



**Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi**

**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y**

**APLICADAS**

**CARRERA: INGENIERÍA ELÉCTRICA**

TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO  
EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

**TÍTULO:**

**“MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE SERVICIO TÉCNICO,  
ÍNDICES TTIK-FMIK, UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DE LAS  
CADENAS DE MARKOV EN EL ALIMENTADOR 1 LASSO DEL  
SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA  
PROVINCIAL COTOPAXI S.A. PARA EL AÑO 2014”**

**AUTOR:**

HERRERA TAPIA MARCELA PATRICIA

**DIRECTOR DE TESIS**

Ing. Vicente Quispe

**LATACUNGA – ECUADOR**

## **AUTORÍA**

Yo, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

La responsabilidad de esta tesis de grado me corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Marcela Patricia Herrera Tapia

C.I. 0503491458

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios ser maravilloso por haberme venido acompañando y guiando a lo largo de mi carrera, dándome fuerza, sabiduría y confianza para lograr culminar este trabajo tan anhelado.*

*Un sincero agradecimiento al Ing. Vicente Quispe por sus conocimientos y consejos impartidos como director de tesis, a la Ing. Lina Basantes por la ayuda desinteresada compartiendo sus conocimientos profesionales en el desarrollo del presente proyecto, a todos los Ingenieros que he conocido a lo largo de mi formación profesional.*

*A la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A., por haber depositado la confianza en mi persona y permitirme realizar mi proyecto, al Departamento de Planificación en especial al Ing. Diego Parra por su paciencia, conocimientos, apoyo moral e incondicional como profesional y esposo, quien siempre ha estado impulsándome para terminar este proyecto.*

*Marcela Patricia*

## DEDICATORIA

*Este trabajo es dedicado especialmente a Dios por ser la guía y fortaleza en mi vida.*

*A mi Papi Galo y a mi Mamá Juanita por la confianza depositada en mí, quienes siempre han estado junto a mí brindándome su amor, sus consejos y su apoyo incondicional para poder tomar las mejores decisiones en mi vida, y por haber sembrado las mejores virtudes que se necesitan para vivir una vida plena y llena de felicidad.*

*A mi esposo Diego, quien ha sido el impulso y el pilar fundamental para culminar mi carrera, con su apoyo constante y amor incondicional ha sido un amigo incondicional fuente de sabiduría y consejo en todo momento.*

*A mis hermanos por siempre estar presentes y acompañándome en los momentos felices y difíciles de mi vida.*

*A mis tesoros más preciados en mi vida, mis sobrinos David, Danielito, Camilita, Esteban e Ismael quienes llenan mi vida de alegría y amor con sus travesuras y ocurrencias.*

*Marcela Patricia*

## INDICE GENERAL

AUTORÍA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
DEDICATORIA.....	iv
INDICE GENERAL.....	v
INTRODUCCIÓN.....	xv
CAPITULO I.....	1
1.FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....	1
1.1.Sistemas de Distribución .....	1
1.1.1.Características de los sistemas de distribución .....	1
1.1.1.1.Clasificación de los Sistemas de Distribución .....	2
1.1.1.2.Componentes de un Sistema de Distribución.....	2
1.1.2.Aspectos legales .....	3
1.1.2.1.Distribuidoras .....	3
1.1.2.2.Regulación No. ARCONEL - 004/01 con respecto a la Calidad de Servicio Eléctrico.....	3
1.1.2.3.Aspectos de Calidad .....	3
1.1.2.4.Calidad Del Servicio Técnico .....	4
1.1.2.5.Identificación de las Interrupciones.....	4
1.1.2.5.1.Aspectos generales.....	4
1.1.2.5.2.Registro y Clasificación de las Interrupciones.....	5
1.1.2.5.3.Interrupciones a ser Consideradas.....	6

1.1.2.6. Control del Servicio Técnico en la Subetapa 1.....	6
1.1.2.7. Índices.....	7
1.1.2.8. Registro.....	8
1.1.2.9. Límites.....	9
1.1.2.10. Cálculo de la Energía No Suministrada. ....	9
1.1.3. Análisis de los sistemas de distribución enfocado a la frecuencia y duración de fallas en sistemas primarios radiales.....	11
1.2. Teoría de confiabilidad aplicada a sistemas de distribución.....	12
1.2.1. Introducción.....	12
1.2.1.1. Confiabilidad en sistemas de distribución.....	13
1.2.2. El Método Cadenas De Markov.....	13
1.2.2.1. Matrices de probabilidades de transición.....	14
1.2.2.2. Procesos discretos de Markov.....	14
1.2.2.3. Misión orientada a los sistemas.....	15
1.2.2.4. Diagrama de estados.....	16
1.2.3. Técnicas de frecuencia y duración.....	16
1.2.4. Metodología para la evaluación de la confiabilidad.....	18
1.2.4.1. Aplicación de las cadenas de Markov en la confiabilidad de los sistemas. ....	19
1.2.4.2. Modelo de la red.....	19
1.2.4.2.1. Estructura topológica.....	19
1.2.4.2.2. Caracterización de los elementos.....	20
1.2.4.2.3. Clasificación de los estados.....	23
1.2.4.3. Determinación de estados de los elementos.....	23
1.2.4.3.1. Determinación de estados.....	23

1.2.4.3.2.Evaluación de estados.....	25
Sistemas conectados en paralelo.....	25
Sistemas conectados en paralelo.....	26
Componentes serie-paralelo.....	27
1.2.5.Reconfiguración de los sistemas de distribución.....	31
1.2.5.1.Efecto de la reconfiguración en la confiabilidad.....	31
1.2.6.Antecedentes recomendables para reconfiguraciones del sistema para mejorar los índices de calidad.....	32
1.3.DESCRIPCIONES DE SOFTWARE'S.....	32
1.3.1.SOFTWARE CYMDIST.....	32
CAPITULO II.....	34
2. ANÁLISIS, DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA INFORMACIÓN DE CAMPO DEL ALIMENTADOR 1 LASSO.....	34
2.1.Introducción.....	34
2.1.1.Reseña histórica de la Empresa Eléctrica Cotopaxi S.A.....	35
2.1.1.1.MISIÓN.....	36
2.1.1.2.VISIÓN.....	36
2.1.1.3.ÁREA DE CONCESIÓN.....	36
2.1.1.4.Fuentes de suministro de energía eléctrica.....	37
2.1.1.5.Generación propia.....	37
2.1.1.6.Sistema de Subtransmisión de ELEPCO S.A.....	38
2.1.1.7.Subestación de Distribución Lasso.....	40
2.2.DISEÑO METODOLÓGICO.....	40
2.2.1.TIPOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	40

2.2.1.1. Investigación Bibliográfica .....	40
2.2.1.2. Investigación de Campo .....	41
2.2.1.3. Investigación Exploratoria .....	41
2.2.2. Métodos de la Investigación.....	41
2.2.2.1. Método Hipotético-Inductivo .....	41
2.2.2.2. Método Analítico-Sintético.....	41
2.2.2.3. El Método Histórico .....	41
2.2.2.4. Método de la Modelación.....	42
2.2.3. Instrumentos de la investigación.....	42
2.3. Alimentador 1 Lasso .....	43
2.3.1. Línea de medio voltaje.....	44
2.3.2. Estructura topológica.....	45
2.3.3. Características técnicas de los elementos .....	45
2.3.3.1. Parámetros de las líneas.....	45
2.3.3.2. Transformadores .....	46
2.3.3.3. Curva tipo de la demanda diaria .....	47
2.3.3.4. Máxima Carga.....	49
2.3.4. Cálculo de los índices actuales de confiabilidad para el alimentador 1 Lasso... 51	
2.3.4.1. Determinación de los elementos del alimentador en estudio .....	52
2.3.5. Índices actuales del alimentador 1 Lasso .....	55
2.4. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	60
CAPITULO III .....	
3. METODOLOGÍA APLICADA A LA REDUCCIÓN DE LOS ÍNDICES DE CONFIABILIDAD MEDIANTE LA RECONFIGURACIÓN DE LA RED DE MEDIO VOLTAJE DEL ALIMENTADOR 1 LASSO .....	61



3.1.PRESENTACIÓN.....	61
3.2.JUSTIFICACIÓN.....	62
3.3.OBJETIVOS.....	63
3.3.1.OBJETIVO GENERAL.....	63
3.3.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	63
3.4.Alcance.....	63
3.5.Desarrollo del método.....	64
3.5.1.Reconfiguración de la topología de la red del sistema de medio voltaje basado en la calidad de servicio.....	65
3.6.Determinación de los nuevos índices de confiabilidad con la reconfiguración propuesta.....	68
3.7.Análisis de factibilidad.....	73
3.7.1.Factibilidad técnica.....	73
3.7.2.Factibilidad económica.....	75
3.7.2.1.Inversiones.....	75
4.CONCLUSIONES.....	78
5.RECOMENDACIONES.....	79
6.BIBLIOGRAFIA.....	80
7.ANEXOS.....	82

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Aspectos de calidad .....	3
Tabla 1.2 Registro y clasificación de ls interrupciones .....	5
Tabla 1.3 Límites admisibles TTIK- FMIK.....	9
Tabla 1.4 Interrupciones aportadas según el tipo de elemento .....	28
Tabla 1.5 Tiempos de interrupción .....	30
Tabla 2.1 Centrales de generación propia de ELEPCO S.A. ....	37
Tabla 2.2 Datos del alimentador 1 Lasso .....	43
Tabla 2.3 Transformadores monofásicos.....	47
Tabla 2.4 Transformadores trifásicos.....	47
Tabla 2.5 Período y consumo en el alimentador .....	48
Tabla 2.6 KVA máximos .....	50
Tabla 2.9 Determinacion de los elementos .....	52
Tabla 2.10 Tasas de Fallas y tiempos de interrupción .....	54
Tabla 2.11 Tiempos de interrupción .....	55
Tabla 2.12 Diagnostico del alimentador 1 Lasso .....	56
Tabla 2.13 Indices de confiabilidad estado actual.....	60
Tabla 3.1 Nuevos indices de confiabilidad propuesta .....	69
Tabla 3.2 Nuevos indices de confiabilidad circuito 2 .....	71
Tabla 3.3 Análisis técnico propuesta .....	74
Tabla 3.4 Porcentajes de mejora de los indices de confiabilidad .....	74

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.1 Índice FMIK.....	7
Ecuación 1.2 Índice TTIK .....	7
Ecuación 1.3 Cálculo de la Energía no Suministrada CASO 1 .....	10
Ecuación 1.4 Cálculo de la Energía no Suministrada CASO 2 .....	10
Ecuación 1.5 Cálculo de la Energía no Suministrada CASO 3 .....	10
Ecuación 1.6 Cálculo de la Energía no Suministrada CASO 4 .....	10
Ecuación 1.7 Tasa de falla .....	11
Ecuación 1.8 Cadenas de Markov .....	14
Ecuación 1.9 Técnica de frecuencia y duración .....	17
Ecuación 1.10 Técnica de frecuencia y duración .....	18
Ecuación 1.11 Frecuencia de ciclo .....	18
Ecuación 1.12 Tasa de falla .....	20
Ecuación 1.13 Número de fallas por Km sistema completo.....	21
Ecuación 1.14 Número de fallas por Km por elementos individuales.....	21
Ecuación 1.15 Probabilidad de un componente en estado de operación serie .....	25
Ecuación 1.16 Tasa de falla del sistema en serie.....	26
Ecuación 1.17 Duración de la falla promedio del sistema serie.....	26
Ecuación 1.18 Tiempo de interrupcion del sistema en serie .....	26
Ecuación 1.19 Probabilidad de un componente en estado de operación paralelo .....	26
Ecuación 1.20 Tasa de falla del sistema en paralelo .....	27
Ecuación 1.21 Duración de la falla promedio del sistema paralelo .....	27
Ecuación 1.22 Tiempo de interrupcion del sistema en paralelo .....	27
Ecuación 1.23 Tasa de falla para tramos del alimentador unitario .....	29
Ecuación 1.24 Tasa de falla para tramos del alimentador total .....	29
Ecuación 1.25 Indisponibilidad anual del elemento.....	30
Ecuación 1.26 Indisponibilidad anual total del elemento .....	30

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1 Red de distribución típica .....	2
Ilustración 1.2 Curva de la bañera.....	12
Ilustración 1.3 Diagramas de estados de dos componentes idénticos no reparables... 15	
Ilustración 1.4 Diagrama de espacios de estados de un componente y representación del ciclo operación- falla- reparación- operación.....	17
Ilustración 1.5 Sistema de dos componentes serie .....	25
Ilustración 1.6 Sistema de dos componentes paralelo.....	26
Ilustración 1.7 Reducción de componentes serie-paralelo.....	28
Ilustración 1.8 Ventana del programa CYMDIST .....	28
Ilustración 2.1 Área de concesión ELEPCO S.A. ....	36
Ilustración 2.2 Diagrama Unifilar ELEPCO S.A. ....	39
Ilustración 2.3 Diagrama del Alimentador 1 Lasso.....	43
Ilustración 2.4 Línea de medio Voltaje.....	44
Ilustración 2.5 Curva tipo de demanda diaria del alimentador .....	49
Ilustración 2.6 Curva de los KVA máximos.....	52
Ilustración 3.1 Propuesta construcción de un nuevo tramo para dividir alimentador	66
Ilustración 3.2 Circuito 2 existente .....	67

## RESUMEN

El suministro de energía en el país es un servicio de utilidad pública de interés nacional, por lo tanto, se ha creado entes que establezcan reglamentos y leyes en el sector eléctrico, para regular y controlar la calidad de energía en el país. El ente regulador en el país es el ARCONEL quien controla, regula y sanciona a las empresas distribuidoras de no cumplir con las leyes y reglamentos establecidos.

En el presente trabajo tiene el propósito de mejorar la confiabilidad de un alimentador primario tipo radial de la Provincia de Cotopaxi aplicando la metodología de las Cadenas de Markov, y la técnica de reconfiguración del sistema de distribución. Al aplicar estas técnicas permite mejorar los índices de confiabilidad como es la Frecuencia Media de Interrupción por KVA instalados (FMIK) y el Tiempo Total de Interrupción por KVA instalados (TTIK), el alimentador primario 1 Lasso parte de la subestación Lasso perteneciente a la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A.

La regulación 004/01 emitida por el ARCONEL trata sobre los índices de confiabilidad de los sistemas eléctricos que deben cumplir con los límites admisibles cada una de las empresas distribuidoras tanto en alimentadores rurales como en alimentadores urbanos.

La Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A, con la metodología aplicada en el alimentador 1 Lasso para mejorar los índices de confiabilidad como establece la regulación 004/01, ayudará a la empresa a cumplir con las regulaciones y leyes que emite el ente regulador del sector eléctrico y brindar un mejor servicio de energía a todos los usuarios que se encuentren conectados al alimentador; así como también permitirá disminuir las pérdidas económicas para la empresa como para los usuarios.

## **ABSTRACT**

The energy supply in our country is the public service useful with national interest, therefore, It has been created regulations and laws in the electricity sector, to regular and control the energy quality in this country. The entities regulation in Ecuador is ARCONEL, That control, regulate and sanction all companies that not fulfil laws establish in it, within its concession area.

The present work has proposal consider options for to improve reliability in a primary feeder type radial in Cotopaxi Province apply Markov chain methodology and technique re-configuration of the grid. To apply these techniques allow us get better index reliability the Interruption Media Frequency for KVA Install (FMIK) and interruption time by KVA install (TTIK), primary feeder 1 part branch Lasso, this belong to Cotopaxi Province Electric Company S.A. by means regulation 004/01 emit by ARCONEL be about index the systems electricity reliability must fulfil with acceptable limit every company distributor such as rural and urban supply.

The Cotopaxi Province Electric Company ELEPCO S.A., with the methodology applying in the feeder 1 Lasso to improve index reliability as establish or regulation 004/01, assist to the company fulfilling with regulations and laws which emits regulation provide of energy to somebody users to be connect of the supply, as well as contribute in the economics of this company and users by the suspension of electric service.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en el país la evaluación de la confiabilidad de los sistemas de distribución se ha convertido en uno de los puntos más importantes, es por esta razón que el ARCONEL como ente regulador ha venido creando normas y reglamentos con el propósito de brindar a cada uno de los usuarios mayor confiabilidad, calidad de servicio, continuidad y una alta eficiencia y eficacia del sistema eléctrico de potencia, los mismos que tienen que ser cumplidos por todas las empresas distribuidoras del país.

En el primer capítulo, se desarrollará la temática general que logrará explicar los aspectos fundamentales para el desarrollo del presente trabajo, donde se hablará acerca de la regulación 004/01 del ARCONEL, confiabilidad de los sistemas eléctricos de distribución, el método de las Cadenas de Markov y la aplicación de la misma.

En el segundo capítulo, se analizará, describirá e interpretará los resultados del estado actual del alimentador 1 Lasso, mediante la aplicación del Método de las Cadenas de Markov, para determinar el tiempo total de interrupción por KVA instalados (TTIK) y la frecuencia media de interrupción por KVA instalados (FMIK).

En el tercer capítulo, se realizará la propuesta para lograr mejorar los índices de confiabilidad TTIK y FMIK, en el alimentador 1 Lasso donde se analizará la factibilidad técnica y económica del proyecto y así ver si se ha logrado el propósito esperado.

# CAPITULO I

## 1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

En este capítulo se presenta la definición de los términos que van a emplearse durante la investigación.

### 1.1. Sistemas de Distribución

VILCAHUAMAN, Raúl (1993) menciona que “los sistemas de distribución incluyen todos los elementos de transporte de energía eléctrica comprendidos entre la subestaciones primarias, donde la transmisión de potencia se reduce a niveles de distribución, y a las bajadas de servicio a los abonados”

#### *1.1.1. Características de los sistemas de distribución*

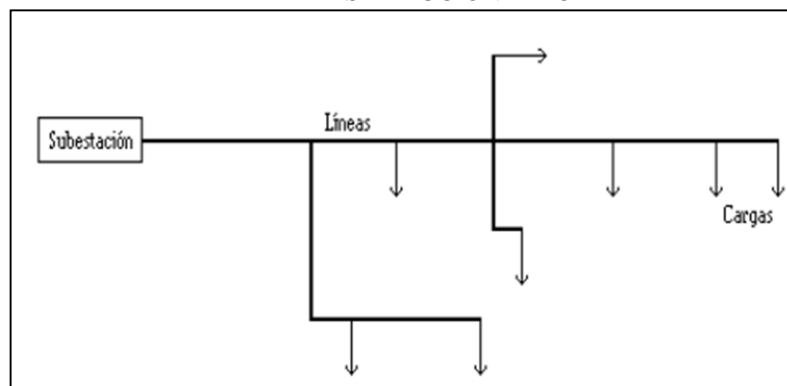
“Las redes de distribución presentan características muy particulares, entre estas se distinguen las siguientes:

- Topologías radiales
- Líneas de resistencia comparables a la reactancia
- Múltiples conexiones (monofásicas, bifásicas, etc.)
- Cargas de distinta naturaleza
- Líneas de trasposiciones
- Cargas distribuidas”

Los sistemas de distribución son típicamente radiales, es decir, el flujo de potencia nace sólo de un nodo. Este es principalmente la subestación que alimenta a lo largo de toda la red del alimentador como podemos ver en la ilustración 1.1.



Ilustración 1.1  
RED DE DISTRIBUCIÓN TÍPICA



Fuente: Regulación en el sector distribución eléctrica VILCAHUAMAN, RAÚL  
Autor: VILCAHUAMAN, RAÚL

En estos sistemas se pueden encontrar muchos tipos de conexiones: trifásica, bifásicas o monofásicas.

#### ***1.1.1.1. Clasificación de los Sistemas de Distribución***

VILCAHUAMAN, Raúl (1993) menciona “los sistemas de distribución pueden clasificarse de diversas formas:

- Según la carga: alumbrado público, industrial, comercial, residencial
- Según la corriente continua y alterna
- Según el voltaje: distribución primaria, distribución secundaria
- Según su topología: radial anillo
- Según el número de conductores: bifilar, trifilar, a cuatro hilos, etc
- Según el tipo de conexión: aérea o subterránea”

#### ***1.1.1.2. Componentes de un Sistema de Distribución***

Los componentes de un sistema de distribución suelen ser: alimentadores, transformadores, líneas y cables, capacitores o condensadores y equipos de protección, entre otros, los que se mencionan son los elementos mínimos que conforma un sistema y este se puede incrementar de acuerdo a las necesidades.

## **1.1.2. Aspectos legales**

En la aplicación de la regulación del ARCONEL nos apegamos al desarrollo que posee la Ing. Lina Basantes, en su tesis de grado para verificar los índices de confiabilidad de la empresa distribuidora está cumpliendo o no con la regulación.

### **1.1.2.1. Distribuidoras**

### **1.1.2.2. Regulación No. ARCONEL - 004/01 con respecto a la Calidad de Servicio Eléctrico.**

Con el propósito de cumplir con el literal e) del artículo 13 de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, el Consejo Nacional de Electricidad (ARCONEL) emitió la Regulación 004 de 2001 en la cual se establece los niveles de calidad de la prestación del servicio eléctrico de distribución y los procedimientos de evaluación a ser observados por parte de las Empresas Distribuidoras.

### **1.1.2.3. Aspectos de Calidad**

La Calidad de Servicio se medirá considerando los aspectos siguientes:

TABLA 1.1  
ASPECTOS DE CALIDAD

<b>Calidad del Producto:</b>	<b>Calidad del Servicio Técnico:</b>	<b>Calidad del Servicio Comercial:</b>
Nivel de voltaje	Frecuencia de Interrupciones	Atención de Solicitudes
Perturbaciones de voltaje	Duración de Interrupciones	Atención de Reclamos
Factor de Potencia		Errores en Medición y Facturación

Fuente: BASANTES BASANTES, Lina Elizabeth. "MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE SERVICIO TÉCNICO, ÍNDICES TTIK-FMIK, UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DE LAS CADENAS DE MARKOV EN EL ALIMENTADOR FICOA DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A. EEASA."

Director: Klever Mayorga. Universidad Técnica de Cotopaxi. 2013.

Autor: BASANTES LINA

#### ***1.1.2.4. Calidad Del Servicio Técnico***

Los criterios de calidad de servicio técnico de distribución definidos por el ARCONEL es que las empresas distribuidoras deben cumplir con la entrega en forma continua un servicio confiable y de buena calidad, este crea los índices de confiabilidad TTIK Y FMIK como normas para comprobar la calidad de servicio de energía y las respectivas sanciones económicas al no cumplir con lo que establece la ley.

#### ***1.1.2.5. Identificación de las Interrupciones***

##### ***1.1.2.5.1. Aspectos generales***

La información relacionada con cada una de las interrupciones que ocurran en la red eléctrica se identificará de la siguiente manera:

- Fecha y hora de inicio de cada interrupción.
- Identificación del origen de las interrupciones: internas o externas
- Ubicación e identificación de la parte del sistema eléctrico afectado por cada interrupción: circuito de bajo voltaje (BV), centro de transformación de medio voltaje a bajo voltaje (MV/BV), circuito de medio voltaje (MV), subestación de distribución (AV/MV), red de alto voltaje (AV).
- Identificación de la causa de cada interrupción.
- Relación de equipos que han quedado fuera de servicio por cada interrupción, señalando su respectiva potencia nominal.
- Número de Consumidores afectados por cada interrupción.
- Número total de Consumidores de la parte del sistema en análisis.
- Energía no suministrada.
- Fecha y hora de finalización de cada interrupción.

Esta información debe tener interrelación con las bases de datos, de tal manera que se permitirá identificar claramente a todos los Consumidores afectados por cada interrupción que ocurra en el sistema eléctrico.

#### **1.1.2.5.2. Registro y Clasificación de las Interrupciones**

El Distribuidor debe llevar, mediante un sistema informático, el registro histórico de las interrupciones correspondientes, por lo menos de los tres últimos años.

El registro de las interrupciones se deberá efectuar mediante un sistema informático, el cual deberá ser desarrollado previamente a fin de asegurar su utilización durante la Subetapa 1.

En el registro, las interrupciones se pueden clasificar de acuerdo a los parámetros que se indican a continuación, los que deberán tener un código para efectos de agrupamiento y de cálculos:

Tabla 1. 2  
REGISTRO Y CLASIFICACIÓN DE LAS INTERRUPCIONES

<b>Registro y Clasificación de las Interrupciones</b>			
<b>Por su duración</b>	<b>Por su origen</b>	<b>Por su causa</b>	<b>Por el nivel de voltaje</b>
Breves, las de duración igual o menor a tres minutos.	Externas al sistema de distribución.	Programadas	Bajo voltaje
			Medio voltaje
Largas, las de duración mayor a tres minutos.	Internas al sistema de distribución.	No programadas	Alto voltaje

Fuente: BASANTES BASANTES, Lina Elizabeth. “MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE SERVICIO TÉCNICO, ÍNDICES TTIK-FMIK, UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DE LAS CADENAS DE MARKOV EN EL ALIMENTADOR FICOA DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A. EEASA.”

Director: Klever Mayorga. Universidad Técnica de Cotopaxi. 2013.

Autor: BASANTES LINA

#### ***1.1.2.5.3. Interrupciones a ser Consideradas.***

Para el cálculo de los índices de calidad que se indican en detalle más adelante, se considerarán todas las interrupciones del sistema con duración mayor a tres (3) minutos, incluyendo las de origen externo, debidas a fallas en transmisión. No serán consideradas las interrupciones con duración igual o menor a tres (3) minutos.

No se considerarán las interrupciones de un Consumidor en particular, causadas por falla de sus instalaciones, siempre que ellas no afecten a otros Consumidores.

Tampoco se considerarán para el cálculo de los índices, pero sí se registrarán, las interrupciones debidas a suspensiones generales del servicio, racionamientos, desconexiones de carga por baja frecuencia establecidas por el CENACE; y, otras causadas por eventos de fuerza mayor o caso fortuito, que deberán ser notificadas al ARCONEL, conforme lo establecido en el Art. 36 del Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad.

En el caso en que las suspensiones generales del servicio sean producidas por la Empresa Distribuidora, estos si serán registrados.

#### ***1.1.2.6. Control del Servicio Técnico en la Subetapa 1.***

Durante la Subetapa 1, y para los consumidores cuyo suministro sea en bajo voltaje, se controlará la calidad del servicio técnico sobre la base de índices que reflejen la frecuencia y el tiempo total que queda sin servicio la red de distribución.

Durante esta Subetapa 1 no se computarán las interrupciones originadas en la red de Bajo Voltaje que queden circunscritas en la misma, es decir aquéllas que no produzcan la salida de servicio del Centro de Transformación MV/BV al que pertenezcan.

Los límites de la red sobre la cual se calcularán los índices son, por un lado el terminal del alimentador MV en la subestación AV/MV, y por el otro, los bornes BV del transformador MV/BV.

### 1.1.2.7. Índices.

Los índices de calidad se calcularán para toda la red de distribución ( $R_d$ ) y para cada alimentador primario de medio voltaje ( $A_j$ ), de acuerdo a las siguientes expresiones:

- Frecuencia Media de Interrupción por kVA nominal Instalado (FMIK)

En un período determinado, representa la cantidad de veces que el kVA promedio sufrió una interrupción de servicio.

Ecuación 1.1

$$FMIK_{A_j} = \frac{\sum_i kVAfs_{iA_j}}{kVA_{instA_j}}$$

- Tiempo Total de interrupción por kVA nominal Instalado (TTIK)

En un período determinado, representa el tiempo medio en que el kVA promedio no tuvo servicio.

Ecuación 1.2

$$TTIK_{A_j} = \frac{\sum_i kVAfs_{iA_j} * Tfs_{iA_j}}{kVA_{instA_j}}$$

Dónde:

**FMIK** : Frecuencia Media de Interrupción por kVA nominal instalado, expresada en fallas por kVA.

**TTIK**: Tiempo Total de Interrupción por kVA nominal instalado, expresado en horas por kVA.

$\sum_i$  : Sumatoria de todas las interrupciones del servicio "i" con duración mayor a tres minutos, para el tipo de causa considerada en el período en análisis.

$\sum_i^{A_j}$  : Sumatoria de todas las interrupciones de servicio en el alimentador "A<sub>j</sub>" en el período en análisis.

**kVAfs<sub>i</sub>**: Cantidad de kVA nominales fuera de servicio en cada una de las interrupciones "i".

**KVAinst**: Cantidad de kVA nominales instalados.

**Tfs<sub>i</sub>**: Tiempo de fuera de servicio, para la interrupción "i"

**A<sub>j</sub>**: Alimentador primario de medio voltaje "j"

- Índices para consumidores en AV y MV

Para el caso de consumidores en áreas urbanas cuyo suministro sea realizado en el nivel de Alto y Medio Voltaje no se aplicarán los índices descritos anteriormente, sino que se controlará la calidad de servicio en función de índices individuales de acuerdo a lo establecido para la Subetapa 2.

#### **1.1.2.8. Registro.**

Será responsabilidad del Distribuidor efectuar el levantamiento y registro de las interrupciones y la determinación de los correspondientes índices.

Para la determinación de los índices se computarán todas las interrupciones que afecten la Red de Medio Voltaje de Distribución, es decir a nivel de alimentadores primarios.

El Distribuidor entregará informes anuales al ARCONEL con los resultados de su gestión en el año inmediato anterior, especificando las interrupciones y los

indicadores de control resultantes por toda la empresa y por alimentador de MV, y el monto de las Compensaciones en caso de corresponder. El ARCONEL podrá auditar cualquier etapa del proceso de determinación de índices, así como exigir informes de los registros de interrupciones, con una periodicidad menor a la anual.

A los efectos del control, el Distribuidor entregará informes mensuales al ARCONEL con:

- Los registros de las interrupciones ocurridas.
- La cantidad y potencia de los transformadores de MV/BV que cada alimentador de MV tiene instalado, para una configuración de red normal.
- El valor de los índices obtenidos.

**1.1.2.9. Límites.**

Los valores límites admisibles, para los índices de calidad del servicio técnico, aplicables durante la Subetapa 1 son los siguientes:

Tabla 1.3  
LIMITES ADMISIBLES TTIK-FMIK

<b>Índice</b>	<b>Lim FMIK</b>	<b>Lim TTIK</b>
Red	4.0	8.0
Alimentador Urbano	5.0	10.0
Alimentador Rural	6.0	18.0

Fuente: BASANTES BASANTES, Lina Elizabeth. “MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE SERVICIO TÉCNICO, ÍNDICES TTIK-FMIK, UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DE LAS CADENAS DE MARKOV EN EL ALIMENTADOR FICOA DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A. EEASA.”

Director: Klever Mayorga. Universidad Técnica de Cotopaxi. 2013.

Autor: BASANTES LINA

**1.1.2.10. Cálculo de la Energía No Suministrada.**

En caso de haberse excedido los valores límites admisibles de los Índices de Calidad de Servicio, aplicables durante la Subetapa 1, se calculará la Energía No Suministrada (ENS), mediante la aplicación de las siguientes fórmulas:



- Si:  $FMIK > \text{LímFMIK}$  y  $TTIK < \text{LímTTIK}$

Ecuación 1.3

$$ENS = (FMIK - \text{LímFMIK}) * \frac{TTIK}{FMIK} * \frac{ETF}{THPA}$$

- Si:  $FMIK < \text{LímFMIK}$  y  $TTIK > \text{LímTTIK}$

Ecuación 1.4

$$ENS = (TTIK - \text{LímTTIK}) * \frac{ETF}{THPA}$$

- Si:  $FMIK > \text{LímFMIK}$  y  $TTIK > \text{LímTTIK}$ ; y, si  $\frac{TTIK}{FMIK} < \frac{\text{LímTTIK}}{\text{LímFMIK}}$

Ecuación 1.5

$$ENS = (FMIK - \text{LímFMIK}) * \frac{TTIK}{FMIK} * \frac{ETF}{THPA}$$

- Si:  $FMIK > \text{LímFMIK}$  y  $TTIK > \text{LímTTIK}$ ; y, si  $\frac{TTIK}{FMIK} \geq \frac{\text{LímTTIK}}{\text{LímFMIK}}$

Ecuación 1.6

$$ENS = (TTIK - \text{LímTTIK}) * \frac{ETF}{THPA}$$

Dónde:

**ENS:** Energía No Suministrada por Causas Internas o Externas, en kWh.

**ETF:** Energía Total Facturada a los consumidores en bajo voltaje (BV) conectados a la Red de Distribución Global; o, al alimentador primario considerado, en kWh, en el periodo en análisis.

**THPA:** Tiempo en horas del periodo en análisis.

**FMIK:** Índice de Frecuencia media de interrupción por kVA.

**TTIK:** Índice de Tiempo total de interrupción por kVA.

**LímFMIK:** Límite Admisible de FMIK.

**LímTTIK:** Límite Admisible de TTIK

La Energía No Suministrada se calculará para toda la red de distribución y para cada alimentador primario de medio voltaje (MV).

### ***1.1.3. Análisis de los sistemas de distribución enfocado a la frecuencia y duración de fallas en sistemas primarios radiales.***

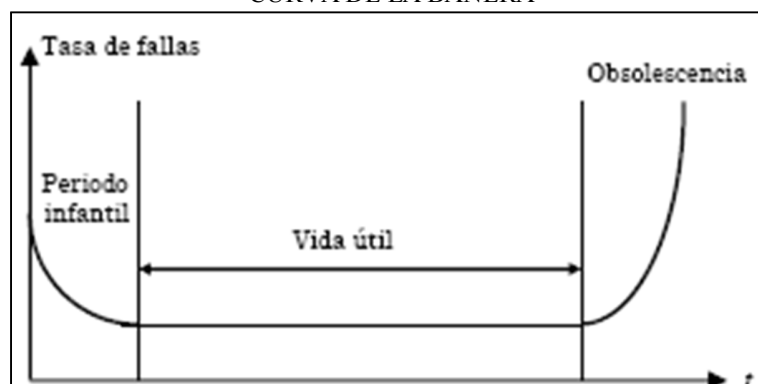
Los sistemas de distribución operan generalmente en una configuración radial o arborescente. Un alimentador incluye tramos de línea, cables, dispositivos de interrupción, protección entre otros. Según esta operación de los alimentadores se puede asumir desde el punto de confiabilidad, que todos los elementos están conectados en serie. Cada elemento que está presente en el alimentador tiene su propia tasa de fallas definida por la ecuación.

Ecuación 1.7

$$\lambda = \frac{\text{Número\_fallas\_por\_unidad\_tiempo}}{\text{Número\_componentes\_expuestos\_falla}}$$

En un alimentador de distribución la tasa de fallas total es equivalente a la suma de las tasas de fallas de cada elemento (conexión serie) y está directamente relacionada con los aspectos constructivos de la línea y con la agresividad del medio en que se encuentra. Por lo tanto, para mejorar la tasa de falla equivalente del alimentador es necesario utilizar componentes más confiables cuyo comportamiento se puede describir según la curva de la bañera, presentada en la ilustración 1.2

Ilustración 1.2  
CURVA DE LA BAÑERA



Fuente: Sistemas de distribución ARRIAGADA MASS  
Autor: ARRIAGADA MASS

## 1.2. Teoría de confiabilidad aplicada a sistemas de distribución.

### 1.2.1. Introducción

Los componentes de un sistema eléctrico se ven sometidos a fallas, o salidas de servicio, lo que en algunos casos pueden significar la desconexión de uno o más consumidores del sistema eléctrico. El objetivo de la evaluación de confiabilidad de una red eléctrica, es decir, sistemas de distribución o transmisión es determinar índices que reflejan la calidad de servicio que presenta un sistema para el consumidor o usuario final.

Se describen a continuación algunas técnicas de modelación y evaluación de confiabilidad, orientadas a presidir índices de comportamiento futuro. Existen dos clases de métodos para evaluar la confiabilidad: los métodos de simulación estocástica y los métodos de análisis. De los métodos de simulación estocástica, el más conocido es el de Monte Carlo y, entre los métodos de análisis, se tienen los procesos continuos de Markov, siendo este último lo que se desarrollará en el presente trabajo de manera que se determina de manera cuantitativa los índices de fallas del sistema.

### ***1.2.1.1. Confiabilidad en sistemas de distribución***

La confiabilidad en sistemas de distribución se relaciona con la habilidad o capacidad que tiene este sistema de proveer un adecuado suministro de energía eléctrica, por esta razón es considerada una propiedad cualitativa más que cuantitativa. Sin embargo, en la práctica de la ingeniería eléctrica se hace necesario tener un índice cualitativo que permita tener una idea sobre el comportamiento del sistema y que guíe a la toma de decisiones sobre el diseño y la planificación de la red de suministro de eléctrico.

### ***1.2.2. El Método Cadenas De Markov***

Los sistemas eléctricos de potencia tienen como finalidad suministrar de energía eléctrica a los clientes que se encuentran conectados a la red de distribución.

ARRIAGADA MASS (1994) menciona “una red eléctrica, o sea un sistema de distribución o de transmisión, se considera como un sistema reparable, es decir, que puede fallar un elemento, este es reemplazado o reparado, dependiendo de la naturaleza del elemento en cuestión. De esta manera se restablece la condición de operación normal del sistema, o parte de la red afectada.”

(VALLE, 2007) “Una cadena de Markov es una serie de eventos, en la cual la probabilidad de que ocurra un evento depende del evento inmediato anterior. En efecto, las cadenas de este tipo tienen memoria, "Recuerdan" el último evento y esto condiciona las posibilidades de los eventos futuros.”

(Jáuregui, 2012) “En matemáticas, se define como un proceso estocástico discreto que cumple con la propiedad de Márkov, es decir, si se conoce la historia del sistema hasta su instante actual, su estado presente resume toda la información relevante para describir en probabilidad su estado futuro.

Una cadena de Márkov es una secuencia  $X_1, X_2, X_3, \dots$  de variables aleatorias. El rango de estas variables, es llamado espacio estado, el valor de  $X_n$  es el estado del

proceso en el tiempo  $n$ . Si la distribución de probabilidad condicional de  $X_{n+1}$  en estados pasados es una función de  $X_n$  por sí sola, entonces:”

Ecuación 0.8

$$\begin{aligned} P(X_{n+1} = x_{n+1} | X_n = x_n, X_{n-1} = x_{n-1}, \dots, X_2 = x_2, X_1 = x_1) \\ = P(X_{n+1} = x_{n+1} | X_n = x_n). \end{aligned}$$

El método de las Cadenas de Markov analiza los datos históricos de un sistema siempre recordando del último evento.

#### **1.2.2.1. Matrices de probabilidades de transición**

CASTRO Miladis (2009) menciona “que la forma más cómoda de expresar la ley de probabilidad condicional de una cadena de Markov es mediante la llamada matriz de probabilidades de transición  $P$ , o más sencillamente, matriz de la cadena

Dicha matriz es cuadrada con tantas filas y columnas como estados tiene el sistema, y los elementos de la matriz representan la probabilidad de que el estado próximo sea el correspondiente a la columna si el estado actual es el correspondiente a la fila.”

#### **1.2.2.2. Procesos discretos de Markov**

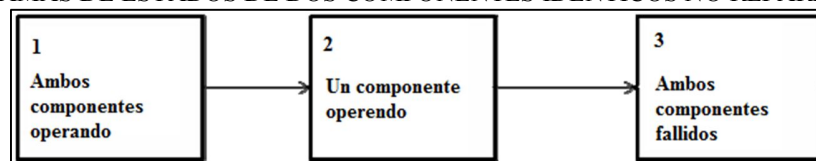
El sitio [http://www.conscious-robots.com/raul/voz\\_old/voz\\_hmms.htm#pdm](http://www.conscious-robots.com/raul/voz_old/voz_hmms.htm#pdm) menciona “que un proceso discreto o cadena de Markov consiste en un conjunto de estados y un conjunto de transiciones entre los mismos. A cada estado le corresponde un símbolo, y a cada transición se le asocia una probabilidad. Los símbolos se producen como la salida del modelo de Markov según la probabilidad de realizar la transición de un estado a otro. Es decir, en cada instante  $t$  el sistema se encuentra en un estado determinado, y a intervalos regulares de tiempo pasa de un estado a otro según indiquen las transiciones, quedando determinada de este modo una secuencia de símbolos (correspondientes a los estados recorridos).”

Los procesos discretos de Markov permiten determinar el estado en el que se encuentra el sistema en intervalos considerables de tiempo dependiendo siempre de las transiciones.

### 1.2.2.3. Misión orientada a los sistemas

CASTRO, Miladis (2012) menciona que “los componentes del sistema que son reparables. El diagrama de estado puede ser representado también por sistemas compuestos por elementos no reparables ambos se pueden resolver por el método de Markov. La única diferencia entre estos sistemas y los sistemas reparables es que las componentes de transición de sistemas no reparables no existen. El diagrama de estado de dos componentes idénticas es modificado por el diagrama de la ilustración 1.3”

Ilustración 1.3  
DIAGRAMAS DE ESTADOS DE DOS COMPONENTES IDÉNTICOS NO REPARABLES



Fuente: Estudio de confiabilidad, utilizando las cadenas de Markov para la disponibilidad de un sistema eléctrico de potencia

Autor: CASTRO DUERTO MILADIS ELENA

“En este caso, el sistema ya no es ergódico, ya los estados no pueden comunicarse y un estado está en estado de absorción. El tiempo depende de las probabilidades de los sistemas no reparables y pueden ser evaluados usando la técnica de procesos de Markov, de la misma manera para los sistemas reparables. El estado límite de las probabilidades, no tienen ninguna importancia, puesto que, en el límite, la probabilidad de que residen en el estado de absorción y está representada por la unidad y la probabilidad de que todos los no residentes en la absorción de estado es cero.”

La misión orientada a los sistemas de distribución mediante las cadenas de Markov permiten determinar dos estados posibles: estados reparables considerado ergódico y no reparable considerado no ergódico.

#### **1.2.2.4. Diagrama de estados**

En los diagramas de estado la probabilidad de permanencia en un estado, considerando un sistema de un único elemento, reparable, caracterizado por una tasa de falla  $\lambda$  y una tasa de reparación  $\mu$ .

Es imposible mostrar todas las posibles variaciones que pueden ocurrir en la práctica, solo un seleccionado número de ejemplos se muestran.

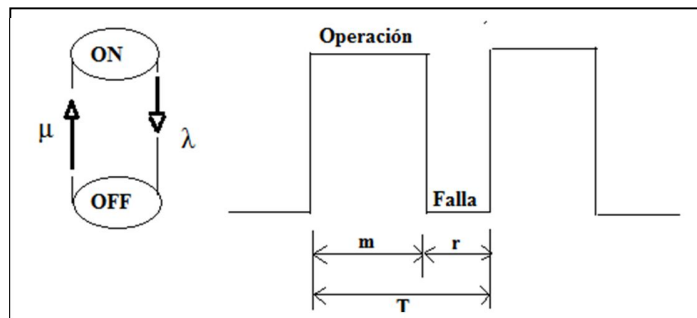
CASTRO, Miladis (2012) menciona que “esta fase es muy importante, ya que se traduce el conocimiento de la operación del sistema en un modelo matemático que se puede resolver a través de la técnica de Markov. Cabe destacar que no existen modelos matemáticos, que eliminan la necesidad de ejercer criterios técnicos y la exigencia de una profunda y exhaustiva comprensión de la física y lógica de funcionamiento del sistema. Las técnicas se presentan a lo largo de este capítulo, el cual son las herramientas para la evaluación de la confiabilidad del sistema, la forma de estos estados y al comunicar los valores de las tasa de transición”

#### **1.2.3. Técnicas de frecuencia y duración.**

VARELA Vanesa (2004) menciona que “la técnica de Markov, anteriormente descrita, es útil si se considera que solo se requiere determinar la probabilidad de que el sistema pueda encontrarse en cada estado posible, estos métodos tienen como propósito la descripción de cuantas veces ocurrirá un corte de suministro de energía eléctrica en un periodo dado y cuánto tiempo puede tardarse en restablecer el servicio una vez ocurrida una falla. En la fig.1.4 se representa el proceso de operación-falla-reparación-operación de un elemento, en donde  $\mu$  es la tasa de reparación y  $\lambda$  es la tasa de falla.”

Para describir más detalladamente el comportamiento del Sistema, adicionalmente a los métodos de Markov, se utilizan los métodos de frecuencia y duración. Estos métodos tienen como propósito la descripción de cuantas veces ocurrirá un corte de suministro de energía eléctrica en un periodo dado y cuánto tiempo puede tardarse en restablecer el servicio una vez ocurrida una falla. En la fig.1.4 se representa el proceso de operación-falla-reparación-operación de un elemento, en donde  $\mu$  es la tasa de reparación y  $\lambda$  es la tasa de falla.

Ilustración 1.4  
 DIAGRAMA DE ESPACIOS DE ESTADOS DE UN COMPONENTE Y REPRESENTACIÓN DEL CICLO OPERACIÓN-FALLA-REPARACIÓN-OPERACIÓN.



Fuente: Evaluación de la Confiabilidad En Sistemas de Distribución

Autor: VARELA VARELA VANNESA

Ecuación 1.9

$$P_{(op)} = \frac{m}{m + r}$$

Dónde:

$m = \frac{1}{\lambda}$ : es el tiempo promedio de operación

$r = \frac{1}{\mu}$ : es el tiempo promedio de reparación

como:

$$T = m + r$$

se tiene:



Ecuación 1.10

$$P_{(op)} = \frac{m}{T} = \frac{1}{\lambda T} = \frac{f}{\lambda}$$

De donde se deduce:

Ecuación 1.11

$$f = P_{(op)} * \lambda$$

Donde **f** se define como la frecuencia del ciclo o bien la frecuencia de encontrar un estado del sistema.

#### ***1.2.4. Metodología para la evaluación de la confiabilidad***

ARRAIGADA, Aldo (1994) menciona que “los sistemas eléctricos de distribución de medio voltaje (12 - 13.8kV), normalmente son redes del tipo radiales. En ciertos casos existe la posibilidad de alimentar un tramo desde distintos puntos a través de la operación abierto/cerrado de equipos de seccionamiento y/o protección, por lo que es de vital importancia identificar los puntos de transferencia de carga viables entre los circuitos adyacentes y el alimentador en estudio debido a que es una condición de influencia directa y sustancial en el análisis de confiabilidad.

En el desarrollo de este trabajo se utilizarán las siguientes teorías:

- Las redes consideradas corresponden a las de distribución en medio voltaje; es decir, sistemas de 13.8 kV nominales.
- El énfasis se concentrará en las redes de distribución públicas (empresas de distribución).
- Las redes son operadas radialmente.
- Los tipos de fallas simulados corresponden a los denominados activos es decir, requieren la operación de algún dispositivo de protección”.

#### ***1.2.4.1. Aplicación de las cadenas de Markov en la confiabilidad de los sistemas.***

Los métodos de las cadenas de Markov son muy interesantes para realizar un estudio de la confiabilidad en los sistemas eléctricos. Cuando se produce un corte de energía eléctrica, es porque este indica que existe un elemento que está fallando, este puede ser reparado o sustituido, esto depende de la naturaleza del desperfecto, es así como se restaura el servicio de energía identificando dos estados importantes que son el estado de falla y el estado de operación por lo tanto los elementos se recuperan en su totalidad al ser reparado o sustituidos.

Para este tipo de sistemas es recomendable utilizar el método de las Cadenas de Markov, porque permite obtener, con perfecta precisión la probabilidad de que el sistema resida en cualquiera de sus estados posibles, realizar estudios de confiabilidad.

#### ***1.2.4.2. Modelo de la red***

##### ***1.2.4.2.1. Estructura topológica***

CAMPA Diego (2012) menciona que “para realizar la evaluación de los parámetros de fiabilidad o confiabilidad para el sistema, y también para los consumidores, se modelará la red a través de una descripción topológica de tramos de alimentadores, separados por elementos de protección y/o maniobra. Esto, dado que los consumidores conectados a un mismo tramo sufrirán idénticas consecuencias ante diversas contingencias que tendrán lugar en una red, significa que hay una correlación perfecta entre tramo (de alimentador) y consumidor.”

Los tramos de alimentador se definen como conductores separados por algún tipo de elemento de protección y/o maniobra. Se incluirán de este modelo: interruptores, fusibles y desconectores. La decisión de presentar distintos elementos de protección se justifica dada la forma de operación diferente de cada uno de estos

elementos. Por una parte, los fusibles operan solamente ante un fallo activo, mientras que los interruptores además pueden ser comandados a voluntad, e incluso ser telecomandados, al igual que los desconectadores, excepto que estos no operan ante la presencia de fallos.

Cada elemento presente en el modelo de red estará caracterizado a través de sus propios parámetros tasa de fallo y tiempo de reparación. En caso de suponer elementos perfectos, es decir, de fiabilidad o confiabilidad 100%, bastara con asignarle a dicho elemento una tasa de fallo igual a cero.

#### *1.2.4.2.2. Caracterización de los elementos*

Los tramos de alimentadores y los elementos de protección considerados, se caracterizan por los siguientes indicadores:

**1. Tasa de fallo  $\lambda$ :** para un tramo o equipo de protección, la tasa de fallo indica las veces que en promedio, dicho elemento se ve sometido a alguna condición que implica la operación de algún dispositivo de protección. Incluye fallos por cortocircuitos, sobrecargas, descargas atmosféricas, fallo de aislamiento, accidentes, etc. En ciertos casos, puede ser deseable considerar elementos de protección 100% fiables, entonces, basta con asignar a tal elemento una tasa de fallo igual a cero.

Generalmente, las empresas eléctricas determinan la tasa de fallo  $\lambda$  a través del historial de fallos. Esto es así, ya que llevan una estadística muy elaborada de todos los fallos e incluso individualizan las causas que los originan.

Para tramos de alimentadores, la tasa de falla es un parámetro que puede determinarse de la siguiente forma:

- A través del historial de fallas, para el tramo individual,
- Mediante una estimación, considerando el sistema completo:

Ecuación 1.12  
 $\lambda = b \cdot 1 \text{ 1/año}$

Ecuación 1.13

$$b = \frac{m}{L \cdot T} \text{ 1/km} \cdot \text{año}$$

Dónde:

m: cantidad de fallas.

L: longitud total de las líneas expuestas a la falla, en km.

T: periodo de estudio en años.

b: número de fallas, por kilómetro por año.

l: longitud de la línea en interés.

Para los elementos individuales, tales como transformadores, seccionadores, interruptores, etc., se plantea la siguiente expresión:

Ecuación 1.14

$$b = \frac{m}{NT} \text{ 1/año}$$

Dónde:

m: cantidad de fallas observadas para cada tipo de elemento.

N: cantidad de elementos expuestos a la falla.

T: periodo de estudio en años.

**2. Tiempo de interrupción:** el tiempo total de interrupción de un tramo depende de la clase de protección asociada y del trabajo que se debe realizar para restablecer el servicio eléctrico (maniobras de transferencia reparaciones recambios, limpieza, etc.)

Se denomina tiempo total de interrupción del servicio eléctrico, al periodo transcurrido desde la desconexión del circuito hasta su vuelta de funcionamiento, en

general, se tendrá, para una red de distribución cualquiera, las clasificación de tiempos:

- **Tiempo para el conocimiento de la falla (Tc):** es el intervalo entre el instante en que ocurre la falla y el momento en que los operadores del sistema eléctrico toman conocimiento de ella. La automatización juega aquí un importante papel, puesto que si existe señalización del estado de las protecciones (por ejemplo en un panel de control), la magnitud de este tiempo es muy pequeña, de manera que teóricamente puede considerarse cero.
- **Tiempo de preparación (Tp):** corresponde al tiempo requerido para la obtención de los recursos materiales necesarios para dar inicio a los trabajos de localización de la falla.
- **Tiempo de localización (Tl):** es el tiempo que se gasta en el traslado hasta las proximidades de la falla y la ejecución de pruebas con la finalidad de localizar en forma precisa el punto de falla.
- **Tiempo de maniobra para la transferencia (Tt):** es el tiempo que toma realizar las maniobras de transferencia para restablecer el servicio a los tramos en donde ello sea posible.
- **Tiempo de reparación (Tr):** es el intervalo que demora la ejecución de las labores de reparación y/o recambio de los equipos fallados.
- **Tiempo de maniobra para restablecer la configuración normal de operación (Tv):** es el intervalo que tarda en recuperar la configuración normal de operación, una vez ejecutadas las tareas de reparación.

Sobre la cuantificación de cada uno de los tiempos mencionados, existe mayor dominio por parte de las empresas de distribución, puesto que ello constituye una práctica normal.

#### ***1.2.4.2.3. Clasificación de los estados***

Según ARRAIGADA, Aldo (1994), menciona que “en función de la protección asociada, así como de sus alternativas de alimentación, cada tramo del sistema tendrá un comportamiento que puede definirse de la siguiente manera, ante la existencia de una falta en otro tramo de alimentador:

- **Normal:** el estado del tramo de alimentador *i* se define como normal, cuando su operación no se ve afectada por falla en el elemento *j*.
- **Restablecible:** el estado del tramo de alimentador *i* se define como restablecible, cuando su servicio puede volver a la normalidad, antes de reparar el elemento *j* fallado, aislando *j* mediante algún elemento de maniobra.
- **Transferible:** el tramo de alimentador *i* será transferible, cuando exista alguna maniobra para re-energizarlo, antes de reparar el bloque *j* en falla.
- **Irrestablecible:** son tramos irrestablecibles aquellos que sufren la falla y todos los que no pueden ser transferidos a otra fuente de alimentación mediante maniobras.
- **Irrestablecible con espera:** el tramo *j*, en falla, se define como Irrestablecible con espera, cuando previo a su reparación debe realizarse alguna maniobra.”

#### ***1.2.4.3. Determinación de estados de los elementos***

##### ***1.2.4.3.1. Determinación de estados***

Para determinar la frecuencia y duración de fallas en los distintos tramos, así como otros índices de confiabilidad, es necesario analizar el comportamiento de la red ante las diversas contingencias a que puede verse sometido cada uno de sus componentes.

El método de evaluación propuesto se basa en una combinación de metodologías, aprovechando la condición de radialidad de la red eléctrica. El objetivo final es

determinar los estados de cada uno de los elementos que componen el modelo de red, cuando cada uno de ellos presenta una falla.

Para un mejor ordenamiento, se propone construir una matriz, donde las columnas presentan la condición del elemento, ante falla del elemento indicado por la fila. El algoritmo puede sintetizarse de la siguiente manera:

- a. Describir la estructura topológica de la red, separando los diferentes tramos de alimentador mediante los dispositivos de protección y/o maniobra. Cada elemento presente en el modelo debe ser caracterizado por sus parámetros frecuencia y duración de fallas.
- b. Preparar una matriz de orden  $n \times n$ , donde  $n$  es el número de elementos del modelo.
- c. Se considera un elemento a la vez, y se procede a simular una falla (elemento  $i$ ).
- d. Para el resto de elementos ( $j$ ), analizar los efectos de la protección asociada al elemento fallado ( $i$ ).
  - d.1. Si la actuación de la protección no afecta al elemento  $j$ , éste se define como normal.
  - d.2. Si el elemento  $j$  se ve afectado por la operación de la protección y existe una vía alternativa de alimentación, cerrando un seccionador normalmente abierto, entonces este elemento es transferible.
  - d.3. El elemento que sufre la falla ( $i=j$ ), se define inmediatamente como irrestablecible, o bien como irrestablecible con tiempo de espera, si previo a su reparación se debe realizar alguna maniobra de transferencia.
  - d.4. El elemento  $j$  debe definirse como restablecible, si antes de iniciar la reparación del elemento fallado y posterior a su separación de la red, es posible reponer el suministro de electricidad al resto del sistema.

- e. Calcular los índices frecuencia y duración de fallas para cada uno de los elementos del sistema.
- f. Calcular los índices asociados a clientes, al sistema en general, etc.

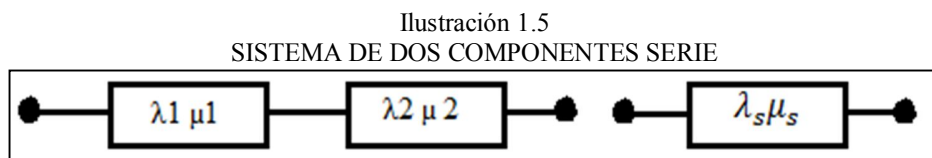
**1.2.4.3.2. Evaluación de estados**

Un sistema radial para ser evaluado es necesario determinar las expresiones equivalentes de la tasa de falla, el tiempo de reparación e indisponibilidad de los diferentes elementos sometidos a fallar dentro del sistema, considerando las conexiones de los mismos, paralelo, serie o combinados.

A continuación se presentan las expresiones equivalentes, especificando el tipo de conexión.

**Sistemas conectados en paralelo.**

VELEZ Claudio (1990), menciona que “un sistema en serie o radial se caracteriza por tener una sola trayectoria para el flujo de potencia entre la subestación de distribución y los consumidores.”



Fuente: Evaluación del seccionamiento en redes de distribución mediante índices de confiabilidad y costos

AUTOR: VÉLEZ ORTEGA CLAUDIO DANILO

La probabilidad de que un solo componente este en el estado de operación está dado por la ecuación.

Ecuación 1.15

$$P_{(op)} = \frac{\mu_s}{\lambda_s + \mu_s}$$

Donde la tasa de falla del sistema:



Ecuación 1.16  
 $\lambda_s = \lambda_1 + \lambda_2$

Duración de la falla promedio del sistema:

Ecuación 1.17  

$$r_s = \frac{1}{\mu_s} = \frac{\lambda_1 r_1 + \lambda_2 r_2}{\lambda_s}$$

Tiempo de interrupción del sistema:

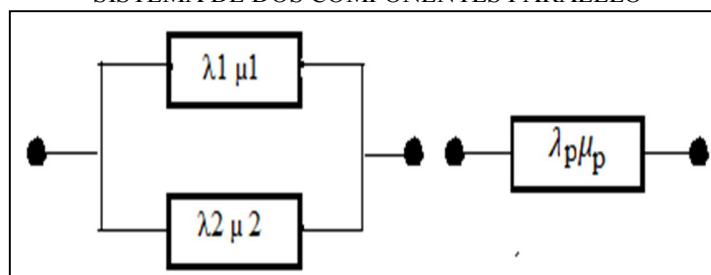
Ecuación 1.18  
 $\mu_s = \lambda_s * r_s$

En el sistema los componentes que se encuentran conectados en serie desde el punto de vista de confiabilidad si ambos deben operar para que el sistema opere. Si uno de los componentes falla, el sistema falla.

### ***Sistemas conectados en paralelo***

Un sistema en paralelo diferente de un sistema radial en este tiene dos o más trayectorias para el flujo de potencia, desde la subestación a los consumidores.

Ilustración 1.6  
 SISTEMA DE DOS COMPONENTES PARALELO



Fuente: Evaluación del seccionamiento en redes de distribución mediante índices de confiabilidad y cotos

Autor: Vélez Ortega Claudio Danilo

La probabilidad de que el sistema esté en el estado de falla está dada por la ecuación.

Ecuación 1.19  

$$P_{fa} = \frac{\mu_p}{\lambda_p + \mu_p}$$

Un sistema formado por dos elementos en paralelo tiene los siguientes índices de confiabilidad.

Dónde:

Tasa de falla del sistema:

Ecuación 1.20

$$\lambda_p = \lambda_1 * \lambda_2 (r_1 + r_2)$$

Duración de la falla promedio del sistema:

Ecuación 1.21

$$r_p = \frac{r_1 * r_2}{r_1 + r_2}$$

Tiempo de interrupción del sistema:

Ecuación 1.22

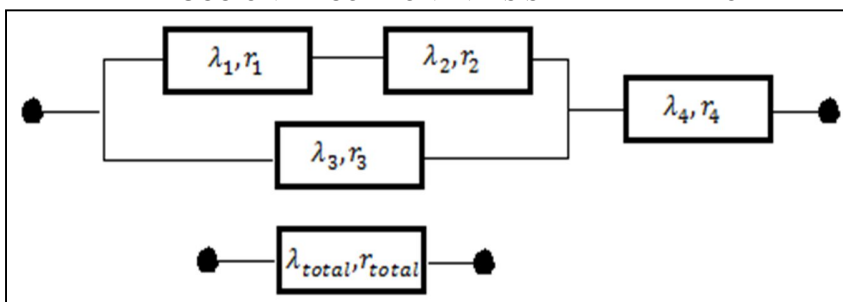
$$\lambda_p = \lambda_p * \lambda_p$$

En el sistema dos componentes están conectados en paralelo desde el punto de vista de confiabilidad si únicamente un componente debe operar para que el sistema opere. Todos los componentes deben fallar para que el sistema falle.

### ***Componentes serie-paralelo***

BASANTES Lina (2013), menciona que “para el caso de componentes Serie-Paralelo, estos sistemas pueden ser analizados por reducciones sucesivas de los subsistemas hasta un componente equivalente paralelo o serie usando, las ecuaciones halladas anteriormente para componentes serie como paralelo. Como se puede apreciar en la ilustración 1.7.”

Ilustración 1.7  
REDUCCIÓN DE COMPONENTES SERIE-PARALELO



Fuente: Mejoramiento de la calidad de servicio técnico, índices TTIK-FMIK, utilizando la metodología de las cadenas de Markov en el alimentador Ficoa del sistema de distribución de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. EEASA.”  
Autor: BASANTES BASANTES LINA

Como puede apreciarse de la metodología descrita, cada elemento "genera" independientemente una cierta cantidad de fallas, pero la cantidad de veces que se ve afectado por cortes de suministro de energía eléctrica es mayor, considerando los efectos de las fallas de otros elementos. La cantidad de interrupciones que se debe contabilizar depende del estado definido para cada elemento, según se muestra en la Tabla 1.4:

Tabla 1.4  
INTERRUPCIONES APORTADAS, SEGÚN EL TIPO DE ELEMENTO

Tipo de elemento	Interrupciones
Normal	0
Restablecible	$\lambda$
Transferible	$2\lambda$
Irrestablecible	$\lambda$
Irrestablecible c/esp.	$\lambda$

Fuente: Mejoramiento de la calidad de servicio técnico, índices TTIK-FMIK, utilizando la metodología de las cadenas de Markov en el alimentador Ficoa del sistema de distribución de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. EEASA.”  
Autor: BASANTES BASANTES LINA

Obsérvese que cuando un elemento es transferible, aparece una tasa de falla doble. Esto se debe a que luego de efectuadas las reparaciones del elemento afectado por

una falla, se debe volver a la configuración original del sistema, por lo tanto se interrumpe el servicio con una duración, tiempo de maniobra para restablecer la configuración normal de operación (Tv).

Para el caso de elementos que representan tramos de alimentador, la tasa de falla debe calcularse como:

Ecuación 1.23

$$\lambda_t = \lambda_i * l_i$$

Dónde:

$\lambda_i$ : tasa de falla unitaria del tramo i, (fallas/km año)

$l_i$ : Longitud del tramo alimentador i, (km)

$\lambda_t$ : tasa de fallo tramo (fallas/año)

Entonces, la tasa de falla total para un elemento cualquiera, se obtiene sumando los aportes indicados de cada elemento del sistema, según el tipo indicado en la columna de la matriz de estados y la Tabla 1.4, es decir:

Ecuación 1.24

$$\lambda_{Ei} = \sum_{j=1}^n \lambda_i^j$$

Dónde:

$\lambda_{Ei}$ : tasa de falla total del elemento i, fallas/año

$\lambda_i^j$ : cantidad de interrupciones en el elemento i, debido a falla en elemento j.

n: cantidad de elementos considerados en el modelo de la red.

Por su parte, el tiempo total de interrupción también depende de la definición de tipo, como se indica en la Tabla 1.4

El tiempo total de interrupción de un elemento, corresponde a la indisponibilidad de él en el periodo considerado. Para obtener el tiempo total de indisponibilidad anual, se debe sumar las indisponibilidades producto de la cantidad de fallas aportada por cada elemento, según se indica en la columna de la matriz de estados y la Tabla 1.5:

Tabla 1.5  
TIEMPOS DE INTERRUPCIÓN

Tipo de elemento	Tiempo Interrupción (r)
Normal	0
Restablecible	Tc + Tp + Tl
Transferible	Tc+Tp+Tl+Tt+Tv
Irrestablecible	Tc+Tp+Tl+Tr
Irrestablecible c/espera.	Tc+Tp+Tl+Tt+Tr

Fuente: Mejoramiento de la calidad de servicio técnico, índices TTIK-FMIK, utilizando la metodología de las cadenas de markov en el alimentador Ficoa del sistema de distribución de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. EEASA.”

Autor: Basantes Basantes Lina

Ecuación 1.25

$$T_i^j = \lambda_j^i \cdot r_j$$

Ecuación 1.26

$$T_{Ei} = \sum_{j=1}^n T_i^j$$

Dónde:

$\lambda_j^i$ : cantidad de interrupciones del elemento i, debido a falla en el elemento j, fallas/año.

$r_j$ : tiempo de interrupción o de reparación del elemento j, horas,

$T_i^j$ : indisponibilidad anual del elemento i, debido a falla en el elemento j, horas/año,

$T_{Ei}$ : indisponibilidad anual total del elemento i, horas/año,

n: cantidad de elementos del modelo.

### ***1.2.5. Reconfiguración de los sistemas de distribución***

TABARES, Jhon (2008), menciona que “la reconfiguración de alimentadores primarios es el proceso de alterar la estructura topológica de una red de distribución, a través de la apertura o cierre de los interruptores y adaptarlas al sistema para observar su comportamiento.”

Existen varias metodologías que van desde técnicas manuales hasta los más sofisticados algoritmos que utilizan métodos estocásticos y heurísticos.

El objetivo principal al reconfigurar un sistema de distribución es encontrar una topología que se reflejen mejoras que permitan suministrar un buen servicio desde el punto de vista de la seguridad, la confiabilidad y la rentabilidad tanto para la empresa distribuidora como para el consumidor final.

La reconfiguración de los sistemas de distribución consiste en encontrar una nueva topología de la red, permitiendo mejorar la calidad de servicio, confiabilidad, seguridad y continuidad, para lograr este propósito con la reconfiguración se utilizará el método estocástico que se empleará con la metodología de las cadenas de Markov.

#### ***1.2.5.1. Efecto de la reconfiguración en la confiabilidad***

TABARES, Jhon (2008), menciona que “la reconfiguración afecta directamente los índices de confiabilidad del sistema ya que éste cambia esta topología establecida.”

Se puede concluir que de acuerdo a la configuración que presenta una red, los índices de confiabilidad asociados a esta pueden aumentar o disminuir y teniendo una topología como la que presentan los sistemas de distribución en la que el número de posibles configuraciones es tan alto, el problema de hallar una red con los mejores índices de confiabilidad se torna altamente complejo.

### ***1.2.6. Antecedente recomendables reconfiguraciones del sistema para mejorar los índices de calidad***

A continuación se detallarán algunos criterios para lograr mejorar los índices de confiabilidad:

1.- BASANTES, Lina (2013), menciona en su trabajo de grado para mejorar los índices de confiabilidad propone realizar transferencia de carga de los alimentadores aledaños que se encuentran cerca del alimentador en estudio, en caso que el alimentador en estudio tenga una salida poder conectarse al alimentador aledaño.

2.- GONZALES Alfonzo (2007), menciona en su tesis de grado un sistema en paralelo y cada uno de ellos tiene su propia subestaciones del cual propone conectarse el sistema de cualquiera de ellas.

3.- BASANTES, Lina (2013), menciona en su trabajo de grado otra de las propuestas para mejorar la confiabilidad del sistema es el conectar reconectadores cuando las fallas del sistema son transitorias que permitan al sistema recuperar su energía después de unos segundos.

## **1.3. DESCRIPCIONES DE SOFTWARE'S.**

### ***1.3.1. SOFTWARE CYMDIST.***

CYME, (2014), “El programa CYMDIST permite realizar varios tipos de estudios en sistemas equilibrados o desequilibrados, monofásicos, bifásicos o trifásicos, con configuración radial, en anillo o mallada. El programa CYMDIST incluye un editor completo de redes y las funciones siguientes:

- Flujo de potencia desbalanceado
- Análisis exhaustivo de fallas
- Balance de cargas

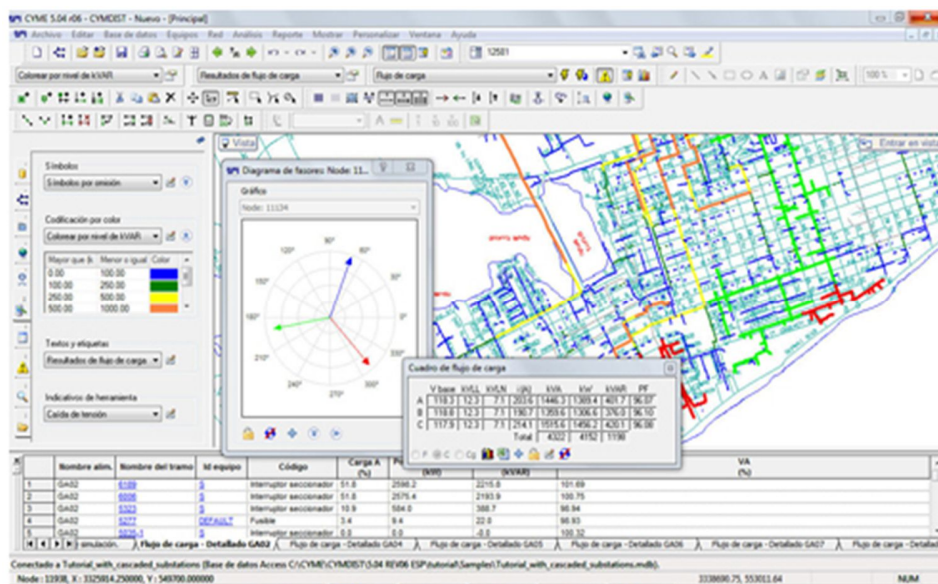
- Distribución y evaluación de cargas
- Ubicación óptima de condensadores.

El programa de análisis de redes de distribución CYMDIST es una serie de aplicaciones que consta de un editor de red, de módulos de análisis y de bibliotecas de modelos personalizables desde las cuales el usuario puede obtener la solución más eficiente.

El programa fue diseñado para realizar estudios de planeamiento y simular el comportamiento de las redes de distribución en distintas condiciones de funcionamiento y distintos escenarios. Incluye varias funciones incorporadas necesarias para el planeamiento, la explotación y el análisis de las redes de distribución.

El programa CYMDIST es una herramienta muy potente para crear sus propios estudios predictivos por simulación para evaluar el impacto de los cambios efectuados en la red. La ilustración 1.8 indica la ventana del programa.”

Ilustración 1.8  
VENTANA DEL PROGRAMA CYMDIST



Fuente: Análisis de sistemas de distribución CYME INTERNATIONAL T&D CYMDYST  
Recopilado: CYME INTERNATIONAL T&D CYMDYST



## **CAPITULO II**

### **2. ANÁLISIS, DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA INFORMACIÓN DE CAMPO DEL ALIMENTADOR 1 LASSO.**

#### **2.1. Introducción**

Un sistema eléctrico de distribución siempre debe operar en óptimas condiciones, para garantizar la buena calidad de servicio eléctrico a los usuarios que se encuentran conectados a la red, por lo que es de vital importancia que las empresas distribuidoras evalúen sus sistemas en diferentes escenarios operativos.

En este capítulo se va a realizar la descripción y evaluación actual del alimentador 1 Lasso, perteneciente a la subestación Lasso que corresponde a la salida 1, por lo que es importante conocer los parámetros técnicos del alimentador, como son las longitudes de las líneas, la potencia instalada, carga instalada, registro de las interrupciones presentadas entre otros, esto se lograra gracias a la ayuda del programa Cymdist modelando la red de medio voltaje.

Posteriormente, cuando se haya realizado la modelación del alimentador en estudio se podrá describir los escenarios operativos que presenta, y si este no cumpliera con dichos escenarios operativos se podrá proponer nuevas soluciones para su correcto funcionamiento.

### ***2.1.1. Reseña histórica de la Empresa Eléctrica Cotopaxi S.A.***

El día domingo 11 de abril de 1909 el Coronel Justiniano Viteri, Presidente del Consejo Municipal de Latacunga, inauguró en forma oficial el servicio de Alumbrado Eléctrico de esta ciudad, conformándose lo que se llamó los Servicios Eléctricos Municipales, entidad que desde aquella fecha fue la encargada de administrar la energía eléctrica producida por una pequeña planta hidráulica de 30 KWs. localizada en el barrio Miraflores, el servicio que se brindaba era exclusivamente de alumbrado de domicilios y de las calles céntricas de la ciudad.

Al transcurrir los años y al incrementarse la utilización del servicio eléctrico fue necesario que en 1925 se inaugure otra Central Hidráulica de 300 KWs. En el Río Yanayacu. El voltaje al cual se generaba era el mismo al que se distribuía y se consumía, es decir 110/220 V. con la primera central y luego con la segunda distribuida a 2.400 V.

En el mes de mayo de 1977 el S.E.L. se interconecta al Sistema Nacional mediante la S/E San Rafael y una línea de 69 KV. Hasta la ciudad de Ambato. Con este suceso el S.E.L. inicia una ampliación sin precedentes ya que se comienza a dar energía a varias fábricas antiguas y nuevas en la vía a Lasso. A la vez se comienza a proporcionar la integración de los cantones Salcedo, Saquisilí y Pujilí. Mediante sendos Convenios de Administración y Fideicomiso se logra la integración al S. E. L., de los cantones, en mayo de 1979 Salcedo; el 30 de junio de 1980 Pujilí y el 28 de marzo de 1982 Saquisilí. En el mes de marzo de 1987 se realiza la construcción de la ampliación de las Centrales Hidráulicas Illuchi N° 2, con el financiamiento de INECEL y de fondos propios de la Empresa. Esta ampliación tiene 5.200 Kw divididos en dos grupos, inició su funcionamiento en el mes de diciembre de 1987. La Junta General de Accionistas en sesión extraordinaria del 29 de diciembre de 1994, aprobó la incorporación del H. Consejo Provincial de Cotopaxi y de la Ilustre Municipalidad de Pangua como accionistas de ELEPCO S.A.

### **2.1.1.1. MISIÓN.**

“Proveer el servicio público de electricidad, para las ciudadanas y ciudadanos en su área de concesión, con eficiencia, calidez y responsabilidad socio ambiental, para alcanzar el buen vivir”

### **2.1.1.2. VISIÓN.**

“En los próximos tres años, seremos la empresa del sector eléctrico del país reconocida, distinguida y renombrada por su excelencia, que garantiza un servicio público con calidad y eficiencia sostenibles”

### **2.1.1.3. ÁREA DE CONCESIÓN.**

La Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A. tiene por objeto la prestación de servicio público de electricidad en su área de concesión aproximadamente que corresponde a toda la Provincia de Cotopaxi la cual es de  $5556\text{km}^2$ . Ilustración 2.1.

Ilustración 2.1  
ÁREA DE CONCESIÓN ELEPCO S.A.



Fuente: ELEPCO S.A.  
Recopilación: Postulante

#### **2.1.1.4. Fuentes de suministro de energía eléctrica**

El sistema eléctrico de ELEPCO S.A. cuenta con dos fuentes de suministro de energía, la generación propia y los nodos del S.N.I. situados en las Subestación Ambato a 69kv, Mulaló a 13,8/ 69kv y Quevedo a 69Kv. Estos nodos son los que más representan en el suministro de energía.

#### **2.1.1.5. Generación propia**

Se conforma por cinco centrales hidroeléctricas ubicadas en diferentes sectores de la provincia, estas son: Illuchi 1 e Illuchi 2, ubicadas en el cantón Latacunga, Angamarca, El Estado pertenecientes al cantón Pujilí y Catazacón situada en Moraspungo.

Es importante indicar que la central de Angamarca suministra energía eléctrica a un pequeño sector, cuyas redes eléctricas operan de forma aislada al sistema de distribución de ELEPCO S.A.

En la siguiente tabla 2.1 se muestran las características de las centrales de generación propia de ELEPCO S.A.

Tabla 2.1  
CENTRALES DE GENERACIÓN PROPIA DE ELEPCO S.A.

<b>CENTRAL</b>	<b>ILLUCHI 1</b>	<b>ILLUCHI 2</b>	<b>EL ESTADO</b>	<b>CATAZACON</b>	<b>ANGAMARCA</b>
<b>GENERACIÓN</b>	<b>HIDRAULICA</b>	<b>HIDRAULICA</b>	<b>HIDRAULICA</b>	<b>HIDRAULICA</b>	<b>HIDRAULICA</b>
<b>CAPACIDAD (KVA)</b>	5244	6500	2125	1000	375
<b>VOLTAJE (V)</b>	2400	2400	4160	440	4160
<b>FRECUENCIA (HZ)</b>	60	60	60	60	60
<b>FP</b>	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
<b>N. GRUPO</b>	4	4	2	2	2
<b>Añoent. Servicio</b>	1951	1979	1986	1991	1994
<b>Observaciones</b>	Inter. al sistema	Inter. al sistema	Inter. al sistema	Inter. al sistema	Aislado sist.

Fuente: ELEPCO S.A.  
Recopilación: Postulante

#### **2.1.1.6. Sistema de Subtransmisión de ELEPCO S.A.**

El sistema de subtransmisión de ELEPCO S.A. es netamente radial, que permite transportar energía eléctrica mediante líneas eléctricas a diferentes niveles de voltaje que van desde los 138 kv hasta los 69 kV, desde las fuentes de suministro hasta los centros de carga o subestaciones

El sistema de subtransmisión se conecta al Sistema Nacional de la siguiente manera: En el primer punto la subestación Mulaló se conecta a la línea de transmisión de Pucara – Totoras a 138 kv, con un transformador de 50/60 reduce su nivel de voltaje de 138 kv a 69 kv para ingresar a las subestaciones de subestaciones San Rafael, La Cocha, El Calvario, Mulaló, Lasso, y Sigchos, la subestación de Novacero se conecta de la línea de transmisión Pucara – Totoras a un nivel de 138 KV, con un transformador de 50/60, seguido la subestación Ambato se interconecta con las líneas de transmisión de Pucara – Totoras a 138 kv con un transformador de 33/44 MVA reduciendo su nivel de voltaje de 138 kv a 69 kv para ingresar a la subestación Salcedo y Holcim, y por último la conexión radial que se tiene desde la generadora de ENERMAX que ese conecta con un nivel de voltaje de 69 kv para ingresar a la subestación La Mana. Como se puede apreciar en el diagrama unifilar de ELEPCO S.A. Ilustración 2.2



### **2.1.1.7. Subestación de Distribución Lasso**

La subestación se encuentra ubicada al norte de la ciudad de Latacunga, en el sector de Lasso. Esta recibe energía de la línea que proviene de la subestación Mulaló, que esta a su vez está conectada de la línea Pucara- Totoras.

- La subestación de distribución Lasso tiene un transformador de potencia con capacidad de 16/20 MVA, este reduce el nivel de voltaje de 69 kv a 13.8 kv.
- De la subestación Lasso se derivan tres salidas a 13.8 kv y son las siguientes:
- La salida Alimentador es para la fábrica ACOSA.
- La salida Alimentador 1 Lasso que alimenta a los sectores de Pastocalle – Toacazo, distribuyendo la energía a los barrios aledaños.
- La longitud aproximadamente del alimentador 1 Lasso es de 130km de red en medio voltaje.
- La salida Alimentador es para la fábrica de Familia Sancela.

## **2.2. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **2.2.1. TIPOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

Para la elaboración de este proyecto se decidió que se utilizará los siguientes tipos de investigación:

#### **2.2.1.1. Investigación Bibliográfica**

La investigación bibliográfica será utilizada para poder tener mayor conocimiento de la confiabilidad de los sistemas eléctricos, el programa CYMDIST que será utilizado para realizar los flujos de carga para el análisis del alimentador 1 de Lasso y las herramientas que se relacionan con el elemento de estudio para el proyecto a realizarse.

### ***2.2.1.2. Investigación de Campo***

La investigación de campo permitirá llegar a obtener información de manera real de la empresa ELEPCO S.A, mediante el recorrido que se realizó en el campo para poder verificar cada uno de los equipos de seccionamiento y de esta manera la información podrá ser recolectada para realizar el estudio.

### ***2.2.1.3. Investigación Exploratoria***

Mediante la investigación exploratoria ayudará buscar la información necesaria acerca de los índices FMIK y TTIK que ELEPCO S. A., envía al ente regulador cada uno de los meses y así poder crear una base de datos acorde a la realidad el cual será de mucha ayuda para la simulación del programa.

## ***2.2.2. Métodos de la Investigación***

### ***2.2.2.1. Método Hipotético-Inductivo***

Este método ayuda a tener una visualización más clara del problema que tiene la empresa ELEPCO S.A., esto permitirá dar una afirmación anticipada de lo que se quiere realizar y de los beneficios que dará el proyecto, la cual debe ser verificada.

### ***2.2.2.2. Método Analítico-Sintético.***

Este método permitirá descomponer mi objeto de investigación para analizar el estado actual del alimentador 1 Lasso y la propuesta planteada para la reconfiguración de la red de esta manera obtener un diseño que cumpla con los objetivos planteados.

### ***2.2.2.3. El Método Histórico***

Este método permitirá realizar el estudio con los datos históricos que posee la empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A. para poder analizarlos e interpretarlos.



#### 2.2.2.4. Método de la Modelación

Este método me permitirá realizar la modelación en el software CYMDIST para plantear soluciones en el Alimentador 1 de Lasso.

#### 2.2.3. Instrumentos de la investigación

Para llevar a cabo el estudio se utilizara como instrumentos de investigación son los planos eléctricos que la empresa distribuidora posee.

#### Alimentador 1 Lasso

El Alimentador parte de la Subestación Lasso este se encuentra ubicado en el sector de Lasso, que alimenta varios sectores de Pastocalle y Toacazo y a sus barrios aledaños, el alimentador tiene alrededor de 5664 usuarios conectados al sistema.

Para mayor detalle de lo antes descrito en la tabla 2.2, se muestra los elementos del alimentador 1 Lasso, se puede apreciar las longitudes de la red en medio, el número de transformadores monofásicos y trifásicos que se encuentran conectados a la red y finalmente el número de usuarios que reciben energía del alimentador 1 Lasso.

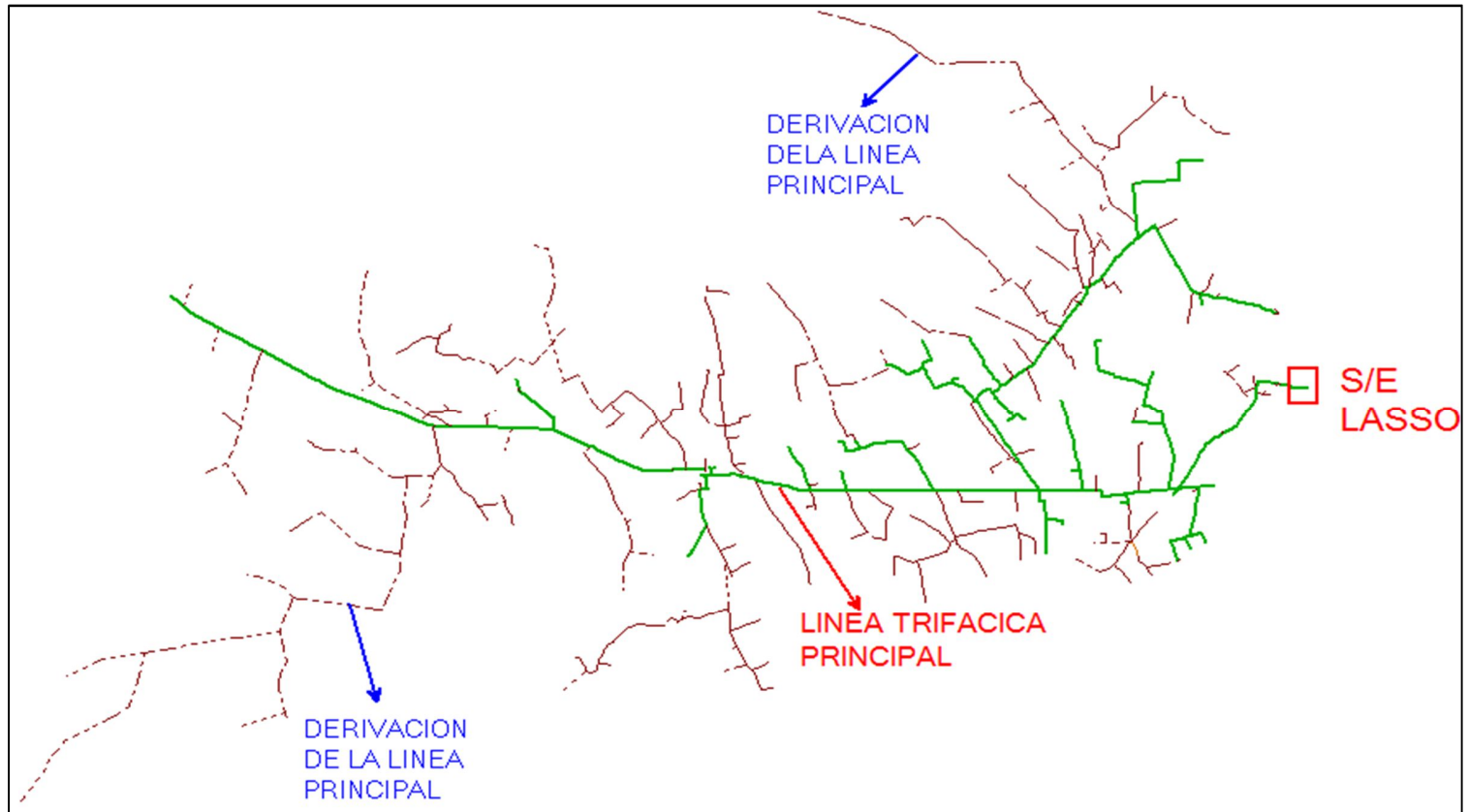
Tabla 2.2  
DATOS DEL ALIMENTADOR 1 LASSO

Nombre del Alimentador		1 Lasso				
Nombre de la Subestación		S/E Lasso				
Nivel de Voltaje (Kv)		69/13,8 Kv				
Longitud (Km) M. Voltaje		Número de Transformadores		Potencia en (KVA)		Total de Abonados
1F	3F	1F	3F	1F	3F	
113,14	48,72	292	43	4050	3446	5664
161,86		335		7496		5664

Fuente: ELEPCO S.A.  
Recopilación: Postulante

### 2.3. Alimentador 1 Lasso

Ilustración 2.3  
DIAGRAMA DEL ALIMENTADOR 1 LASSO



Fuente: ELEPCO S.A.  
Recopilación: Postulante

### **2.3.1. Línea de medio voltaje**

La red de medio voltaje está compuesta por líneas trifásicas y monofásicas con un nivel de voltaje de 13.8 kv., los calibres de conductores son ACSR 3/0, ACSR 2/0, ACSR 2, ACSR 6 Y ACSR 4 en sus diferentes tramos, tiene una longitud de 161,86 Km de red, que está a lo largo del alimentador del cual se deriva cada uno de los tramos para conectar a los usuarios y proporcionar energía.

A lo largo del alimentador primario, toda la red se encuentra aterrada, esto significa que aparte de tener una puesta a tierra en los circuitos finales de cada tramo y en los transformadores de potencia de la subestación, tiene a lo largo del alimentador el neutro que es ubicado en todo su recorrido.

Ilustración 2.4  
LÍNEA DE MEDIO VOLTAJE



Fuente: ELEPCO S.A.  
Recopilación: Postulante

### ***2.3.2. Estructura topológica***

CAMPA Diego (2012) menciona que para realizar “la evaluación de los parámetros de fiabilidad o confiabilidad para el sistema, y también para los consumidores, se modelará la red a través de una descripción topológica de tramos de alimentadores, separados por elementos de protección y/o maniobra. Esto, dado que los consumidores conectados a un mismo tramo sufrirán idénticas consecuencias ante diversas contingencias que tendrán lugar en una red, significa que hay una correlación perfecta entre tramo (de alimentador) y consumidor.”

Los tramos de alimentador se definen como conductores separados por algún tipo de elemento de protección y/o maniobra. Se incluirán de este modelo: interruptores, fusibles y desconectores. La decisión de presentar distintos elementos de protección se justifica dada la forma de operación diferente de cada uno de estos elementos. Por una parte, los fusibles operan solamente ante un fallo activo, mientras que los interruptores además pueden ser comandados a voluntad, e incluso ser telecomandados, al igual que los desconectores, excepto que estos no operan ante la presencia de fallos.

“Se ha tomado como referencia lo que menciona el autor debido que en el trabajo a realizar se debe considerar que para realizar la evaluación de confiabilidad es necesario separar por elementos de protección y/o maniobra que se encuentran en cada uno de los tramos que se va a analizar. Además es necesario contar con toda la información técnica del alimentador para poder realizar un estudio correcto. Se ha considerado el alimentador 1 Lasso por ser el alimentador que más fallas ha presentado durante todo el año”.

### ***2.3.3. Características técnicas de los elementos***

#### ***2.3.3.1. Parámetros de las líneas***

Las líneas del alimentador en estudio están diseñadas de acuerdo a guías de diseño homologadas y emitidas por el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables MEER, en las guías de diseño se puede apreciar estructuras monofásicas y

trifásicas en medio y bajo voltaje, la cantidad de material a ser instalado, para ello está especificado el tipo de conductor y los ángulos que se utilizan de acuerdo a la topología de la red.

Además las líneas se encuentran debidamente aterradas al final de cada circuito con las puestas a tierras y a lo largo del recorrido del alimentador se encuentra el neutro que sirve como protección de la línea en caso de ocurrir alguna descarga.

### **2.3.3.2. Transformadores**

A lo largo del alimentador se encuentran instalados transformadores monofásicos y trifásicos de diferentes potencias, existen diferentes tipos de transformadores los autoprotegidos y los convencionales. Los transformadores autoprotegidos son diseñados desde la fábrica con elementos de protección para sobrecargas, sobre voltajes y elementos para aislamiento de la red en caso de fallas internas o externas. Los transformadores convencionales no contienen ningún tipo de protección, para su instalación requieren de elementos de protección adicionales.

Existen dos marcas diferentes de transformadores como son ECUATRAN e INATRA. Para la fabricación de transformadores deben cumplir con la norma ANSI C-57-12 de transformadores, en esta norma nos indica que estos debe ser transformadores autoenfriantes y aptos para trabajar a diferentes temperaturas.

En la siguiente tabla 2.3 se indica los transformadores monofásicos que se encuentran conectados a lo largo del alimentador en cada una de sus fases.

Tabla 2.3  
TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS

<b>ALIMENTADOR 1 LASSO</b>			
<b>TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS 1Φ</b>			
<b>Capacidad KVA</b>	<b>FASE</b>		
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
5	5	18	11
10	23	74	41
15	12	32	26
25	10	19	8
37,5	2	8	
50		2	1

Fuente: Dpto. Planificación ELEPCO S.A.  
Recopilación: Postulante

En la siguiente tabla 2.4 se indica los transformadores trifásicos

Tabla 2.4  
TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

<b>ALIMENTADOR 1 LASSO</b>								
<b>Capacidad (KVA)</b>	<b>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS 3Φ</b>							
	30	45	50	75	100	113	125	160
ABC	9	4	10	13	6	2	3	2

Fuente: Dpto. Planificación ELEPCO S.A.  
Recopilación: Postulante

En la presente tabla se indica la cantidad y potencia de los transformadores trifásicos conectados en el alimentador.

### 2.3.3.3. *Curva tipo de la demanda diaria*

Se tomó como referencia el promedio de los consumos del alimentador que son registrados a nivel de cabecera como se muestra en la tabla 2.5

Tabla 2.5  
PERIODO Y CONSUMO EN EL ALIMENTADOR

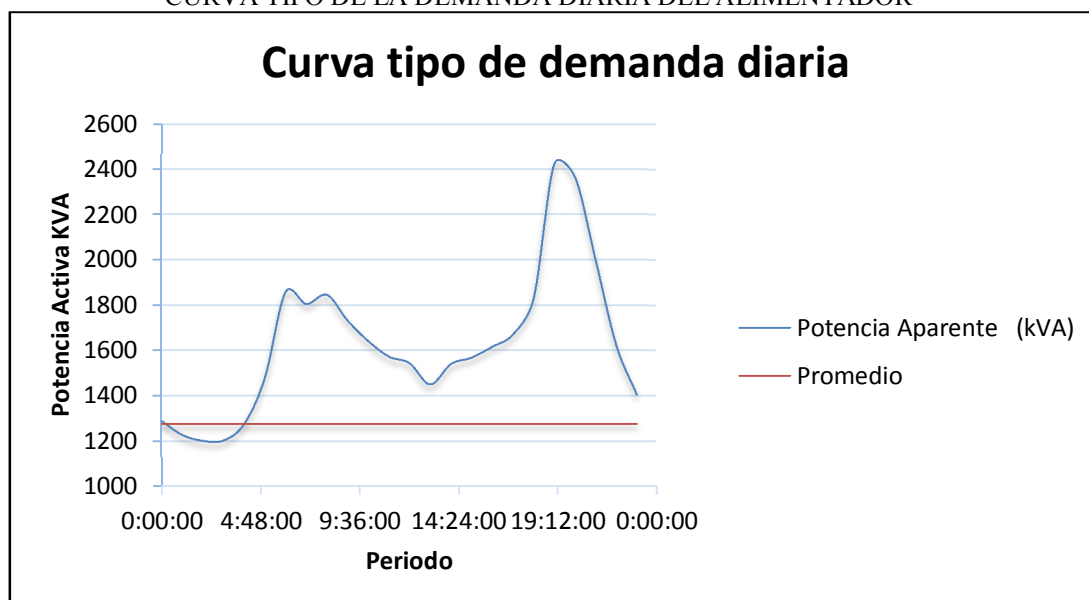
<b>PERIODO</b>	<b>Potencia Aparente (kVA)</b>
0:00:00	1289
1:00:00	1227
2:00:00	1201
3:00:00	1203
4:00:00	1276
5:00:00	1481
6:00:00	1858
7:00:00	1804
8:00:00	1845
9:00:00	1731
10:00:00	1641
11:00:00	1573
12:00:00	1543
13:00:00	1450
14:00:00	1540
15:00:00	1568
16:00:00	1616
17:00:00	1670
18:00:00	1827
19:00:00	2421
20:00:00	2365
21:00:00	2000
22:00:00	1624
23:00:00	1405

Fuente: Dpto. Planificación ELEPCO S.A.  
Recopilación: Postulante

Como se puede observar en la tabla anterior los reportes de cada hora la potencia de consumo de los usuarios del alimentador de 6:00 hasta las 8:00 de la mañana es el consumo alto debido a que los usuarios se encuentran en sus domicilios de 9:00 a 17:00 se mantienen en un promedio bajo debido que la mayoría de usuarios no se encuentran en sus domicilios y la hora pico comienza desde las 19:00 hasta la 21:00

En la ilustración 2.5 se puede observar la curva de la demanda diaria del alimentador.

Ilustración 2.5  
CURVA TIPO DE LA DEMANDA DIARIA DEL ALIMENTADOR



Fuente: ELEPCO S.A.  
Recopilación: Postulante

Como se puede observar en la gráfica se puede deducir que es un curva tipo residencial ya que en el periodo de 0:00 am horas hasta las 4:00 am registra un bajo consumo con una potencia mínima de 1201KVA a partir de las 5:00 am hasta las 9:00 am se registra un incremento en el consumo se puede observar en la figura el primer pico con una potencia aparente aproximadamente 1800 KVA nuevamente esta empieza a descender desde las 10:00 am hasta las 14:30 pm, de igual manera este empieza a ascender en el periodo de 16:00 pm hasta las 20:00 pm donde se registra el segundo pico con una potencia máxima 2421 KVA.

#### 2.3.3.4. *Máxima Carga*

A continuación se presenta la tabla 2.6, datos que corresponden a los consumos máximos en (KVA) del alimentador del año 2014.



Tabla 2.6  
KVA MÁXIMOS

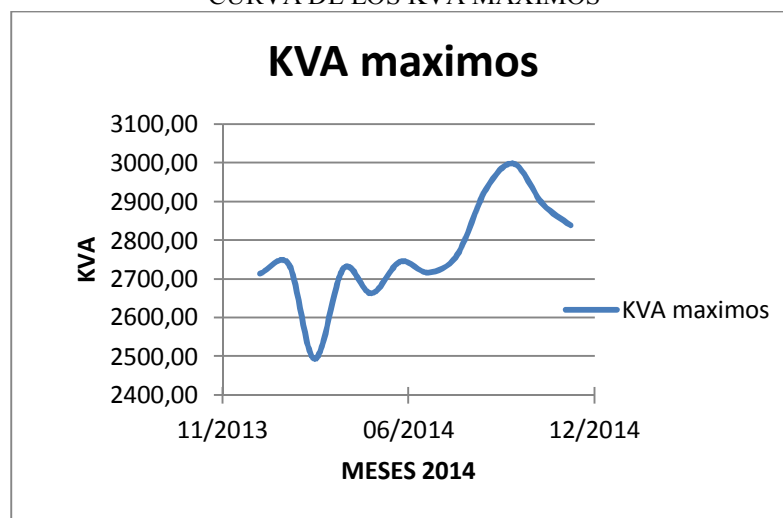
<b>Alimentador 1 Lasso</b>							
<b>Año 2014</b>	<b>KVA máximos</b>	<b>Corrientes coincidentes por fase</b>			<b>Factor de potencia coincidente por fase</b>		
		<b>Fase A</b>	<b>Fase B</b>	<b>Fase C</b>	<b>Fp A</b>	<b>Fp B</b>	<b>Fp C</b>
Enero	2713,78	87,95	164,29	95,04	95,83	95,95	96,70
Febrero	2738,73	91,20	164,60	98,06	96,19	96,56	97,07
Marzo	2493,71	97,66	113,54	113,46	96,89	96,68	97,05
Abril	2727,88	104,64	116,90	123,86	96,30	96,25	95,67
Mayo	2662,89	102,09	116,49	123,51	96,76	96,58	96,38
Junio	2745,43	106,79	116,82	126,83	96,93	96,44	96,04
Julio	2716,72	101,95	118,20	126,27	96,83	95,96	96,17
Agosto	2762,39	106,08	122,51	125,08	96,20	95,84	96,02
Septiembre	2931,62	112,41	125,54	131,20	96,42	96,24	96,30
<b>Octubre</b>	<b>2998,17</b>	<b>113,44</b>	<b>130,35</b>	<b>135,28</b>	<b>96,17</b>	<b>96,28</b>	<b>96,16</b>
Noviembre	2894,04	109,40	124,07	135,77	96,27	95,99	96,21
Diciembre	2838,60	110,83	123,15	131,82	96,42	96,42	96,73

Fuente: Dpto. Planificación ELEPCO S.A.  
Autor: Postulante

En la presente tabla se puede ver el consumo máximo de todo el año 2014 del alimentador en estudio, el consumo más bajo que se observa el mes de marzo con un consumo de 2493,71 KVA, el mes siguiente es mayo con 2662,89 KVA, seguidamente por el mes de enero con 2713,78 KVA, luego el mes de julio con 2716,72 KVA, en el mes de abril con 2727,88 KVA y así va incrementando los siguientes meses hasta llegar al máximo se presenta el mes de octubre con un consumo de 2998,17 KVA.

En la ilustración 2.6 podemos observar la curva de los KVA máximos como se ha consumido durante el año 2014.

Ilustración 2.6  
CURVA DE LOS KVA MÁXIMOS



Fuente: ELEPCO S.A.  
Autor: Postulante

Como se puede observar en la gráfica el menor mes de consumo es marzo que presenta 2493,71 KVA consumidos, luego el consumo va incrementando en los siguientes meses hasta llegar a su máximo consumo de 2998,17 KVA que se registra en el mes de octubre.

#### ***2.3.4. Cálculo de los índices actuales de confiabilidad para el alimentador 1 Lasso***

Primero se analizará la confiabilidad de cada tramo del alimentador en estudio y conjuntamente de los usuarios, esto se da debido a que cada uno de los tramos se encuentran conectados a un tramo específico de la red, al sufrir una falla en el sistema estos sufrirán los mismos efectos, posteriormente se procederá a calcular los índices de confiabilidad globales de todo el alimentador en estudio.

Para realizar la modelación de los tramos del alimentador se realizará de acuerdo a la topología y estos serán limitados por un elemento de protección y/o maniobra, como se puede observar en el anexo 6, en el cual se puede observar e identificar cada uno de los elementos de protección y/o maniobra y los tramos de la red. La

nomenclatura que se utilizará de los elementos de protección y/o maniobra será según se muestra en la tabla 2.9:

Tabla 2.9  
DETERMINACIÓN DE LOS ELEMENTOS

<b>CÓDIGO</b>	<b>ELEMENTO</b>
D	Disyuntor
SF	Seccionador Fusible
SRA	Seccionador Rompe Arco

Recopilación: Postulante

Cada uno de los tramos serán determinados e identificados por los elementos de protección y /o maniobra el más cercano aguas arriba, por ejemplo si el elemento de protección es SF1 el tramo estará denominado como T1, si el elemento es SF2 entonces el tramo será T2 y así sucesivamente de acuerdo a cada elemento de protección que corresponde a cada uno de los tramos del alimentador.

Cada uno de los elementos del diagrama se caracterizan por sus propios parámetros como es la tasa de falla, tiempo de interrupción, tiempo de indisponibilidad. Este se indicará más adelante de acuerdo a los cálculos que se realizará.

Una vez que se ha realizado la modelación del alimentador en estudio y acorde a la metodología aplicada para realizar el análisis de la confiabilidad del sistema, se realizará la matriz de ornen ( $n \times n$ ), siendo  $n$  el número de elementos del sistema en donde la fila representa la falla del elemento y la columna la condición del elemento frente a la falla.

#### ***2.3.4.1. Determinación de los elementos del alimentador en estudio***

Para la determinación de los elementos se considera la tasa de falla y el tiempo de interrupción de los tramos en el alimentador de estudio. Se necesita el número de las interrupciones que producen las fallas en cada uno de los tramos y elementos del sistema, información que se obtuvo de la ELEPCO S.A. en el año 2014 del

alimentador en estudio, las fallas están clasificadas de acuerdo a su origen y tipo de alimentadores es urbano y rural.

Se calcula la tasa promedio de falla en el alimentador en estudio, los cuales serán aplicados para todos los tramos tomando en cuenta que el alimentador en estudio es rural.

Se ha considerado a los seccionadores para establecer la condición de los tramos, también se ha determinado que si el elemento de seccionamiento es fallido este cortará el flujo de corriente hacia el tramo en análisis entonces se considera un tramo irrestablecible.

Para el cálculo promedio de la tasa de falla para los tramos del alimentador se realizará aplicando la ecuación 1.13.

$$b = \frac{m}{L * T} \text{ 1/km * año}$$

Dónde:

m: cantidad de fallas.

L: longitud total de las líneas expuestas a la falla, en km.

T: periodo de estudio en años.

b: número de fallas, por kilómetro por año.

l: longitud de la línea en interés.

Entonces, para los tramos rurales tenemos:

$$b = \frac{186}{789,8 * 1 \text{ año}} = 0,2355 \text{ fallas /km. año}$$

Al aplicar esta fórmula para encontrar las tasas de fallas de los tramos del alimentador en estudio no es adecuado, debido que los alimentadores se encuentran en la misma área de concesión, las condiciones de fallas determinada en los alimentadores urbanos o rurales van a ser aproximadamente similares, por

lo tanto los índices que se determinan pueden aplicarse en un alimentador en particular.

Los tiempos medios de las interrupciones ocasionadas por las fallas en los tramos del alimentador, se ha considerado la información proporcionada por el departamento de reparación y mantenimiento de la ELEPCO S.A., los tiempos de conocimiento, preparación, localización, reparación y traspaso de los tramos del alimentador, también se han establecido el tiempo tomando en cuenta el tipo y la longitud del conductor del alimentador.

Para este estudio se ha considerado que los elementos de protección y/o maniobra son 100% confiables.

En la tabla 2.10 se resumen las tasas de falla y tiempos de interrupción que se aplicaran en los tramos y en los elementos de protección y/o maniobra. Estos tiempos fueron proporcionados por la empresa eléctrica.

Tabla 2.10  
TASAS DE FALLA Y TIEMPOS DE INTERRUPCIÓN

<b>TRAMOS SIN CONEXIÓN</b>		
<b>TRAMO RURAL</b>		
<b>Tasa de Falla</b>	$\lambda$ (fallas/ km año)	0,2355
Tiempo de conocimiento	Tc (horas)	0,0830
Tiempo de preparación	Tp (horas)	0,0830
Tiempo de localización	Tl (horas)	0,2490
Tiempo de transferencia	Tt (horas)	0,2490
Tiempo de reparación	Tr (horas)	1,50
Tiempo para restablecer la configuración normal	Tv (horas)	0,2490

Fuente: Dpto. Operación y Mantenimiento ELEPCO S.A.  
Recopilación: Postulante

En la tabla 2.11 se indica los tiempos de interrupción que se pueden presentar en los diferentes tramos del alimentador. La nomenclatura utilizada en el siguiente

cuadro se explicó en el primer capítulo, en la caracterización de los elementos desde la página 19- 22.

Tabla 2.11  
TIEMPOS DE INTERRUPCIÓN

		<b>Tiempo Inter (h)</b>
<b>Tipo de elemento</b>	<b>Interrupciones</b>	<b>Tramo rural</b>
Normal	0	0,000
Restablecible	$T_c+T_p+T_l$	0,415
Transferible	$T_c+T_p+T_l+T_t+T_v$	0,913
Irrestablecible	$T_c+T_p+T_l+T_r$	1,915
Irrestablecible con espera	$T_c+T_p+T_l+T_t+T_r$	2,164

Fuente: Dpto. Operación y Mantenimiento ELEPCO S.A.

Recopilación: Postulante

### ***2.3.5. Índices actuales del alimentador 1 Lasso***

Para determinar los índices actuales de confiabilidad en el alimentador 1 Lasso se procederá a esquematizar de la siguiente manera:

- Establecer los parámetros de confiabilidad de los diferentes tramos del alimentador, separando los tramos con los elementos de protección y/o maniobra, como se muestra en el anexo 2.
- Establecer la matriz de estados de orden 50 x 50, para la configuración considerada, la matriz de estados se observa en el anexo 3.
- Una vez establecida la matriz de estados, se realizará el cálculo de la tasa de falla ( $\lambda$ ), anexo 4, el tiempo de interrupción ( $r$ ), anexo 5 el tiempo de indisponibilidad ( $U$ ), anexo 6, de cada uno de los tramos del alimentador, en el anexo 7 se indica el esquema de seccionamiento y/o maniobra existente del alimentador en estudio.

En la tabla 2.12 se resume los valores obtenidos en los anexos antes descritos como son: la tasa de falla, el tiempo de interrupción y el tiempo de indisponibilidad, además se indicará el nombre de tramo, equipo de seccionamiento, longitud del tramo, la potencia en KVA instalados y los KVA reales del alimentador.

Tabla 2.12  
DIAGNOSTICO ACTUAL DEL ALIMENTADOR 1 LASSO

<b>ALIMENTADOR 1 LASSO</b>						
<b>Tramo</b>	<b>Equipos de Seccionamiento</b>	<b>KVA Inst.</b>	<b>KVA Real</b>	<b><math>\lambda</math> (fallas/ año)</b>	<b>r (horas)</b>	<b>U (horas/ año)</b>
TD1	D	300	196	1,663	1,915	3,184
T1	SF-1	45	45	1,911	1,915	3,660
T2	SF-2	150	27	1,971	1,915	3,775
T3	SF-3	75	47	2,018	1,871	3,776
T4	SF4	125	81	2,108	1,934	4,077
T5	SF-5	20	22	2,164	1,743	3,771
T6	SF-6	640	203	2,849	1,784	5,083
T7	SF-7	480	247	3,034	1,792	5,437
TRA2	SF-8	130	126	2,960	1,789	5,296
T8	SF-9	275	52	18,499	0,665	12,309
TRA3	SF-10	235	38	18,123	0,711	12,889
T9	SF-11	788	261	18,123	0,911	16,518
T10	SF-12	125	94	18,123	0,928	16,819
T11	SF-13	50	6	18,123	0,957	17,352
T12	SF-14	120	54	18,123	0,987	17,897
T13	SF-15	125	27	18,123	0,943	17,099
T14	SF-16	130	91	18,123	0,947	17,171
T15	SF-17	348	111	18,123	1,010	18,296
T16	SF-18	203	135	18,123	1,048	18,993
T17	SF-19	45	15	17,659	1,053	18,592
T18	SF-20	100	44	17,659	1,129	19,942
T19	SF-21	110	25	17,659	1,177	20,785
T20	SF-22	360	189	7,642	1,011	7,723
T21	SF-23	115	39	7,320	1,142	8,358
T22	SF-24	85	12	7,320	1,056	7,732
T23	SF-25	115	39	5,837	1,242	7,247
T24	SF-26	285	36	5,837	1,535	8,959
TRA4	SF-27	215	62	4,190	1,826	7,652
T25	SF-28	30	0	19,294	0,727	14,028
T26	SF-29	50	6	19,222	0,739	14,207
T27	SF-30	90	39	19,011	0,828	15,743
T28	SF-31	30	6	17,717	0,785	13,912
TRA5	SF-32	160	38	17,286	0,798	13,790
T29	SF-33	192,5	29	17,286	0,898	15,530
T30	SF-34	132,5	66	17,286	0,981	16,950
T31	SF-35	90	90	14,711	0,847	12,464
TRA6	SF-36	140	45	14,711	0,994	14,624
T32	SF-37	95	21	14,711	1,065	15,662

T33	SF-38	40	3	14,018	1,066	14,949
T34	SF-39	80	22	12,170	1,042	12,682
T35	SF-40	102,5	15	12,170	1,128	13,733
T36	SF-41	112,5	2	11,469	1,114	12,779
T37	SF-42	15	14	11,210	1,107	12,414
T38	SF-43	90	47	11,123	1,232	13,705
T39	SF-44	234	113	10,152	1,489	15,120
T40	SF-45	145	53	10,152	2,225	22,586
TRA7	SF-46	80	7	6,347	1,856	11,781
T41	SF-47	50	11	7,078	1,862	13,181
T42	SF-48	15	2	6,469	1,857	12,015
T43	SF-49	10	1	6,434	1,857	11,949

Fuente: Postulante  
Autor: Postulante

Luego de haber obtenido los índices de confiabilidad de cada tramo se procede a calcular los índices de confiabilidad globales de todo el alimentador en estudio.

Los índices para el sistema son la frecuencia media de interrupción (FMIK) y el tiempo total de interrupción (TTIK), dados por las ecuaciones (1.1) y (1.2) mencionada en la Regulación N. 004/01 con respecto a la Calidad de Servicio Eléctrico.

$$FMIK_{Rd} = \frac{\sum_i \lambda_i KVA_i}{KVA_{inst}} = 11,37 \text{ salidas/año} \rightarrow \text{No cumple}$$

$$TTIK_{Rd} = \frac{\sum_i KVA f_{s_i} * T f_{s_i}}{KVA_{inst}} = 12,01 \text{ horas/año} \rightarrow \text{Cumple}$$

Como se puede observar la frecuencia media de interrupción es de 11,37 veces de salida en el año con un tiempo de interrupción de 12,01 horas en un año, los resultados obtenidos durante el análisis se puede manifestar que el alimentador 1 Lasso no se encuentra cumpliendo con la Regulación N. 004/01 con respecto a la frecuencia media de interrupción.

Con los datos proporcionados por la ELEPCO S.A. se realizará el cálculo de la energía no suministrada y su costo se aplicará la formula (1.3), debido que el



FMIK es mayor que su límite según lo establece la Regulación 004/01 emitida por el ARCONEL este es el primer caso que menciona para realizar dicho cálculo.

- Si:  $FMIK > \text{LímFMIK}$  y  $TTIK < \text{LímTTIK}$

$$ENS = (FMIK - \text{LímFMIK}) * \frac{TTIK}{FMIK} * \frac{ETF}{THPA}$$

$$ENS = (11,37 - 6) \text{salidas} * \frac{12,01h}{11,37 \text{salidas}} * \frac{5583632,72Kwh}{8760h}$$

$$ENS = 3628,20Kwh$$

$$CENS = ENS * 0,64 \text{ USD/Kwh}$$

$$CENS = 2322,05 \text{ USD/Kwh- Año}$$

Por lo antes mencionado, en el Capítulo III se aplicará la propuesta de la reconfiguración de la red para lograr mejorar los índices de confiabilidad en el alimentador, también se pretende disminuir las pérdidas económicas por la energía no suministrada debido a las interrupciones de servicio y finalmente se mejorará el servicio entregado a los clientes conectados a la red del alimentador en estudio.

En el anexo 1 se mostrará el flujo de carga que se realizó en el estado actual del alimentador donde se puede observar los niveles de voltaje más críticos en el sistema.

## **ANALISIS DE PROPUESTAS PLANTEADAS EN ESTUDIOS SIMILARES**

Se analizará cada una de las alternativas:

La primera alternativa planteada en la tesis de Ing. Lina sobre la transferencia de carga, no podemos aplicar como método de solución para mejorar los índices de confiabilidad debido a que no se tiene alimentadores aledaños al alimentador 1 Lasso del cual se pueda transferir carga en caso de presentarse alguna falla y se quede sin energía el alimentador.

Para la segunda alternativa no es posible aplicar debido que no existe alimentadores paralelos ni subestaciones cercanas para poder conectar al alimentador desde otra subestación.

En la tercera alternativa de conectar reconectores en el sistema es una buena alternativa pero debido que las salidas que se tiene en el alimentador en estudio no son transitaras no es posible realizar esta alternativa.

Luego de haber analizado las alternativas que se presentaron anteriormente y no encontrar una propuesta similar a las planteadas debido a la topología de la red para mejorar los índices de confiabilidad del alimentador en estudio.

La propuesta más apropiada es de construir un nuevo tramo desde la subestación para poder conectar parte del circuito y aliviar la carga del alimentador principal esto fue gracias a la topología de la red que tiene el alimentador.

## 2.4. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La hipótesis planteada en el anteproyecto de tesis fue la siguiente:

“Los índices TTIK y FMIK en el Alimentador 1 Lasso de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi, sobrepasan los límites admisibles de la regulación 004/01 emitida por el ARCONEL con respecto a la calidad de servicio”.

Para verificar la hipótesis planteada se aplicó la metodología de las cadenas de Markov en el estado actual del alimentador 1 Lasso, de esta manera se pudo comprobar que los datos obtenidos mediante el cálculo la Frecuencia Media de Interrupción por KVA instalado (FMIK) sobrepasa el límite establecidos en la regulación, se obtuvo un valor de 11,37 lo que no estaría cumpliendo con la regulación 004/01 emitida por el ARCONEL con respecto a la calidad de servicio.

Podemos observar en la tabla 2.13 los índices de confiabilidad obtenidos mediante la aplicación del método de las Cadenas de Markov.

Tabla 2.13  
INDICES DE CONFIABILIDAD ESTADO ACTUAL

<b>INDICES DE CONFIABILIDAD</b>		
<b>ESTADO ACTUAL</b>	<b>Frecuencia Media de Interrupción (FMIK)</b>	<b>Tiempo Total de Interrupción (TTIK)</b>
DATOS APLICANDO EL MÉTODO DE LAS CADENAS DE MARKOV	11,37	12,02

Recopilación: Postulante

## **CAPITULO III**

### **3. METODOLOGÍA APLICADA A LA REDUCCIÓN DE LOS ÍNDICES DE CONFIABILIDAD MEDIANTE LA RECONFIGURACIÓN DE LA RED DE MEDIO VOLTAJE DEL ALIMENTADOR 1 LASSO**

#### **3.1. PRESENTACIÓN**

Las empresas eléctricas distribuidoras son encargadas de brindar un servicio de calidad, cumpliendo con las leyes y reglamentos que establece el ARCONEL como ente regulador de cada una de las empresas distribuidoras.

En el presente estudio se realizará el mejoramiento de los índices de tiempo total y frecuencia media de interrupción en el alimentador 1 Lasso de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A., el mismo que esta fuera de los límites admisibles de acuerdo a la regulación 004/01.

Con la aplicación de la metodología de las Cadenas de Markov se pudo evaluar la confiabilidad del alimentador en el estado actual que se encuentra y las alternativas de reconfiguración de la red para mejorar los índices de frecuencia media de interrupción y el tiempo total de interrupción y así poder incrementar la confiabilidad del sistema y por ende mejorar la calidad de servicio que se brinda a los usuarios que se encuentran conectados a la red.

### 3.2. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad las empresas distribuidoras han tenido como propósito mejorar sus índices de calidad de servicio eléctrico el cual ha venido realizando estudios desde hace mucho tiempo atrás y cada día se ha teniendo mejores resultados. Con el fin de crear beneficios en el campo técnico y económico para cada una de las empresas distribuidoras. Por ello se aplicará nuevos métodos y técnicas que proporcionen resultados óptimos, por eso se aplicará el método de las Cadenas de Markov.

Se ha visto necesario realizar como tema de tesis el mejoramiento de la calidad de servicio técnico, índices TTIK-FMIK, utilizando la metodología de las cadenas de Markov en el alimentador 1 Lasso, para cuando el sistema presente alguna falla este servirá como ejemplo para poder aplicar en los demás alimentadores de la provincia de la empresa distribuidora ELEPCO S.A., y así poder cumplir con las normas y reglamentos emitidos por el ARCONEL como ente regulador de las empresas distribuidoras.

Se realizará el análisis del alimentador como se encuentra actualmente y como será en un futuro, para ello se planteará posibles soluciones, esto se realizará con la ayuda del software CYMDIST, una vez aplicada la metodología de las cadenas de Markov, esto ayudará a la empresa a conocer los estados de cada uno de los elementos del sistema para ver si están cumpliendo con el propósito de mejorar la calidad de servicio eléctrico.

En la elaboración de este trabajo existen alrededor de 5664 beneficiarios los cuales son clientes que reciben la energía de este alimentador 1 Lasso, que al proponer soluciones el servicio de energía eléctrica será de mejor calidad, la otra parte beneficiada es la ELEPCO S.A., con este estudio podrá tomar de decisiones hacia el futuro y cumplir con las normas y reglamentos emitidos por el ARCONEL en especial con la Regulación 004/01 de Calidad Del Servicio Eléctrico de Distribución.

### **3.3. OBJETIVOS**

#### ***3.3.1. OBJETIVO GENERAL***

- Determinar los nuevos índices TTIK-FMIK, mediante las propuestas planteadas para el alimentador 1 Lasso del sistema de distribución de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A., ELEPCO S.A., mediante la aplicación de la metodología de las cadenas de Markov, para cumplir con las leyes y reglamentos establecidos por el ARCONEL.

#### ***3.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS***

- Aplicar la metodología de las cadenas de Markov, para evaluar la confiabilidad del alimentador en la propuesta planteada, para mejorar los índices FMIK-TTIK.
- Verificar si la reconfiguración del alimentador 1 Lasso mejora la calidad de servicio eléctrico que brinda a los usuarios con la propuesta planteada y cumple con la regulación 004/01.
- Analizar la factibilidad económica que se presenta en la propuesta planteada para verificar si es factible el proyecto.

### **3.4. Alcance**

El alcance del presente trabajo tiene como propósito mejorar los índices de confiabilidad del sistema mediante la reconfiguración de la red y aplicando la metodología de las Cadenas de Markov, el cual permite evaluar la confiabilidad del sistema.

Se presenta los planos del alimentador 1 Lasso, en que pudo evaluar la situación actual de cada uno de los índices de confiabilidad como es el tiempo total de interrupción y la frecuencia media de interrupción.

En el Capítulo III se analizará la alternativa como es la reconfiguración del alimentador primario, creando un nuevo tramo trifásico para poder tomar una

parte importante de carga, de igual manera se determinará los nuevos índices de confiabilidad.

Se realizará el análisis de la factibilidad técnica y económica en base a la reconfiguración planteada para el alimentador primario.

Finalmente se presentaran las conclusiones y recomendaciones.

### **3.5. Desarrollo del método**

Las redes de medio voltaje generalmente operan como sistemas radiales, con la posibilidad de alimentar uno o más tramos a lo largo del alimentador a través de elementos de protección y/ maniobra.

El principal inconveniente que se puede manifestar es mejorar los índices de confiabilidad de la red del alimentador 1 Lasso, tiempo total de interrupción por KVA instalado (TTIK), frecuencia media de interrupción por KVA instalado (FMIK), establecer los tramos del alimentador en estudio que pueda construir un nuevo circuito trifásico, los mismos que están sujetos a los costos de inversión en los nuevos tramos a ser construidos y los equipos que se requiere para poder modificar la red frente a los nuevos cambios de la topología de la red, y así se podrá minimizar los costos de la energía no suministrada.

Para construir el tramo de red se ha considerado lo siguiente:

- Se considera un elemento de protección y/o maniobra seccionamiento de cabecera del alimentador.
- En la derivación a construirse se colocará un seccionador barra que estará coordinado con el primer elemento de protección y/o maniobra seccionamiento de cabecera del alimentador.
- De igual manera se colocará dos seccionadores barra el primero será ubicado a 0,96 km de distancia de la subestación Lasso que estar cerrado a la subestación y el otro estará en termina el circuito este permanecerá abierto puesto que se encontrará conectado desde el seccionador que se encuentra cerca de la subestación Lasso.

- Se considerará que los equipos de seccionamiento y protección 100% confiables, frente a las fallas de los tramos de toda la red.
- El tramo a ser construido es considerado el apropiado ya que es el que se encontraba a una distancia menor para poder unir los circuitos, y así se podrá minimizar los costos de inversión.

### ***3.5.1. Reconfiguración de la topología de la red del sistema de medio voltaje basado en la calidad de servicio***

Para realizar la reconfiguración de la red, se debe considerar la topología actual del alimentador analizado en el capítulo anterior, como caso base, para poder evaluar la alternativa de reconfiguración de la red y los nuevos parámetros de confiabilidad del sistema.

Para ello se presenta las siguientes propuestas planteadas:

#### **PROPUESTA**

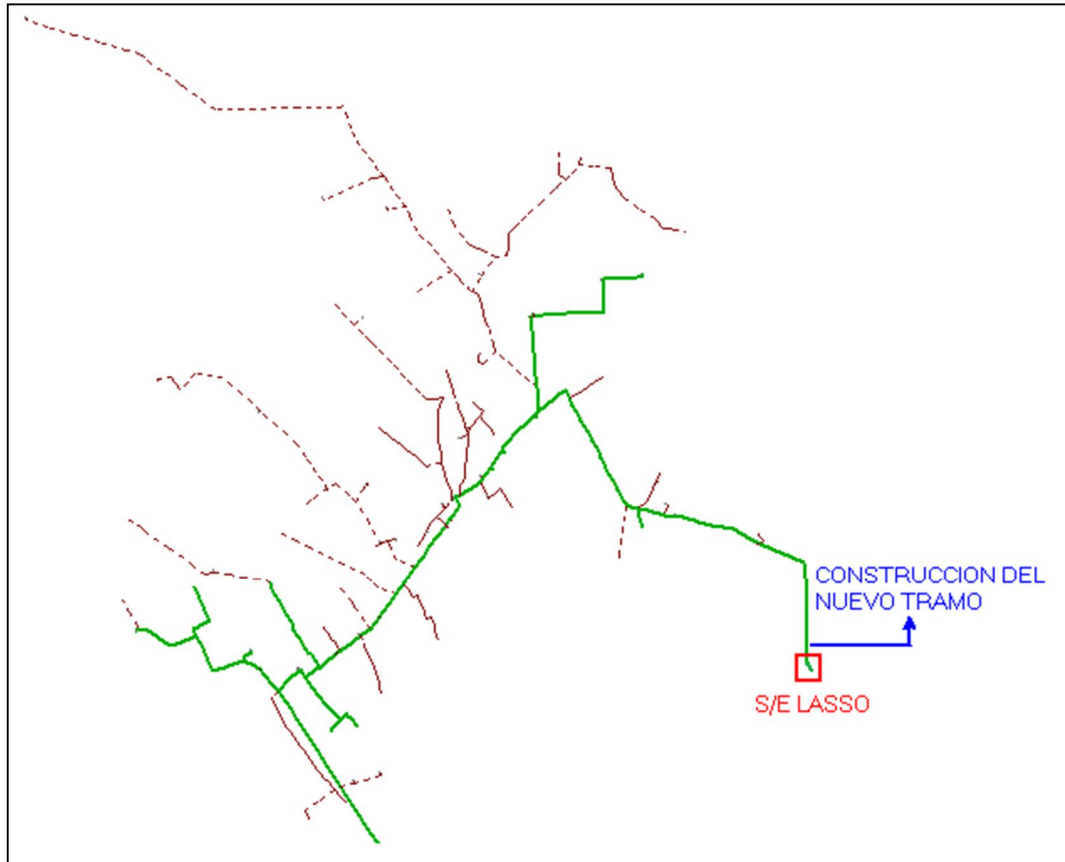
Para la PROPUESTA, se ha considerado la siguiente reconfiguración en la red de medio voltaje del alimentador 1 Lasso.

#### **CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO TRAMO PARA DIVIDIR EL ALIMENTADOR PRINCIPAL**

Para la propuesta de construir un nuevo tramo para dividir el alimentador principal se ha considerado la topología de la red de medio voltaje del alimentador 1 Lasso, se pretende construir la red trifásica que partirá desde la subestación con postes de 12 m x 500 kg, donde serán montadas las diferentes estructuras, de igual manera se pretende construir dos tramos subterráneos para cumplir con las normas del Ministerio de Electricidad y Energías Renovables MEER , el primero será construido para el pase de la línea férrea y el otro será construido para el redondel de Pastocalle, luego seguirá el tramo aéreo hasta conectar el circuito nuevo con el existente.



Ilustración 3.1  
PROPUESTA CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO TRAMO PARA DIVIDIR EL  
ALIMENTADOR PRINCIPAL



Recopilación: Postulante

- Se colocará seccionadores barra en el poste 134521, que es el poste de salida de la subestación Lasso para la nueva salida alimentador para abastecer una carga de 2,21 MVA.
- Se sugiere construir un tramo aéreo de 1,5 km de red trifásica, el cual se colocarán 50 postes con sus estructuras trifásicas, y conductor ACSR # 3/0 desde los postes número 134521 y se conectará al poste 123251.
- Se sugiere construir los dos tramos subterráneos el primero será de 0,035km de red para la línea férrea y el segundo tramo de 0,22 km de red para el redondel de la entrada a Pastocalle ambos tramos se utilizará conductor XPLE unipolar de 15 Kv.
- Se sugiere conectar los elementos de protección y / o seccionamientos en los postes que ingresan a los tramos subterráneos.

- Es importante colocar seccionadores barra en el poste 123251 para conectar la carga de 2,21 MVA.
- Es importante cambiar el seccionador 5174 rompe arco que se encuentra ubicado en el poste 147697, por un seccionador barra para poder abrir el circuito, este se encuentra localizado a 8.85 km de la subestación Lasso.

### ALIMENTADOR 1 LASSO CIRCUITO 2

Ilustración 3.2  
CIRCUITO 2



Recopilación: Postulante

Este es el circuito 2 del alimentador 1 Lasso debido a la separación con la construcción del tramo para dividir el alimentador principal.

Como se explicó anteriormente en la propuesta 1 es importante cambiar el seccionador 5174 rompe arco que se encuentra ubicado en el poste 147697, por un seccionador barra para poder abrir el circuito, y poder separar los circuitos.

### **3.6. Determinación de los nuevos índices de confiabilidad con la reconfiguración propuesta**

#### **PROPUESTA**

#### **CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO TRAMO PARA DIVIDIR EL ALIMENTADOR PRINCIPAL**

Una vez conocida la información correspondiente a la propuesta de la construcción de un nuevo tramo para dividir el alimentador principal, según el método aplicado para el análisis se procede a elaborar la nueva matriz de estados de orden  $32 \times 32$ , para determinar los nuevos índices de confiabilidad de la propuesta planteada, en el anexo 8 se muestra la nueva matriz formada, se considera los mismos tiempos de interrupción y la tasa de falla que se presentó en la tabla 2.10.

En el actual análisis de confiabilidad se planteó la nueva matriz de estados en donde se presenta únicamente la confiabilidad de cada uno de los tramos frente a una falla de los elementos de la red.

De acuerdo a la nueva matriz elaborada se presenta el estado de cada uno de los elementos, en el anexo 9 se presenta la tasa de falla, en el anexo 10 tiempos de interrupción, y en el anexo 11 el tiempo de indisponibilidad de servicio.

En la tabla 3.1 se muestra el resumen de los datos obtenidos al calcular los nuevos índices de confiabilidad del alimentador, se tiene el nombre del tramo, la longitud de cada uno de los tramos del alimentador, los KVA reales e instalados, los valores de la tasa de falla ( $\lambda$ ) de cada elemento es la suma total de todos los elementos se muestra en el anexo 9, los valores del tiempo de interrupción de servicio (U) es igualmente tomado de la suma total de cada elemento se muestra en el anexo 10, y el tiempo de indisponibilidad ( $\tau$ ) se obtiene dividiendo la indisponibilidad sobre la tasa de falla  $U/\lambda$ , se muestra en el anexo 11., también se presenta en el anexo 12 el diagrama seccionamiento y/o maniobra del alimentador de la propuesta de la nueva derivación para dividir el circuito.

Tabla 3.1  
 NUEVOS INDICES DE CONFIABILIDAD PROPUESTA

Tramo	Equipos de Seccionamiento	KVA Real	KVA Inst.	Longitud del Tramo (Km)	$\lambda$ (fallas/año)	r (horas)	U (horas/año)
TD	D	0	0	0,072	0,017	1,915	0,032
TSB1	SB-1	38	55	1,777	0,435	1,915	0,834
T1	SF-1	11	15	0,120	0,464	1,915	0,888
T2	SF-2	15	38	0,381	0,553	1,838	1,017
T3	SF-3	78	120	3,677	1,419	1,790	2,541
T4	SF-4	62	253	1,358	1,739	1,066	1,854
T5	SF-5	15	45	1,384	4,120	0,692	2,852
T6	SF-6	44	100	3,822	4,120	1,020	4,202
T7	SF-7	21	90	4,882	4,120	1,111	4,576
T8	SF-8	3	10	0,280	4,120	1,135	4,675
T9	SF-9	1	10	1,100	4,120	1,205	4,965
T10	SF-10	153	518	4,730	6,695	0,762	5,103
T11	SF-11	5	20	0,521	6,695	0,790	5,287
T12	SF-12	91	130	1,850	6,572	0,868	5,705
T13	SF-13	25	90	2,400	6,137	0,932	5,719
T14	SF-14	2	35	0,759	6,137	0,976	5,987
T15	SF-15	7	25	0,642	5,572	0,873	4,863
T16	SF-16	34	70	3,904	5,242	1,122	5,878
T17	SF-17	10	25	0,661	4,322	1,007	4,351
T18	SF-18	7	25	1,208	4,166	1,075	4,480
T19	SF-19	4	10	0,492	3,882	1,058	4,109
T20	SF-20	32	40	0,553	3,766	1,084	4,082
T21	SF-21	18	15	0,310	3,636	1,084	3,942
T22	SF-22	5	40	1,482	3,563	1,214	4,326
T23	SF-23	1	10	0,881	3,563	1,302	4,637
T24	SF-24	134	175	0,855	3,006	1,289	3,873
T25	SF-25	21	80	0,668	2,805	1,328	3,724
T26	SF-26	4	30	0,484	2,648	1,357	3,594
T27	SF-27	0	0	1,059	3,268	1,241	4,054
T28	SF-28	22	60	1,582	3,268	1,412	4,613
T29	SF-29	6	25	0,377	2,896	1,393	4,033
TSB2	SB-2	9	75	0,102	2,896	1,405	4,069

Recopilación: Postulante

De igual manera se procedió a calcular los nuevos índices de confiabilidad de la propuesta planteada, el cálculo se realizó de la misma como se obtuvo los índices de confiabilidad del estado actual del alimentador 1 Lasso que fue considerado como caso base.

Luego de conocer los índices de confiabilidad de cada uno de los tramos de la propuesta planteada se procede al cálculo de los índices globales de confiabilidad del alimentador con su nueva red.

Para determinar los índices de confiabilidad para el sistema son la frecuencia media de interrupción (FMIK) y el tiempo total de interrupción (TTIK), dados por las ecuaciones (1.1) y (1.2).

$$FMIK_{Rd} = \frac{\sum_i \lambda_i KVA_i}{KVA_{inst}} = 4,20 \text{ salidas/año} \rightarrow \text{Cumple}$$

$$TTIK_{Rd} = \frac{\sum_i KVA f_{s_i} * T f_{s_i}}{KVA_{inst}} = 4,09 \text{ horas/año} \rightarrow \text{Cumple}$$

Como se puede observar con la nueva topología de red la propuesta se puede ver que los índices de confiabilidad han mejorado notablemente, la frecuencia media de interrupción es de 4,20 veces de salida en el año con un tiempo de interrupción de 4,09 horas en un año, con este análisis se obtiene la confiabilidad de la red del Alimentador 1 Lasso cumple con la Regulación N. 004/01 con respecto a la frecuencia media de interrupción y tiempo total de interrupciones.

## **ALIMENTADOR 1 LASSO CIRCUITO 2**

De la misma manera se procederá a calcular los nuevos índices de confiabilidad del alimentador 1 Lasso del segundo circuito que se conformó, según la metodología aplicada para el análisis se procede a elaborar la nueva matriz de estados de orden 39 x 39, para determinar los nuevos índices de confiabilidad de la propuesta planteada, en el anexo 13 se muestra la nueva matriz formada, se considera los mismos tiempos de interrupción y la tasa de falla que se presentó en la tabla 2.10.

En el actual análisis de confiabilidad se planteó la nueva matriz de estados en donde se presenta únicamente la confiabilidad de cada uno de los tramos frente a una falla de los elementos de la red.

De acuerdo a la nueva matriz elaborada se presenta el estado de cada uno de los elementos, en el anexo 14 se presenta la tasa de falla, en el anexo 15 tiempos de interrupción, y en el anexo 16 el tiempo de indisponibilidad de servicio.

En la tabla 3.2 se muestra el resumen de los datos obtenidos al calcular los nuevos índices de confiabilidad del alimentador, se tiene el nombre del tramo, la longitud de cada uno de los tramos del alimentador, los KVA reales e instalados, los valores de la tasa de falla ( $\lambda$ ) de cada elemento es la suma total de todos los elementos se muestra en el anexo 14, los valores del tiempo de interrupción de servicio (U) es igualmente tomado de la suma total de cada elemento se muestra en el anexo 15, y el tiempo de indisponibilidad (r) se obtiene dividiendo la indisponibilidad sobre la tasa de falla  $U/\lambda$ , se muestra en el anexo 16, también se presenta en el anexo 19 el diagrama seccionamiento y/o maniobra del alimentador de la propuesta del nueva derivación para dividir el circuito.

Tabla 3.2  
NUEVOS INDICES DE CONFIABILIDAD CIRCUITO 2

Tramo	Equipos de Seccionamiento	KVA Real	KVA Inst.	Longitud del Tramo (Km)	$\lambda$ (fallas/año)	r (horas)	U (horas/año)
TD1	D	196	300	7,061	1,663	1,915	3,184
TRA1	SRA-1	45	45	1,055	4,215	1,095	4,616
T1	SF-1	27	150	0,254	4,215	1,116	4,706
T2	SF-2	47	75	0,201	4,215	1,112	4,687
T3	SF-3	81	125	0,580	4,215	1,144	4,821
T4	SF-4	22	20	1,072	3,971	1,138	4,521
T5	SF-5	203	640	2,909	3,971	1,397	5,549
T6	SF-6	247	480	4,766	3,034	1,792	5,437
TRA2	SRA-2	126	130	4,454	6,852	1,009	6,911
T7	SF-7	26	275	1,597	6,852	1,091	7,475
TRA3	SRA-3	1	75	0,271	6,476	1,058	6,851
T8	SF-8	189	360	1,369	6,412	1,125	7,213
T9	SF-9	39	115	3,545	6,090	1,289	7,847
T10	SF-10	12	85	2,754	5,255	0,000	0,000
T11	SF-11	39	115	2,144	4,606	1,462	6,737
T12	SF-12	36	285	4,846	4,101	1,824	7,482
TRA4	SRA-4	62	215	5,224	6,198	1,369	8,485
T13	SF-13	0	30	0,305	6,198	1,386	8,593
T14	SF-14	6	50	0,897	6,126	1,432	8,772
T15	SF-15	39	90	5,493	5,915	1,743	10,308

T16	SF-16	6	30	1,829	4,621	1,834	8,477
TAR5	SRA-5	38	160	1,989	6,766	1,393	9,424
T17	SF-17	29	192,5	4,925	6,766	1,650	11,164
T18	SF-18	66	132,5	4,022	6,766	1,860	12,585
T19	SF-19	90	90	1,261	7,028	1,320	9,275
TAR6	SRA-6	45	140	6,115	7,028	1,627	11,436
T20	SF-20	21	95	2,940	7,028	1,775	12,474
T21	SF-21	3	40	1,733	6,336	1,856	11,760
T22	SF-22	22	80	3,603	12,170	1,042	12,682
T23	SF-23	15	102,5	2,976	12,170	0,000	0,000
T24	SF-24	2	112,5	1,098	11,469	1,114	12,779
T25	SF-25	14	15	0,370	11,210	1,107	12,414
T26	SF-26	47	90	4,126	11,123	1,232	13,705
T27	SF-27	113	234	9,273	10,152	1,489	15,120
T28	SF-28	53	145	11,176	10,152	0,000	0,000
TAR7	SRA-7	7	80	4,292	7,287	1,670	12,172
T29	SF-29	11	50	3,104	7,287	1,821	13,268
T30	SF-30	2	15	0,518	6,556	1,838	12,051
T31	SF-31	1	10	0,371	6,434	1,857	11,949

Recopilación: Postulante

Los cálculos se realizaron de la misma manera que se obtuvo anteriormente con la propuesta planteada.

Luego de conocer los índices de confiabilidad de cada uno de los tramos de la propuesta planteada se procede al cálculo de los índices globales de confiabilidad del alimentador con su nueva red.

Para determinar los índices de confiabilidad para el sistema son la frecuencia media de interrupción (FMIK) y el tiempo total de interrupción (TTIK), dados por las ecuaciones (1.1) y (1.2).

$$FMIK_{Rd} = \frac{\sum_i \lambda_i KVA_i}{KVA_{inst}} = 5,95 \text{ salidas/año} \rightarrow \text{Cumple}$$

$$TTIK_{Rd} = \frac{\sum_i KVA_{fs_i} * T_{fs_i}}{KVA_{inst}} = 7,55 \text{ horas/año} \rightarrow \text{Cumple}$$

Como se puede ver con la nueva topología de red del circuito 2 los índices de confiabilidad han mejorado notablemente, la frecuencia media de interrupción es de 5,95 veces de salida en el año con un tiempo de interrupción de 7,55 horas en un año, con este análisis se obtiene la confiabilidad de la red del Alimentador 1 Lasso cumple con la Regulación N. 004/01 con respecto a la frecuencia media de interrupción y tiempo total de interrupciones.

### **3.7. Análisis de factibilidad**

#### **3.7.1. Factibilidad técnica**

Se presenta la factibilidad técnica de la posible alternativa de solución para poder mejorar la calidad de servicio técnico y los índices de confiabilidad del alimentador primario en estudio.

Se realizó el análisis del sistema en el software CYMDYS, en el cual se analizó la propuesta para tomar una parte importante de la carga, la propuesta es de construir un nuevo tramo para dividir el alimentador principal que partirá desde la subestación Lasso para conectarse con un ramal principal en el sector de la entrada de Pastocalle al realizar esta propuesta mejoran notablemente primeramente vemos como los índices de confiabilidad, segundo los voltajes críticos que se obtuvo en el flujo de carga y en el circuito 2 de igual manera parte desde la subestación Lasso donde los índices de confiabilidad, los voltajes críticos que no cumplían con regulación 004/01 estos ahora ya están cumpliendo con la misma.

Las propuesta planteada es factible técnicamente debido que cumplen con mejorar la calidad de servicio técnico y los índices de confiabilidad y si cumplen con la regulación 004/01 emitida por el ARCONEL con respecto a la calidad de servicio



## PROPUESTA

En la siguiente tabla 3.3 se puede observar las corrientes en las tres fases antes y después de la reconfiguración y se puede apreciar cómo están mejorando, los kVA instalados también se distribuyen según la topología de la red.

Tabla 3.3  
ANÁLISIS TÉCNICO

ALIMENTADOR 1 LASSO	RED	i (A)			KVA		
		A	B	C	A	B	C
ACTUAL SIN RECONFIGURACION	ALIMENTADOR 1 LASSO	113,9	129,9	135,2	907,5	1035,2	1077
RECONFIGURACION PROPUESTA		29,5	41,3	42,3	234,9	328,8	336,8
RECONFIGURACION CIRCUITO 2		83,1	86,1	90,6	662,1	685,7	722

Recopilación: Postulante

En la tabla 3.4 se presenta el porcentaje de mejora de los índices de confiabilidad.

Tabla 3.4  
PORCENTAJE DE MEJORA DE LOS ÍNDICES DE CONFIABILIDAD

ÍNDICES DE CONFIABILIDAD		
	Frecuencia Media de Interrupción (FMIK)	Tiempo Total de Interrupción (TTIK)
Estado Actual	11,37	12,02
CIRCUITO 1		
Propuesta	4,20	4,09
% Mejora	63,06%	65,97%
CIRCUITO 2	5,95	7,55
% Mejora	47,67%	37,18%

Recopilación: Postulante

La frecuencia media de interrupción por KVA instalados (FMIK), mejora el 63.06% del estado actual para el circuito 1 y para el circuito 2 mejora el 47,67% y la frecuencia media de interrupción por KVA instalados (TTIK) mejora un 65.97% en el circuito 1 del estado actual del alimentador y en el circuito 2 un

37,18%, este mejoramiento se produce debido a que el alimentador principal fue dividido en dos circuitos y se alivió la carga del alimentador principal.

### **3.7.2. Factibilidad económica**

Una vez analizada la propuesta para mejorar los índices de confiabilidad mediante la construcción de la nueva red y el montaje de los nuevos equipos de protección y/o seccionamiento, se pudo notar como mejoró notablemente la confiabilidad del alimentador.

Se realizará la factibilidad económica para poder justificar los beneficios que se logrará obtener con la implementación de la nueva red en propuesta planteada. En el anexo 18 se presenta el presupuesto para la creación del nuevo alimentador.

#### **3.7.2.1. Inversiones**

**Construcción de la red.-** para la construcción de la nueva red se considera el costo de los materiales nuevos, mano de obra de montaje de nuevas estructuras, el desmontaje de los equipos de protección.

**Equipos de protección y /o seccionamiento.-** se considera el cambio de los seccionadores rompe-arco por los seccionadores tipo barra.

En la siguiente tabla se realiza el análisis de los costos de la energía no suministrada

Tabla 3.5  
DATOS SIN PROPUESTA

<b>Energía Total Facturada (Kwh) anual</b>	5583632,72
<b>Total usuarios</b>	5664
<b>TTIK</b>	12,01
<b>Costo Kwh</b>	0,64
<b>Horas al año</b>	8760,00
<b>Potencia Promedio</b>	637,40
<b>Potencia Promedio/usuario</b>	0,11

Recopilación: Postulante

En la tabla anterior tenemos los siguientes datos:

- El total de energía facturada anualmente por la empresa distribuidora en el alimentador 1 Lasso.
- El número de usuarios total del alimentador.
- El tiempo total de interrupción por KVA.
- El costo de energía no suministrada por Kwh.
- La potencia promedio procedemos se obtuvo al dividir el total de energía facturada por las horas del año.
- Y finalmente para obtener la potencia promedio por usuario se divide la potencia promedio por los usuarios

Ahora se va a analizar el ahorro que la empresa distribuidora va a tener con la construcción del nuevo tramo:

Tabla 3.6  
AHORRO DE ENERGIA

#Usuarios	Potencia Promedio	TTIK	Energía no suministrada	Costo
5664	637,40	12,01	7655,19	4899,32
1965	221,13	4,09	904,43	578,84
3699	416,27	7,55	3142,83	2011,41
			<b>Ahorra</b>	2309,07

Recopilación: Postulante

En el análisis del económico se puede decir lo siguiente:

- En la primera celda se tiene el número total de usuarios en el estado actual del alimentador y en las dos siguientes celdas los usuarios que corresponden a la reconfiguración del alimentador en el circuito 1y 2 respectivamente.
- En la tabla anterior 3.5 se obtuvo la potencia promedio por usuario, entonces ahora se va a multiplicar por el número de usuarios para tener la potencia promedio del alimentador.

- Para el cálculo de la energía no suministrada se procede a multiplicar la potencia promedio por el TTIK del alimentador.
- Y finalmente para obtener el costo multiplicando el costo por Kwh de la energía no suministrada por cada uno de los circuitos del alimentador.

Se observa que al construir el tramo para dividir el alimentador en dos circuitos tiene un ahorro de 2.309,07 USD.

Lo que se puede indicar que con la propuesta planteada el costo de la energía no suministrada es menor para cada uno de los circuitos lo que indica económicamente es que la empresa va a tener que pagar menos dinero en energía no suministrada debido a que el sistema queda con mayor confiabilidad y calidad de servicio.

De igual manera se puede manifestar que la empresa está cumpliendo con los límites admisibles dentro de la regulación 004/01 emitida por el ARCONEL, lo que la empresa no tendrá multas por suspensiones de servicio.

Otro de los beneficios es que los usuarios que se encuentran conectados tanto en el circuito 1 y 2 tendrán un mejor servicio de energía y las suspensiones de servicio se reducirán notablemente.

## 4. CONCLUSIONES

- Para poder evaluar la confiabilidad del alimentador primario se procedió a la construcción de un nuevo tramo para dividir el alimentador principal para alimentador se obtuvo los resultados favorables, debido a que los índices de confiabilidad tanto para el alimentador nuevo y para el alimentador existentes los índices mejoraron considerablemente.
- Se pudo comparar los resultados obtenidos de los índices de confiabilidad antes y después de aplicar la metodología , y se puede decir que; para el nuevo alimentador la frecuencia media de interrupción por KVA instalados (FMIK) se reduce un 63,06% y el tiempo total de interrupción (TTIK) se reduce el 65,97% , y para el alimentador existente la frecuencia media de interrupción por KVA instalados (FMIK) se logró disminuir un 47,67% y el tiempo total de interrupción (TTIK) de igual manera se logró disminuir el 37,18% , al lograr disminuir cada uno de los índices de confiabilidad el alimentador primario 1 Lasso estaría cumpliendo con la regulación 004/01 emitida por el ARCONEL con respecto a la calidad de servicio.
- Al mejorar la frecuencia media de interrupción por KVA instalados (FMIK) y el tiempo total de interrupción (TTIK), se logrará reducir el costo de la energía no suministrada de \$ 2.322,05 USD por año.
- Los tiempos de interrupción de servicio de energía eléctrica fueron obtenidos en base a la experiencia del personal técnico que trabaja en esta área, y mediante los registros manuales que entregan los operadores del área de mantenimiento, esta información es muy importante para la aplicación de la metodología de las Cadenas de Markov.

## 5. RECOMENDACIONES

- Es importante que la Empresa Eléctrica tenga la información actualizada de las redes de distribución en medio voltaje, puesto que al aplicar la metodología esto nos permitirá tener los resultados más reales posibles.
- Para mejorar los índices de confiabilidad y la calidad de servicio eléctrico es importante crear el nuevo alimentador que parta desde la subestación Lasso, debido que se conectara directamente desde la salida del alimentador, y se recomienda colocar seccionadores barra en el poste de arranque 134521 para poder transferir la carga al nuevo alimentador, colocar otro seccionador barra para poder unir el circuito existente en con la nueva red en el poste nuevo S/N para poder transferir carga y por ultimo cambiar el seccionador rompe arco # 5174 ubicado en el poste 147697 para abrir el circuito, es importante también construir la red subterránea en los dos tramos el primero es para el paso de las rieles del tren y el otro para el redondel de la entrada a Pastocalle.
- Se recomienda mantener los índices de confiabilidad dentro de los límites admisibles que rige la regulación 004/01, para no ser sancionados.
- Finalmente se recomienda que la información que dispone la empresa eléctrica sea de forma digital puesto que esto ayudara a tener registrado cada uno de los tiempos de interrupción y podrán ser utilizados de forma más rápida, debido a que sus registros son manuales y toma tiempo en revisar cada uno de los registros para su tabulación.

## 6. BIBLIOGRAFIA

### Bibliografía citada

- ARRIAGADA, Mass, “Evaluación de la confiabilidad en sistemas eléctricos de distribución”, Santiago de Chile, 1994 Pág. 26.
- BASANTES, Lina, “ Tesis de grado: Mejoramiento de la calidad de servicio técnico, índices TTIK-FMIK, utilizando la metodología de las cadenas de Markov en el alimentador fisco del sistema de distribución de la empresa eléctrica ambato regional centro norte s.a. EEASA.”, COTOPAXI-ECUADOR, 2013 Pag. 3-9
- CAMPA, Diego, “Valoración de la fiabilidad de una red electrica de distribucion”, 2012, Pag. 22-24
- CASTRO, Midalis, “Estudio de confiabilidad , utilizando las Cadenas de Markov para la disponibilidad de un SEP”, Puerto de la Cruz, 2002 Pág. 42, 59-60
- TABARES, Jhon, “Reconfiguración de alimentadores primarios en sistemas de distribución para el aumento de la confiabilidad usando flujos en redes”, Pereira, 2008 Pág. 27-34
- VARELA, Vanessa, “Evaluación de la confiabilidad en sistemas eléctricos de distribución”, Costa Rica, 2004, Pág. 44.
- VILCAHUAMAN, Raúl, “Análisis interactivo gráfico de sistemas eléctricos de distribución primaria”, Santiago de Chile, 1993 Pág. 7-10.

### Bibliografía consultada

- ALVAREZ, Gloria, “Modelos Ocultos de Markov”, Cali, 2008.
- GONZALEZ, Alfonzo, “Tesis de grado: Mejoramiento de la Confiabilidad en sistemas de distribución mediante reconfiguración de circuitos primarios”, Pereira, 2007 Pág. 21-25.
- JAUREGUI, Manuel, “Cadenas de Markov” 2012.
- VALLE, Juan, “Introducción a las Cadenas o Procesos de Markov”

- VELEZ, Claudio, “Evaluación del seccionamiento en redes de distribución mediante índices de confiabilidad y costos” Quito, 1990.

### **Bibliografía Virtual**

- SOFTWARE CYMDIST: <http://www.cyme.com/es/software/cymdist/BR917045ES-Distribucion.pdf>
- CADENAS DE MARKOV: <http://es.slideshare.net/poropunk/cadenas-de-markov-14645772>
- CADENAS DE MARKOV:  
[http://www.ugr.es/~bioestad/\\_private/cpfund10.pdf](http://www.ugr.es/~bioestad/_private/cpfund10.pdf)  
CADENAS DE MARKOV:  
<http://www.bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/metestad/Cadenas%20de%20Markov-1.pdf>



# **7. ANEXOS**

## **ANEXOS 1**

### **Análisis y modelamiento digital del sistema**

El análisis y modelamiento del alimentador en estudio se ha realizado con ayuda del programa de análisis técnico de redes de distribución CYMDIST, que tiene una serie de aplicaciones disecadas para realizar estudios de planeamiento y simular el comportamiento de las redes de distribución en diferentes condiciones de funcionamiento y los distintos escenarios que se presente.

El espacio de trabajo del programa es totalmente personalizable. La representación gráfica de los componentes de la red, los resultados y los reportes puede crearse y modificarse con el fin de satisfacer el nivel de detalle requerido.

Las funciones que posee el programa es el análisis de flujo de carga, cortocircuitos y optimización de la configuración eléctrica estas funciones se pueden aplicar en sistemas equilibrados o desequilibrado.

Módulos adicionales permiten realizar estudios más especializados como el análisis de la confiabilidad, de contingencias, de armónicos, de configuración óptima, etc.

Además el programa CYMDIST es una herramienta muy potente para crear sus propios estudios predictivos por simulación para evaluar el impacto de los cambios efectuados en la red.

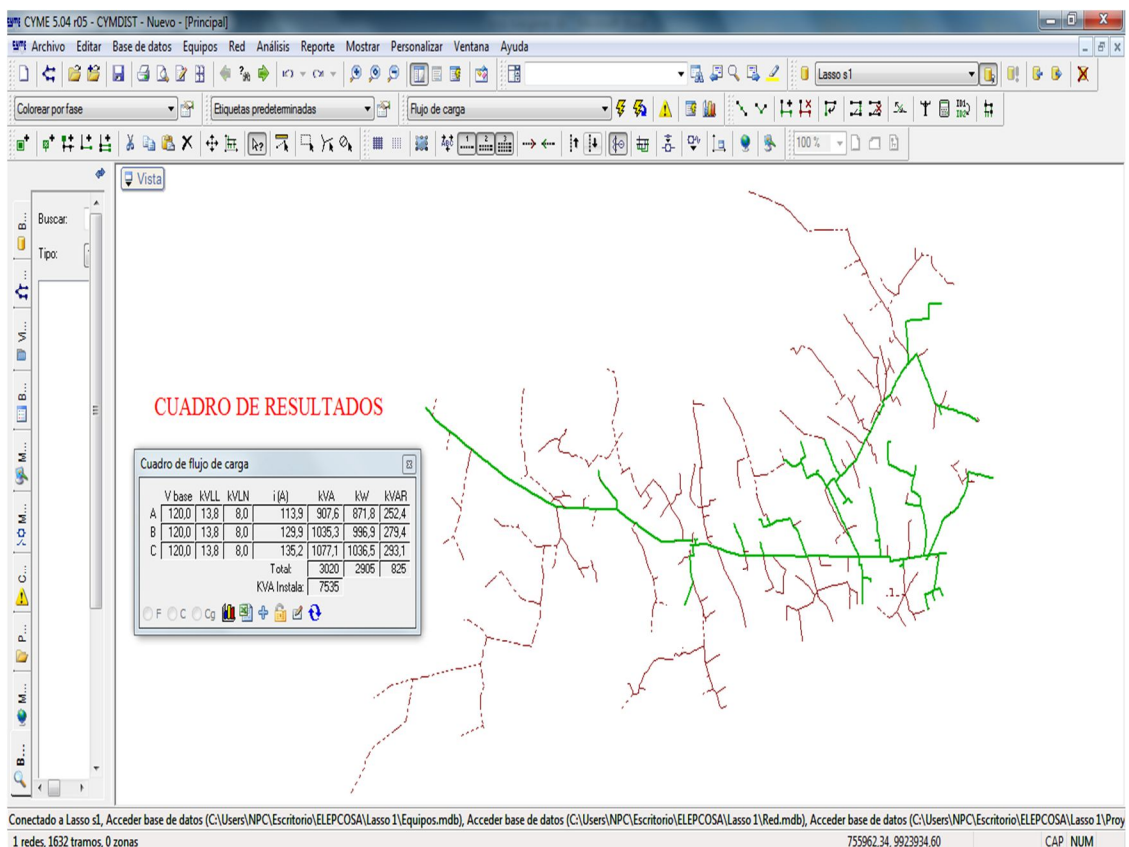
### **Descripción de la modelación digital para el análisis actual del alimentador primario.**

Se realizara una breve presentación del procedimiento empleado para el análisis de confiabilidad del alimentador en estudio mediante la base de datos ArcGIS, y el programa CYMDIST, que se describe a continuación:

- Ingresar en el programa CYMDIST parámetros comunes y propios del alimentador en estudio, los cuales nos reflejaran valores reales del alimentador primario.
- Para realizar el análisis del alimentador como se encuentra actualmente, es necesario analizar los siguientes elementos:
- Topología de la red: distancias entre nodos, calibre de conductores de las fases y neutros.
- Voltaje nominal del alimentador, consumo mensual de las cargas, las corrientes del alimentador, potencia instalada por cada fase, ubicación de los elementos de protección.

En la ilustración 1 se muestra el flujo de carga que se simuló en el programa para obtener los parámetros técnicos del alimentador en estudio.

Ilustración 1  
FLUJO DE CARGA



Fuente: Dpto. Planificación ELEPCO S.A.  
Recopilación: Postulante

Se realizó el resumen del cuadro de resultados que nos indica en la tabla 1

Tabla 1  
RESULTADO DEL FLUJO DE CARGA

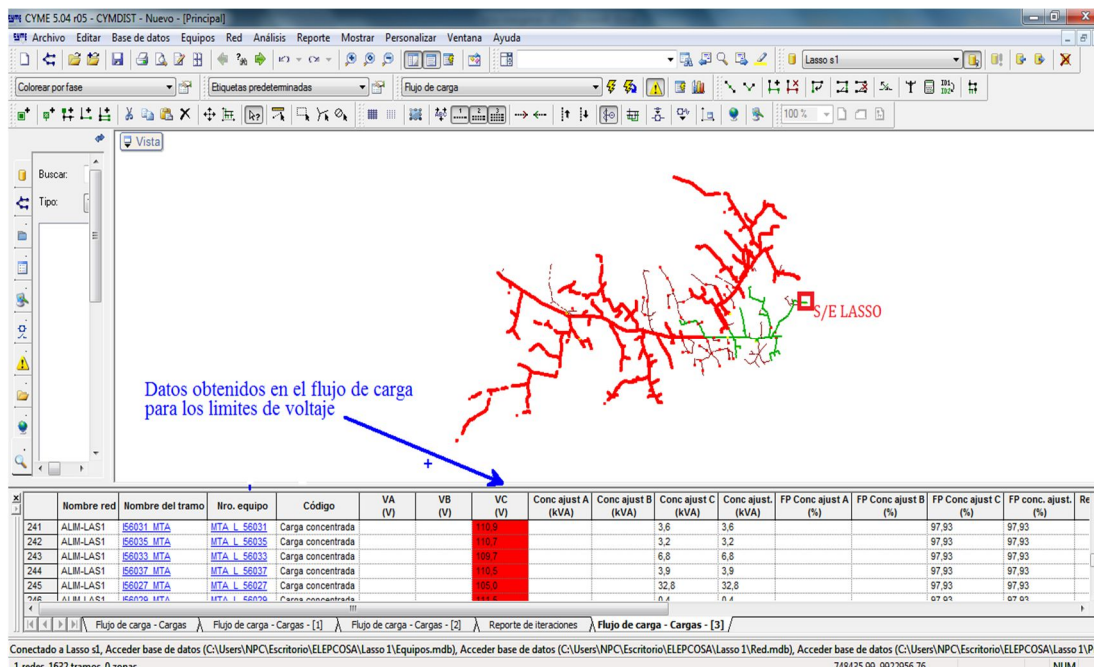
<b>Parámetros Técnicos del Alimentador 1 Lasso</b>			
<b>Fases</b>	<b>i (A)</b>	<b>kVA</b>	<b>kW</b>
A	113,90	907,60	871,80
B	129,90	1035,30	996,90
C	135,20	1077,10	1036,50

Fuente: Dpto. Planificación ELEPCO S.A.  
Recopilación: Postulante

### *Análisis del bajo nivel de voltaje*

Se realizó el flujo de carga en el programa CYMDIST, en el cual nos dio los valores de voltaje en cada una de las fases del sistema de distribución, en la ilustración 2 nos indica el bajo nivel voltaje que se presenta en cada fase.

Ilustración 2  
VENTANA DEL FLUJO DE CARGA



Fuente: Dpto. Planificación ELEPCO S.A.  
Autor: Postulante

Tabla 2  
FLUJO DE CARGA ALIMENTADOR 1 LASSO

Nombre red	Nombre del tramo	Nro. equipo	Código	VA (V)	VB (V)	VC (V)	Conc ajust A (kVA)	Conc ajust B (kVA)	Conc ajust C (kVA)	Conc ajust. (kVA)	FP Conc ajust A (%)	FP Conc ajust B (%)	FP Conc ajust C (%)	FP conc. ajust. (%)
ALIM-LAS1	I55769_MTA	MTA_L_55769	Carga concentrada		110,5			2,6		2,6		97,11		97,11
ALIM-LAS1	I55768_MTA	MTA_L_55768	Carga concentrada		109,6			12,1		12,1		97,11		97,11
ALIM-LAS1	I55767_MTA	MTA_L_55767	Carga concentrada		110,2			6,1		6,1		97,11		97,11
ALIM-LAS1	I55766_MTA	MTA_L_55766	Carga concentrada		110,3			6,1		6,1		97,11		97,11
ALIM-LAS1	I55730_MTA	MTA_L_55730	Carga concentrada		110,9			4,2		4,20		97,11		97,11
ALIM-LAS1	I55688_MTA	MTA_L_55688	Carga concentrada		110,6			6,4		6,4		97,11		97,11
ALIM-LAS1	I55686_MTA	MTA_L_55686	Carga concentrada		110,5			10,2		10,2		97,11		97,11
ALIM-LAS1	I51330_MTA	MTA_L_51330	Carga concentrada		110,8			19,3		19,3		97,11		97,11
ALIM-LAS1	I51328_MTA	MTA_L_51328	Carga concentrada		102,2			29,9		29,9		97,12		97,12
ALIM-LAS1	I49903_MTA	MTA_L_49903	Carga concentrada		110,7			7		7		97,11		97,11
ALIM-LAS1	I49952_MTA	MTA_L_49952	Carga concentrada		110,9			3		3		97,11		97,11
ALIM-LAS1	I49944_MTA	MTA_L_49944	Carga concentrada		110,5			7,6		7,6		97,11		97,11
ALIM-LAS1	I49705_MTA	MTA_L_49705	Carga concentrada	111	110,4	111	29,2	29,2	29,2	87,7	97,16	97,16	97,16	97,16

Fuente: Dpto. Planificación ELEPCO S.A.  
Recopilación: Postulante

Como se puede observar en la tabla 3 el flujo de carga que se realizó en el programa CYMDIST del alimentador en estudio, los bajos niveles de voltaje que llega a las diferentes cargas del alimentador, según la regulación ARCONEL N. 004/01 con respecto a la Calidad de servicio eléctrico, nos indica los límites de los niveles de voltaje, en medio y bajo voltaje.

Los límites en medio voltaje están cumpliendo con lo estipulado en la regulación, pero los límites en bajo voltaje no cumplen con la regulación, puesto que los límites están establecidos es una variación del  $\pm 13,0 \%$ , el límite que debería llegar es hasta 111V.

### **Mejoramiento de los niveles de voltaje después de la reconfiguración**

Podemos hacer la comparación con la tabla 3, de igual manera se realizó el flujo de carga en el alimentador que se pretende construir en el programa CYMDIST, y el reporte de resultados nos indica que los voltajes están en un promedio de 114 voltios, estos niveles de voltaje se encontraban en los sectores más alejados del alimentador.

Tabla 3  
FLUJO DE CARGA

Nombre red	Nombre del tramo	Nro. equipo	Código	VA (V)	VB (V)	VC (V)	Conc ajust A (kVA)	Conc ajust B (kVA)	Conc ajust C (kVA)	Conc ajust. (kVA)	FP Conc ajust A (%)	FP Conc ajust B (%)	FP Conc ajust C (%)	FP conc. Ajust. (%)
ALIM-LAS1	151330_MTA	MTA_L_51330	Carga concentrada		113			19,3		19,3		97,11		97,11
ALIM-LAS1	151328_MTA	MTA_L_51328	Carga concentrada		105			29,9		29,9		97,12		97,12
ALIM-LAS1	149903_MTA	MTA_L_49903	Carga concentrada		113			7		7		97,11		97,11
ALIM-LAS1	149952_MTA	MTA_L_49952	Carga concentrada		113			3		3		97,11		97,11
ALIM-LAS1	149944_MTA	MTA_L_49944	Carga concentrada		113			7,6		7,6		97,11		97,11
ALIM-LAS1	149705_MTA	MTA_L_49705	Carga concentrada	113	112	112	29,2	29,2	29,2	87,7	97,16	97,16	97,16	97,16
ALIM-LAS1	155686_MTA	MTA_L_55686	Carga concentrada		117			10,2		10,2		97,11		97,11
ALIM-LAS1	155769_MTA	MTA_L_55769	Carga concentrada		117			2,6		2,6		97,11		97,11
ALIM-LAS1	155768_MTA	MTA_L_55768	Carga concentrada		116			12,1		12,1		97,11		97,11
ALIM-LAS1	155767_MTA	MTA_L_55767	Carga concentrada		117			6,1		6,1		97,11		97,11
ALIM-LAS1	155766_MTA	MTA_L_55766	Carga concentrada		117			6,1		6,1		97,11		97,11
ALIM-LAS1	155730_MTA	MTA_L_55730	Carga concentrada		117			4,2		4,2		97,11		97,11
ALIM-LAS1	155688_MTA	MTA_L_55688	Carga concentrada		118			6,4		6,4		97,11		97,11

Fuente: Dpto. Planificación ELEPCO S.A.  
Recopilación: Postulante

**ANEXO 2**

<b>ALIMENTADOR 1 LASSO</b>				
<b>N.</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO DE PROTECCIÓN</b>	<b>NÚMERO POSTE</b>	<b>NÚMERO SECCIONADOR</b>	<b>TIPO</b>
1	Seccionador Trifásico Rompe Arco Cerrado	134521	5101	S3RC
2	Seccionador Trifásico Rompe Arco Cerrado	42708	5105	S3RC
3	Seccionador Trifásico Fusible Cerrado	42717	5106	S3FC
4	Seccionador Trifásico Fusible Cerrado	42783	5107	S3FC
5	Seccionador Trifásico Fusible Cerrado	42756	5108	S3FC
6	Seccionador Trifásico Fusible Cerrado	42660	5110	S3FC
7	Seccionador Trifásico Fusible Cerrado	43022	5111	S3FC
8	Seccionador Trifásico Fusible Cerrado	122206	5114	S3FC
9	Seccionador Trifásico Rompe Arco Cerrado	122155	5117	S3RC
10	Seccionador Trifásico Fusible Cerrado	141479	5119	S3FC
11	Seccionador Trifásico Rompe Arco Cerrado	147697	5174	S3RC
12	Seccionador Trifásico Fusible Cerrado	147836	S/N	S3FC
13	Seccionador Trifásico Fusible Cerrado	43217	S/N	S3FC
14	Seccionador Trifásico Fusible Cerrado	43237	5180	S3FC
15	Seccionador Monofásico Fusible Cerrado	43400	5187	S1FC
16	Seccionador Monofásico Fusible Cerrado	157663	S/N	S1FC
17	Seccionador Monofásico Fusible Cerrado	148153	5193	S1FC
18	Seccionador Trifásico Fusible Cerrado	148255	5195	S3FC



19	Seccionador Trifásico Fusible Cerrado	117567	51103	S3FC
20	Seccionador Monofásico Fusible Cerrado	148444	5196	S1FC
21	Seccionador Monofásico Fusible Cerrado	148420	5197	S1FC
22	Seccionador Monofásico Fusible Cerrado	148421	5198	S1FC
23	Seccionador Trifásico Fusible Cerrado	141563	5120	S3FC
24	Seccionador Monofásico Fusible Cerrado	42583	5125	S1FC
25	Seccionador Monofásico Fusible Cerrado	118071	5127	S1FC
26	Seccionador Trifásico Fusible Cerrado	147731	5129	S3FC
27	Seccionador Trifásico Fusible Cerrado	147960	5130	S3FC
28	Seccionador Trifásico Rompe Arco Cerrado	139803	5132	S3RC
29	Seccionador Trifásico Fusible Cerrado	42595	5134	S3FC
30	Seccionador Trifásico Fusible Cerrado	139745	5135	S3FC
31	Seccionador Monofásico Fusible Cerrado	122273	5138	S1FC
32	Seccionador Monofásico Fusible Cerrado	40391	5137	S1FC
33	Seccionador Trifásico Rompe Arco Cerrado	135763	5166	S3RC
34	Seccionador Monofásico Fusible Cerrado	107160	5168	S1FC
35	Seccionador Monofásico Fusible Cerrado	40794	5169	S1FC
36	Seccionador Trifásico Fusible Cerrado	101916	5141	S3FC
37	Seccionador Monofásico Rompe Arco Cerrado	101605	5143	S3RC
38	Seccionador Monofásico Fusible Cerrado	141178	51106	S1FC
39	Seccionador Monofásico Fusible Cerrado	106833	5145	S1FC

40	Seccionador Trifásico Fusible Cerrado	101731	5146	S3FC
41	Seccionador Monofásico Fusible Cerrado	108190	5147	S1FC
42	Seccionador Trifásico Fusible Cerrado	42645	5148	S3FC
43	Seccionador Monofásico Fusible Cerrado	42649	5149	S1FC
44	Seccionador Monofásico Fusible Cerrado	104936	5150	S1FC
45	Seccionador Monofásico Fusible Cerrado	140026	5152	S1FC
46	Seccionador Monofásico Fusible Cerrado	92501	5155	S1FC
47	Seccionador Trifásico Rompe Arco Cerrado	42659	5161	S3RC
48	Seccionador Monofásico Fusible Cerrado	92715	5162	S1FC
49	Seccionador Monofásico Fusible Cerrado	140329	5158	S1FC
50	Seccionador Monofásico Fusible Cerrado	92788	5164	S1FC











### ANEXO 8: MATRIZ DE ESTADOS

MATRIZ DE ESTADOS - ESTRUCTURA DE PROTECCION Y/O MANIOBRA PROPUESTA 1 ALIMENTADOR 1 LASSO																																			
	TD	TSB1	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26	T27	T28	T29	TSB2			
TD	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I			
TSB1	N	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I			
T1	N	N	I	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R			
T2	N	N	N	I	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R		
T3	N	N	N	N	I	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R		
T4	N	N	N	N	N	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N		
T5	N	N	N	N	N	N	I	I	I	I	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
T6	N	N	N	N	N	N	R	I	R	R	R	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
T7	N	N	N	N	N	N	R	R	I	I	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
T8	N	N	N	N	N	N	R	R	R	I	R	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
T9	N	N	N	N	N	N	R	R	R	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
T10	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
T11	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T12	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T13	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	R	I	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T14	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	R	R	I	R	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T15	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	R	R	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T16	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	R	R	R	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T17	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	R	R	R	R	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T18	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	R	R	R	R	R	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T19	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	R	R	R	R	R	R	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T20	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T21	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T22	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	I	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T23	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T24	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T25	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	I	N	N	N	N	N	N	N
T26	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	I	N	N	N	N	N	N
T27	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	I	I	I	I	I	
T28	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	I	N	N	
T29	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	I	N	I	
TSB2	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	R	I	I	



### ANEXO 9: TASA DE FALLA

TASA DE FALLA - ESTRUCTURA DE PROTECCION Y/O MANIOBRA PROPUESTA 1 ALIMENTADOR 1 LASSO																																	
	TD	TSB1	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26	T27	T28	T29	TSB2	
TD	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	
TBS1	0	0,418	0,418	0,418	0,418	0,418	0,418	0,418	0,418	0,418	0,418	0,418	0,418	0,418	0,418	0,418	0,418	0,418	0,418	0,418	0,418	0,418	0,418	0,418	0,418	0,418	0,418	0,418	0,418	0,418	0,418	0,418	
T1	0	0	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	
T2	0	0	0	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	
T3	0	0	0	0	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866	0,866	
T4	0	0	0	0	0	0,32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T5	0	0	0	0	0	0	0,326	0,326	0,326	0,326	0,326	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T6	0	0	0	0	0	0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T7	0	0	0	0	0	0	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T8	0	0	0	0	0	0	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T9	0	0	0	0	0	0	0,259	0,259	0,259	0,259	0,259	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,114	1,114	1,114	1,114	1,114	1,114	1,114	1,114	1,114	1,114	1,114	1,114	1,114	1,114	1,114	1,114	1,114	1,114	1,114	1,114	1,114	
T11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,123	0,123	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,436	0,436	0,436	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,565	0,565	0,565	0,565	0,565	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,179	0,179	0,179	0,179	0,179	0,179	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,156	0,156	0,156	0,156	0,156	0,156	0,156	0,156	0,156	0,156	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116
T20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	
T21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	
T22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,349	0,349	0,349	0,349	0,349	0,349	0,349	0,349	0,349	0,349	0,349	0,349	0,349	0,349	0,349	0,349	0,349	0,349	0,349	0,349	0,349	
T23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	
T24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201	
T25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	
T26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	
T27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,249	0,249	
T28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,373	0,373	0	
T29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,089	0,089	0,089	
TSB2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,024	0,024	0,024	
	0,017	0,435	0,464	0,553	1,419	1,739	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	6,695	6,695	6,572	6,137	6,137	5,572	5,242	4,322	4,166	3,882	3,766	3,636	3,563	3,563	3,006	2,805	2,648	3,268	3,268	2,896	2,896	

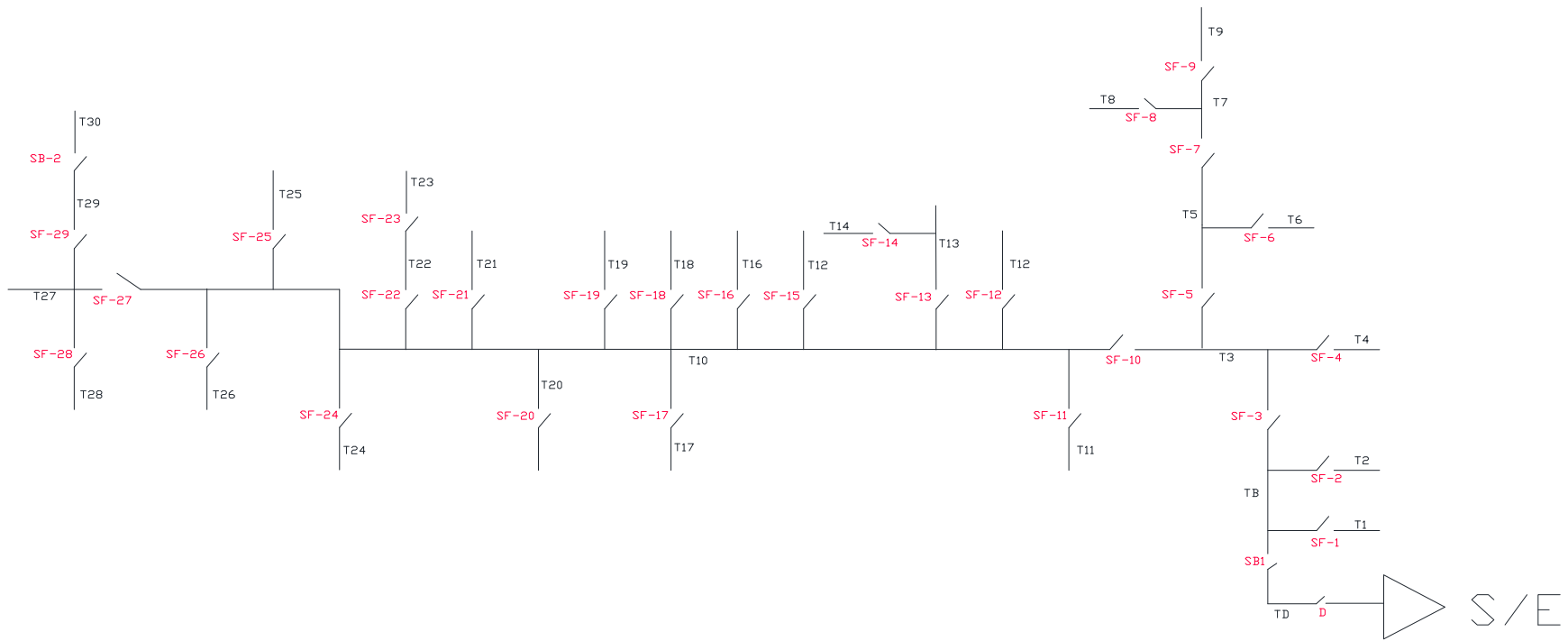
### ANEXO 10: TIEMPO DE INTERRUPCION


TIEMPO DE INTERRUPCION - ESTRUCTURA DE PROTECCION Y/O MANIOBRA PROPUESTA 1 ALIMENTADOR 1 LASSO																																		
	TD	TSBI	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26	T27	T28	T29	TSB2		
TD	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915		
TSBI	0	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915		
T1	0	0	1,915	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415		
T2	0	0	0	1,915	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415		
T3	0	0	0	0	1,915	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415		
T4	0	0	0	0	0	1,915	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
T5	0	0	0	0	0	0	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T6	0	0	0	0	0	0	0,415	1,915	0,415	0,415	0,415	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T7	0	0	0	0	0	0	0,415	0,415	1,915	1,915	1,915	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T8	0	0	0	0	0	0	0,415	0,415	0,415	1,915	0,415	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T9	0	0	0	0	0	0	0,415	0,415	0,415	0,415	1,915	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915	1,915		
T11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,415	1,915	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,415	0,415	1,915	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,415	0,415	0,415	1,915	1,915	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,415	0,415	0,415	0,415	1,915	0,415	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	1,915	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	1,915	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	1,915	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	1,915	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	1,915	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	1,915	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	1,915	0	0	0	0	0	0	0	0		
T22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	1,915	1,915	0	0	0	0	0	0		
T23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	1,915	0	0	0	0	0	0		
T24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	1,915	0	0	0	0	0		
T25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	1,915	0	0	0	0		
T26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415	1,915	0	0	0		
T27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,915	1,915	1,915	1,915	
T28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,415	1,915	0	
T29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,415	0,415	1,915	1,915
TSB2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,415	0,415	0,415	1,915
	1,915	3,83	5,745	6,16	6,575	6,99	8,65	10,15	10,15	11,65	11,65	13,63	15,13	14,72	14,3	15,8	13,89	13,06	12,64	12,23	11,81	11,4	10,98	10,57	12,07	9,735	9,32	8,905	10,15	11,65	11,24	12,74		

### ANEXO 11: TIEMPO DE INDISPONIBILIDAD

TIEMPO DE INDISPONIBILIDAD - ESTRUCTURA DE PROTECCION Y/O MANIOBRA PROPUESTA 1 ALIMENTADOR 1 LASSO																																
	TD	TSBI	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26	T27	T28	T29	TSB2
TD	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032
TSBI	0,000	0,801	0,801	0,801	0,801	0,801	0,801	0,801	0,801	0,801	0,801	0,801	0,801	0,801	0,801	0,801	0,801	0,801	0,801	0,801	0,801	0,801	0,801	0,801	0,801	0,801	0,801	0,801	0,801	0,801	0,801	0,801
T1	0,000	0,000	0,054	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
T2	0,000	0,000	0,000	0,172	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037
T3	0,000	0,000	0,000	0,000	1,658	0,359	0,359	0,359	0,359	0,359	0,359	0,359	0,359	0,359	0,359	0,359	0,359	0,359	0,359	0,359	0,359	0,359	0,359	0,359	0,359	0,359	0,359	0,359	0,359	0,359	0,359	
T4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,612	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
T5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,624	0,624	0,624	0,624	0,624	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,374	1,724	0,374	0,374	0,374	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,477	0,477	2,202	2,202	2,202	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,027	0,027	0,027	0,126	0,027	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,108	0,108	0,108	0,108	0,496	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,133	2,133	2,133	2,133	2,133	2,133	2,133	2,133	2,133	2,133	2,133	2,133	2,133	2,133	2,133	2,133	2,133	2,133	2,133	2,133	2,133
T11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,051	0,235	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T12	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,181	0,181	0,834	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T13	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,235	0,235	0,235	1,082	1,082	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,074	0,074	0,074	0,074	0,342	0,074	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,290	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T16	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,382	0,382	0,382	0,382	0,382	1,761	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T17	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,298	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T18	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,118	0,118	0,118	0,118	0,118	0,118	0,118	0,118	0,118	0,118	0,118	0,118	0,545	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T19	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,222	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,250	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T21	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,140	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
T22	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,668	0,668	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
T23	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086	0,397	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
T24	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,084	0,084	0,084	0,084	0,084	0,084	0,084	0,084	0,084	0,084	0,084	0,084	0,084	0,084	0,385	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
T25	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,301	0,000	0,000	0,000	0,000	
T26	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,218	0,000	0,000	0,000	0,000	
T27	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,478	0,478	0,478	0,478	
T28	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,155	0,713	0,000	0,000	
T29	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,037	0,037	0,170	0,170	
TSB2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,010	0,010	0,046	
	0,032	0,834	0,888	1,017	2,541	1,854	2,852	4,202	4,576	4,675	4,965	5,103	5,287	5,705	5,719	5,987	4,863	5,878	4,351	4,480	4,109	4,082	3,942	4,326	4,637	3,873	3,724	3,594	4,054	4,613	4,033	4,069

# ANEXO 12: ESQUEMA DE PROTECCION Y/0 SECCIONAMIENTO PROPUESTA CIRCUITO 1



 EMPRESA ELECTRICA COTOPAXI S.A.		EMPRESA ELECTRICA COTOPAXI S.A.	
		LATACUNGA - ECUADOR	
PROYECTO : AVICOL DIBUJO : MARCELA HERRERA REVISO : APROBADO ELEPCO SA.		RED DE MEDIO VOLTAJE	
TIPO DE INSTALACION : AEREA VOLTAJE PRIMARIO : 13,8KV VOLTAJE SECUNDARIO : 220 / 120 V		ESCALA : 1:1 REFERENCIA : HOJA : 1 DE : 1	
FECHA : OFICINA : DIRECCION TECNICA :	ARCHIVO : CAJON :	NUMERO : FACTIBILIDAD No.:	
PROYECTO No.: SUBESTACION : LASSO		ALIMENTADOR :	

### ANEXO 13: MATRIZ DE ESTADOS

MATRIZ DE ESTADOS - ESTRUCTURA DE PROTECCION YO MANIOBRA CIRCUITO 2 ALIMENTADOR 1 LASSO																																									
	TD	TRA1	T1	T2	T3	T4	T5	T6	TRA2	T7	TRA3	T8	T9	T10	T11	T12	TAR4	T13	T14	T15	T16	TAR5	T17	T18	T19	TAR6	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26	T27	T28	TAR7	T29	T30	T31		
TD1	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
TRA1	N	I	I	I	I	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
T1	N	R	I	R	R	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T2	N	R	R	I	R	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T3	N	R	R	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T4	N	R	R	R	R	I	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T5	N	R	R	R	R	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T6	N	R	R	R	R	R	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
TRA2	N	N	N	N	N	N	N	N	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
T7	N	N	N	N	N	N	N	N	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
TRA3	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T8	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T9	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	R	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T10	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	R	R	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T11	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	R	R	R	R	I	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T12	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	R	R	R	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
TRA4	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
T13	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T14	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T15	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T16	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	R	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
TAR5	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	I	I	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T17	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	I	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T18	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T19	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
TAR6	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	I	I	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T20	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T21	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T22	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
T23	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T24	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T25	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T26	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	R	R	I	N	N	N	N	N	N	N	N	N
T27	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	R	R	R	I	I	N	N	N	N	N	N	
T28	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	R	R	R	R	R	I	N	N	N	N	N	
TAR7	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	I	I	I	
T29	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	I	N	N
T30	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	I	N
T31	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	R	I

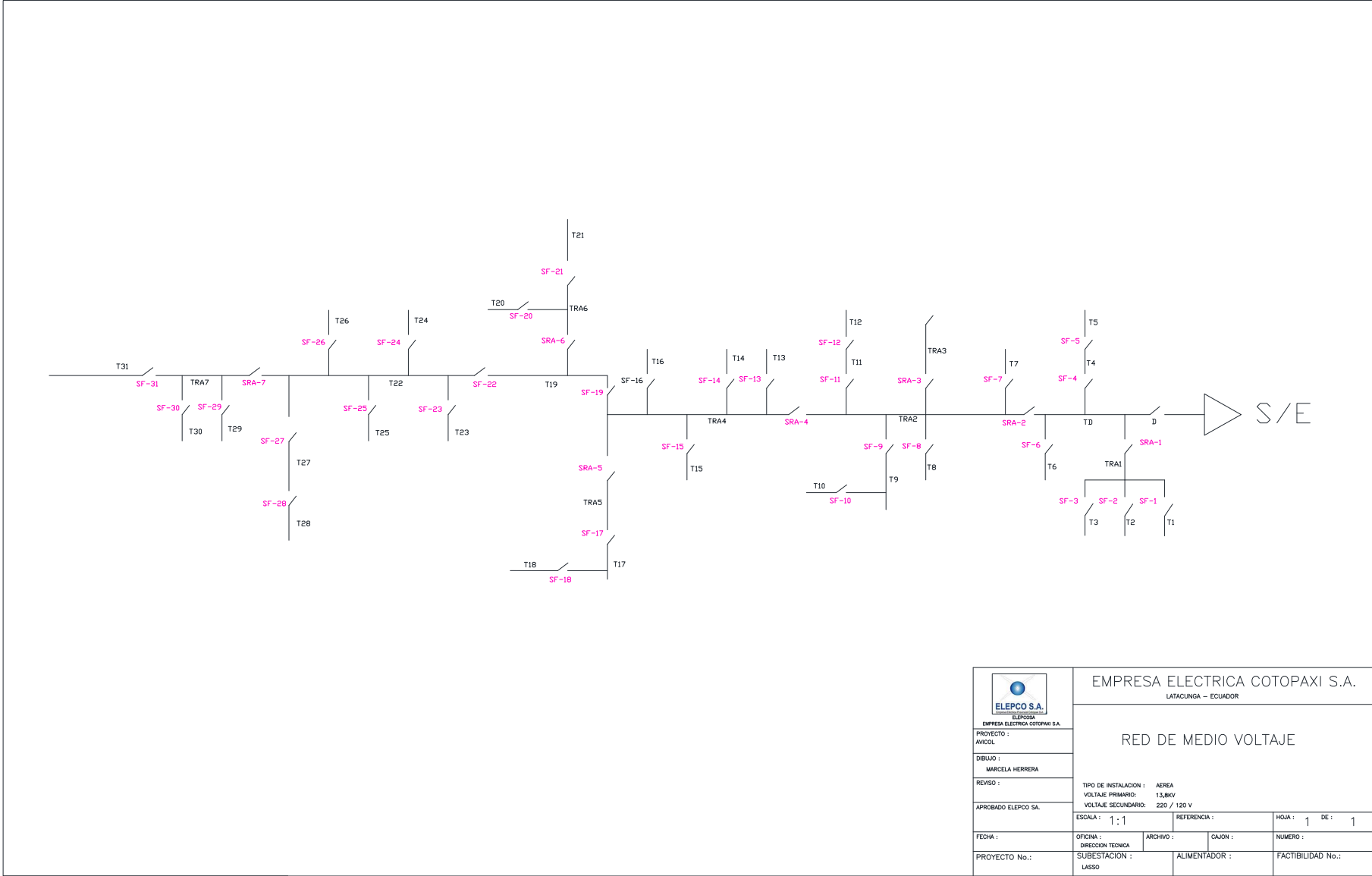









## ANEXO 17: ESQUEMA DE PROTECCION Y/O SECCIONAMIENTO PROPUESTA CIRCUITO 2



 EMPRESA ELECTRICA COTOPAXI S.A.	EMPRESA ELECTRICA COTOPAXI S.A. LATACUNGA – ECUADOR		
PROYECTO : AVICOL	RED DE MEDIO VOLTAJE		
DIBUJO : MARCELA HERRERA	TIPO DE INSTALACION : AEREA VOLTAJE PRIMARIO: 13,8KV VOLTAJE SECUNDARIO: 220 / 120 V		
REVISO : APROBADO ELEPCO SA.	ESCALA : 1 : 1	REFERENCIA :	HOJA : 1 DE : 1
FECHA :	OFICINA : DIRECCION TECNICA	ARCHIVO :	CAJON : ALIMENTADOR :
PROYECTO No.:	SUBESTACION : LASSO	ALIMENTADOR :	FACTIBILIDAD No.:

**ANEXO 18: PRESUPUESTO REFERENCIAL DE LA  
RECONFIGURACION DEL ALIMENTADOR**



energía para el buen vivir



RECONFIGURACIÓN ALIMENTADOR 1 DE LA SUBESTACIÓN LASSO

PROYECTO : RECONFIGURACIÓN ALIMENTADOR 1 DE LA SUBESTACIÓN LASSO
REPRESENTACION : 66610 EMPRESA ELECTRICA PROVINCIAL COTOPAXI SA
DIRECCION O SECTOR : MARQUEZ DE MAENZA Y AV. QUIJANO Y ORDÓÑEZ
PARROQUIA : Ignacio Flor
CANTON : 001 Latacunga
PROPIETARIO : EMPRESA
RED ELECTRICA NUEVA.
DISTANCIA AL PROYECTO: 040 Km.
REMODELACION: X
PRESUPUESTO No.: REM-2015- 445
INSPECCION No.: 6953
NO. USUAR. CON SERVICIO: 0
NO. USUAR. SIN SERVICIO: 1
NO. DE MEDIDORES.: 1
FECHA DE EMISION :
FECHA CADUCIDAD.:
TIEMPO DE VALIDEZ.: 90 dias
FECHA ULT. ACTU. PLIEGO: 2015/08/26

DESCRIPCION DE LA RED: (M) Red M.V. 1.521,00 Red B.V.
Red M.V. 3f + n 1.520,00 Red M.V. 3f 1,00

Table with columns: TIPO ESTRUCT. RED, DESCRIPCION EQUIVALENTE, UNID. CANTIDAD, PREC. UNIT MATERIAL, PREC. UNIT N. OBRA, TRANSPORTE AFECTADO, PRECIO TOTAL. Includes items like Desinstalación/Desmontaje estructura, EST. 240V 1 VIA VERT. RETENCION O TERMINAL, etc.

INSPECCION. . . : Ing. Diego Parra
OCUPACIONES
ELABORADO . . . : Diego Parra Planificacion
PROFESIONAL
APROBADO. . . : Ing. Williams Olalla T.
DIRECTOR DE PLANIFICACION
VISTO BUENO . . : Ing. Miguel Lucio C.
PRESIDENTE EJECUTIVO



LISTA DE MATERIALES

PROYECTO : RECONFIGURACIÓN ALIMENTADOR 1 DE LA SUBESTACIÓN LASSO PRESUPUESTO No.: REM-2015- 445

Table with columns: CODIGO ITEM, DESCRIPCION, UNID., CANTIDAD, PREC. UNIT., PREC. TOTAL. Lists materials like ALAMBRE SOLID. COBRE N°8, CABLE COBRE DESNUDO N°2, etc.



energía para el buen vivir



RECONFIGURACIÓN ALIMENTADOR 1 DE LA SUBESTACIÓN LASSO					
02P0202011	PIE AMIGO PLETINA 0,60 MTS	UNI	32	4,1300	132,16
02P0302001	PREFORM. TERMINAL N. 2 DG4542	UNI	12	2,3800	28,56
02P0302004	PREFORM. TERMINAL N.3/0 DG4546	UNI	66	3,6400	240,24
02P0303001	PREFORMADO CABLE TENSOR N 3/8	UNI	60	4,4200	265,20
02P0501019	POSTE HORMIGON 12 MIS x 500 KG	UNI	5	264,0000	1.320,00
02P1101001	PUNTAS TERMINAL FS 15KV EXTERIO	CAJ	12	170,1300	2.041,56
02P1201001	PRECINTO PLASTICO INTERPERIE	UNI	60	0,1500	9,00
02S0101002	SECC. DE BARRA 15 A 300 AMP.	UNI	9	94,8000	853,20
02S0102001	SECC. PORTAFUSIB. 15 KV 100 AM	UNI	12	107,3500	1.288,20
02W0101002	VARILLA COPERMELD	UNI	10	8,4000	84,00
02W0107003	VARILLA ANCLAJE 5/8x2.0 ARANDE	UNI	15	11,3200	169,80
04P0101002	PARARRAYO DE 10 KV	UNI	15	82,8200	1.242,30
04R0107001	RECONECTADOR TRIP. 13.8 GVR	UNI	1	17.358,1300	17.358,13
04T0101002	TIRAFUSIBLE DE 1 AMP	UNI	12	2,5000	30,00
06A0401011	ANGULO 2x2x1/4 "	UNI	24	12,7300	305,52
06A0801001	ARENA FINA M3	UNI	283	12,8400	3.633,72
06C0301004	CEMENTO GRIS	LBS	40.300	0,0700	2.821,00
06C0602003	CLAVO DE CONCRETO 2"	CAJ	8	2,0900	16,72
06C0701006	CORDOS PVC REFORZADOS 4"x 90	UNI	4	3,1000	12,40
06C0707001	CODO REVERSIBLE EMT 4"	UNI	4	26,4600	105,84
06L0201001	LADRILLO MAMBRO	UNI	2.750	0,3700	1.017,50
06P0101004	PEGA PVC FULLER LITRO	UNI	275	3,5800	984,50
06R0401001	RIPPIO M3	UNI	283	12,8400	3.633,72
06S0201003	SUELDA EXOTERMICA N.65	UNI	10	4,0200	40,20
06T0201034	TUBO GALVANIZADO 4 "	UNI	8	55,4200	443,36
06T0205004	TUBO PVC 2"	UNI	550	3,5800	1.969,00
06T0209009	TUBO PVC DE 4" DE 2.94 MTS	UNI	1.100	8,5600	9.416,00
06T1701002	TABLAS DE MONTE 30x21/2 CM	UNI	56	3,0000	168,00
06T2501005	TAPA SIMPLE	UNI	144	2,1400	308,16
06U0101001	UNION DE HIERRO 4" HG	UNI	4	21,4000	85,60
06V0201017	VARILLA # 12 x 12M	UNI	48	12,8400	616,32
06V0201018	VARILLA # 14 x 12M	UNI	48	14,4500	693,60
07C0307003	CINTA PLASTICA DE SEGURIDAD	ROL	275	11,5200	3.168,00
15C0801005	CINTA 3M N23	UNI	12	5,3900	64,68
18S0102067	GRAPA RETENC PARA COND 266.8	UNI	42	53,9300	2.265,06
***** CONDUCTORES AEROS					
01C0102029	CABLE COBRE AISLADO TTU 3/0	MTS	315	8,1500	2.567,25
01C0102038	CABLE DE COBRE DESNUDO 1/0	MTS	315	5,3800	1.694,70
01C0201003	CONDUCTOR ALUMINIO ACSR # 3/0	MTS	4.512	1,5100	6.813,12
01C0201004	CONDUCTOR ALUMINIO ACSR # 1/0	MTS	1.504	0,8500	1.278,40
18S0102052	CABLE DE COBRE DESNUDO # 2	MTS	1	2,8600	2,86
TOTAL MATERIALES				92.179,35	82.302,99
MATERIALES				14.897,31	
MANO DE OBRA				1.130,04	
GASTOS ADMINISTRATIVOS				2.364,36	
TRANSPORTE				1.981,07	
FISCALIZACION				112.552,13	
S U B T O T A L				112.552,13	
COSTO TOTAL				112.552,13	

LISTA DE USUARIOS BENEFICIARIOS.					
PROYECTO	RECONFIGURACIÓN ALIMENTADOR 1 DE LA SUBESTACIÓN LASSO			PRESUPUESTO No.:	REM-2015- 445
MIEMBRO	COM USUARIO BENEFICIARIO				
POSTE	CEDULA	COD.CLIEN.	CUENTA	NOMBRE	REPRES. SERVI. (S/N) CL. SERVIC.
0000000	66610	412	EMPRESA	ELECTRICA PROVINCIAL COTOPAXI SA	PRE N
* * * FIN REPORTE * * *					