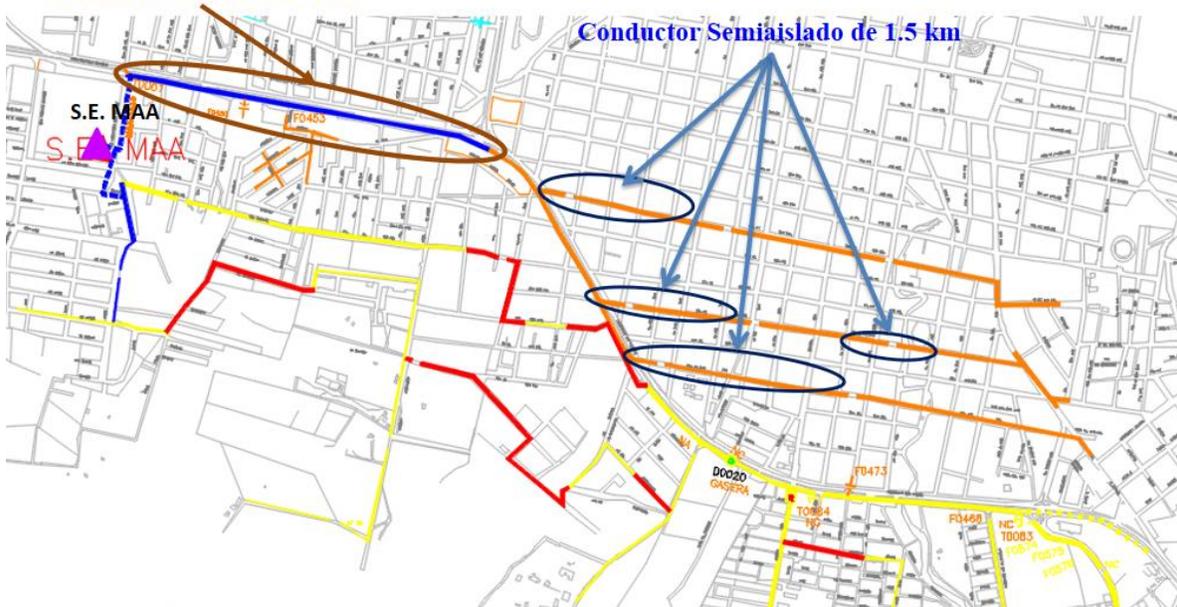
Conductor Semiaislado de 0.4 km



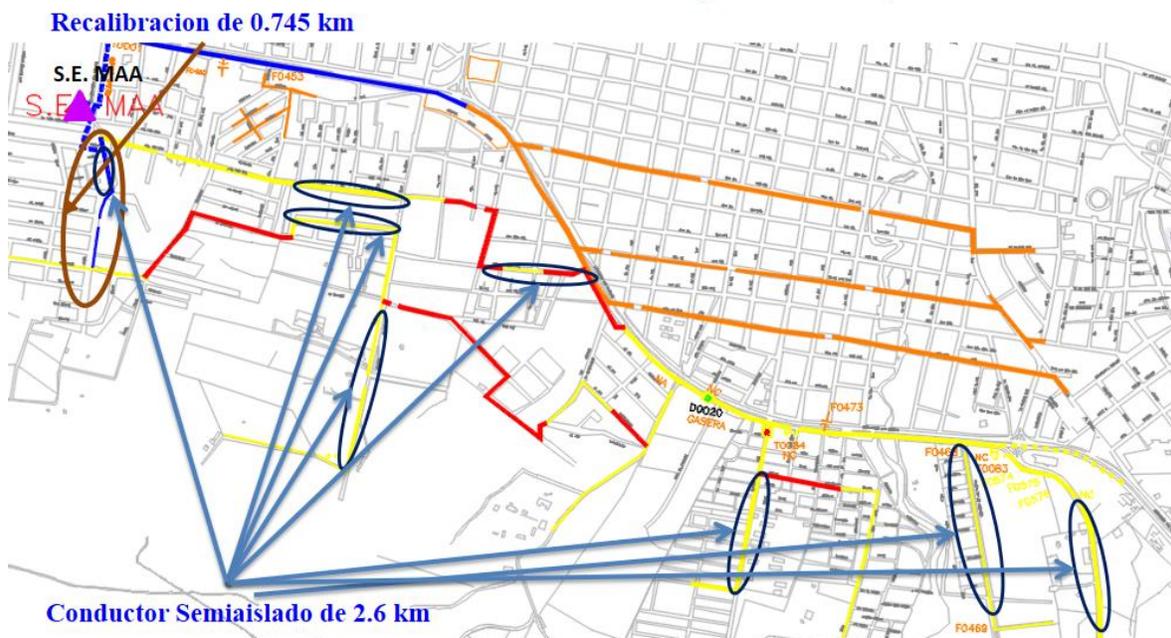
## Subestación Mactumatza (MAA-4040)

Recalibracion de 2.241 km

Conductor Semiaislado de 1.5 km



## Subestación Mactumatza (MAA-4060)



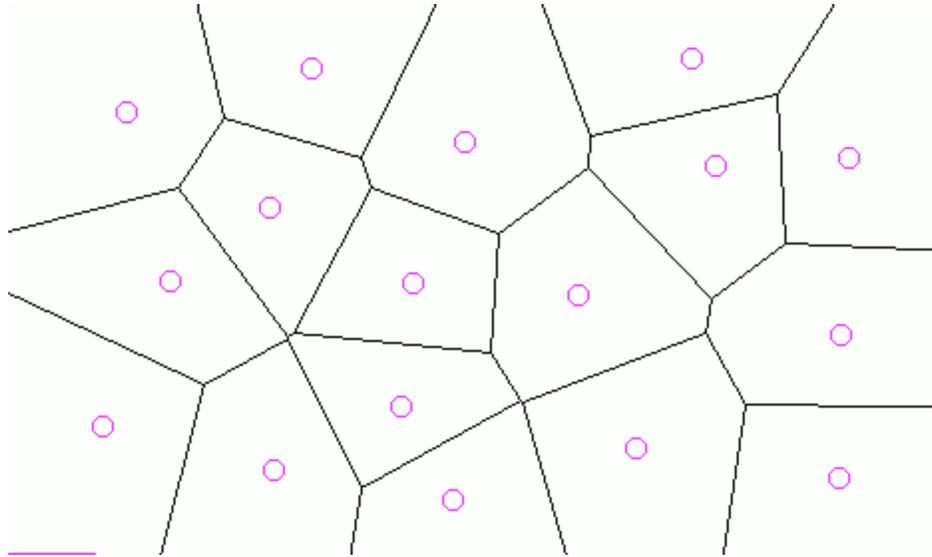
### Anexo B: Concentrado de Conductores y Kilómetros propuestos con PCR

CIRCUITO	TENSIÓN	CONDUCTOR	KM
TXN-4020	M.T.	Cable SA-AAC (336)-XLP15	4.5
TXN-4020	B.T.	Cable Multiple AAC-ACSR (3+1)3/0-1/0	2.5
TXN-4070	M.T.	Cable ACSR 3/0	8.555
TXN-4070	B.T.	Cable Multiple AAC-ACSR (2+1)1/0-2	0.385
TXN-4080	M.T.	Cable ACSR 3/0	15.99
TXN-4080	B.T.	Cable Multiple AAC-ACSR (2+1)1/0-2	0.385
TXN-4020	B.T.	Cable Multiple AAC-ACSR (2+1)1/0-2	0.385
TXN-4100	M.T.	Cable ACSR 266	6.182
TGU-4050	M.T.	Cable ACSR 3/0	5.73
TGU-4060	M.T.	Cable SA-ACSR (266)-XLP15	1.8
TGU-4070	M.T.	Cable SA-ACSR (266)-XLP15	1.5
TGU-4080	M.T.	Cable ACSR 266	2.345
TXN-4050	M.T.	Cable ACSR 3/0	7.485
TGU-4060	B.T.	Cable Multiple AAC-ACSR (2+1)1/0-2	0.985
TGU-4070	B.T.	Cable Multiple AAC-ACSR (2+1)1/0-2	1.385
MAA-4020	M.T.	Cable SA-ACSR (266)-XLP15	0.4
MAA-4040	M.T.	Cable SA-ACSR (266)-XLP15	1.5
MAA-4020	B.T.	Cable ACSR 477	2.931
TGD-4100	B.T.	Cable ACSR 477	2.931
TGD-4040	M.T.	Cable SA-ACSR (266)-XLP15	2.5

TGD-4100	M.T.	Cable SA-ACSR (266)-XLP15	1.2
TGD-4090	M.T.	Cable SA-ACSR (266)-XLP15	2
MAA-4060	M.T.	Cable SA-AAC (336)-XLP15	2.6
MAA-4020, TGD-4100, MAA-4040, TGU-4050	B.T.	Cable ACSR 477	2.931
TGD-4060	M.T.	Cable ACSR 477	5.604
TGD-4070	M.T.	Cable ACSR 3/0	4.101
TGD-4080	M.T.	Cable ACSR 477	3.699
TXN-4030	M.T.	Cable ACSR 477	3.889
TXN-4030	B.T.	Cable Multiple AAC-ACSR (2+1)1/0-2	0.385
TXN-4040	M.T.	Cable ACSR 477	2.875
TXN-4040	B.T.	Cable Multiple AAC-ACSR (2+1)1/0-2	0.385
TGD-4020	M.T.	Cable ACSR 477	7.038
TGD-4020	B.T.	Cable Multiple AAC-ACSR (2+1)1/0-2	0.385
TGD-4050	M.T.	Cable ACSR 477	8.642
TGD-4050	B.T.	Cable Multiple AAC-ACSR (2+1)1/0-2	0.385
TXN-4010	M.T.	Cable ACSR 3/0	4.307
TXN-4010	B.T.	Cable Multiple AAC-ACSR (2+1)1/0-2	0.385
TXN-4060	M.T.	Cable ACSR 3/0	2.766
TXN-4060	B.T.	Cable Multiple AAC-ACSR (2+1)1/0-2	0.385
TGD-4120	M.T.	Cable ACSR 477	4.077

### Anexo C: Diagrama de Voronoi

Básicamente, un diagrama de Voronoi es una subdivisión del plano (en el que se encuentran  $n$  puntos) en  $n$  regiones, de forma que cada segmento de línea que sirve de división entre dos regiones es equidistante a los dos puntos de sendas regiones (y, por tanto, perpendicular al eje que une esos dos puntos).



*Ilustración 1 Diagrama de Voronoi*

Este diagrama posee una serie de propiedades muy interesantes:

- Cada vértice del diagrama de Voronoi debe ser centro de un círculo que contenga al menos tres puntos de la nube
- Cada región definida por este diagrama es convexa
- El bisector entre dos regiones del plano formará parte del diagrama de Voronoi si y sólo si puede trazarse un círculo con centro en el bisector y que contenga en su contorno a los dos puntos (uno de cada región) sin contener a ningún otro punto en ningún otro lugar

Estas propiedades hacen que este diagrama pueda servir para conocer el área de influencia de cada punto, encontrar el lugar del plano más alejado de los puntos que actualmente forman la nube, encontrar el punto más cercano a un lugar del plano cualquiera, averiguar dónde situar un punto para que su área de influencia sea mayor teniendo en cuenta los puntos ya existentes en el plano.

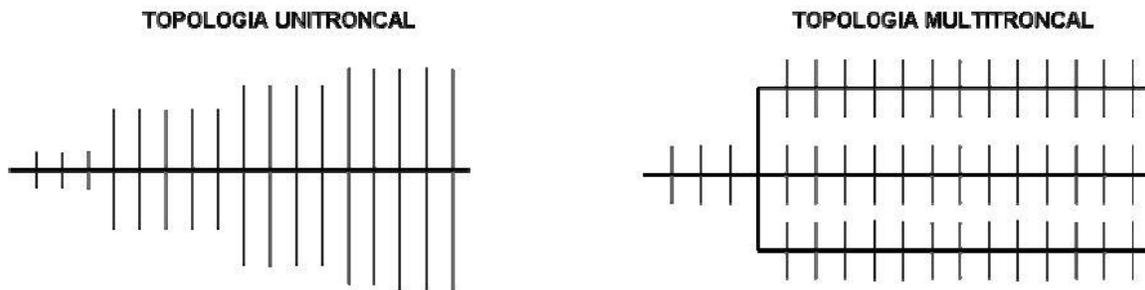
Es evidente que, con todas estas características, las posibles aplicaciones en la vida real de éste diagrama son incontables y sobre campos muy diferentes.

#### **Anexo D:** Esquemas de alimentadores de media tensión

Los alimentadores de media tensión pueden presentar dos esquemas de construcción: el esquema unitroncal y el esquema multitroneal.

Hay dos formas muy diferentes en que un alimentador radial puede distribuir la energía, una de ellas concentra la corriente en una sola trayectoria llamada troncal, el cual corresponde al esquema unitroncal, misma que distribuye energía a través de ramales conectados a dicha

troncal. La segunda utiliza dos o más trayectorias principales a través de las cuales distribuye la energía, correspondiente al esquema multitroncal.



En la figura se presentan los esquemas unitroncal y multitroncal. En los segmentos troncales el conductor es de mayor capacidad mientras que en los ramales es de media capacidad. Los ramales derivados de las troncales, suministran energía a los transformadores.

- La Figura del lado izquierdo es construida con una sola rama principal (troncal), donde se derivan los ramales que alimentan a los transformadores.
- La Figura del lado derecho representa 3 ramas principales, pero se acostumbra construir entre 2 y 6 ramas.

La configuración multitroncal presenta ventajas para el crecimiento futuro de la carga, por ser un diseño con mayor flexibilidad. Al tener más de una troncal cercana a una nueva carga, es necesario hacer una menor modificación, para llevar la potencia a la nueva carga.

Cuando se instalan equipos de protección adecuados en cada ramal principal, se mejora notablemente la confiabilidad, pero representa también un costo de inversión, mantenimiento y operación mayor.

#### **Ventajas del esquema multitroncal:**

- Flexibilidad operativa (seccionamiento de usuarios, respaldo en contingencias)
- Menor caída de tensión
- Mejor estética
- Mejor flexibilidad al crecimiento y manejo de la carga entre diferentes circuitos
- Mayor flexibilidad en circuitos con alta carga