

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO**

**LATACUNGA**

**FACULTAD DE INGENIERIA DE  
EJECUCIÓN EN ELECTROMECHANICA**

**TESIS DE GRADO**

**TEMA :**

**CALIDAD DE SERVICIO TECNICO  
APLICADO A LOS ALIMENTADORES No.1 DE  
LA S/E SALCEDO Y No. 1 DE LA S/E SAN  
RAFAEL**

**JORGE HUMBERTO CELIN SISALIMA**

Latacunga, Agosto del 2005

# **CERTIFICACIÓN**

Certifico que este trabajo fue realizado en su totalidad, por el señor Jorge Humberto Celin Sisalima bajo nuestra dirección.

---

Ing. Miguel Lucio  
DIRECTOR

---

Ing. Washington Freire  
CODIRECTOR

# **AGRADECIMIENTO**

Mis más sincero agradecimiento a todos los profesores de la FACULTAD DE INGENIERIA DE EJCUCIÓN EN ELECTROMECAÁNICA DE LA ESPE – LATACUNGA, por sus conocimientos brindados; y en especial a los Ingenieros Miguel Lucio y Washington Freire por su valiosa colaboración en el desarrollo y culminación de este proyecto.

Un profundo agradecimiento a la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A. por toda la colaboración prestada.

A todas aquellas personas que ayudaron de una u otra forma a la exitosa culminación de este proyecto.

**Jorge**

# DIDICATORIA

A La Madre Dolorosa por ser mi guía que me ha ayudado a seguir en el camino del bien.

A MI MADRE SARITA, que un día me dio la vida, A MI PAPÁ MIGUEL quién desde niño me supo inculcar valores de honestidad y moral que con su sacrificio hizo posible la culminación de esta meta.

A MIS HERMANOS, FAMILIA, AMIGOS, y a una persona muy especial aunque no este hoy, me incentivaron a lo largo de mi trayectoria estudiantil y a la realización de este proyecto.

**Coque**

# INDICE

## CONTENIDO

### I. ATECEDENTES

1.1	INTRODUCCIÓN	1
1.2	OBJETIVO	2
1.3	ALCANCE	2
1.4	ESTÁNDARES DE CALIDAD	3
1.4.1	FRECUENCIA MEDIA DE INTERRUPCIÓN POR KVA NOMINAL INSTALADO	3
1.4.2	TIEMPO TOTAL DE INTERRUPCIÓN POR KVA NOMINAL INSTALADO	3
1.4.3	FRECUENCIA DE INTERRUPCIÓN POR NÚMERO DE CONSUMIDORES	4
1.4.4	DURACIÓN DE LAS INTERRUPCIONES POR CONSUMIDOR	4
1.4.5	VARIACIÓN DE VOLTAJE ADMITIDOS CON RESPECTO AL VALOR DEL VOLTAJE NOMINAL	5

### CAPITULO II

#### REGULACION SOBRE LA CALIDAD DEL SERVICIO ELECTRICO DE DISTRIBUCION

2.1	LEY DE RÉGIMEN DEL SECTOR ELÉCTRICO	6
-----	-------------------------------------	---

2.2	ORGANISMO COMPETENTE	7
2.3	RESPONSABILIDAD	7
2.4	DEFINICIONES	7
2.5	ASPECTOS DE CALIDAD DE SERVICIO	11
2.6	COMPONENTES A EMPLEARSE	12
2.7	CONTROL Y PERIODO	13

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGIA PARA EL CALCULO DE LOS INDICES DE CALIDAD DE SERVICIO**

3.1	COMPONENTES DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	15
3.1.1	SUBESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN	17
3.1.2	RAMAL PRIMARIO	17
3.1.3	RED SECUNDARIA	19
3.1.4	TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN	20
3.2	SISTEMA ELECTRICO DE LA ELEPCO S.A.	22
3.2.1	LIMITES DEL ÁREA DE CONCESIÓN	23
3.2.2	GENERACIÓN	24
3.2.3	DISTRIBUCIÓN	26
3.2.4	ALIMENTADOR PRIMARIO	27
3.2.5	CIRCUITOS SECUNDARIOS	28
3.2.6	TIPO DE USUARIOS	29

3.3	INDICES DE CALIDAD	32
3.3.1	FRECUENCIA DE INTERRUPCIONES	33
3.3.2	DURACIÓN DE INTERRUPCIONES	34
3.3.3	OTROS INDICES	
3.4	IDENTIFICACIÓN DE INTERRUPCIONES	39
3.5	REGISTRO Y CLASIFICACION DE LAS INTERRUPCIONES	40
3.5.1	CLASIFICACIÓN DE LAS INTERRUPCIONES	41
3.5.1.1	CLASIFICACIÓN SEGÚN SU DURACIÓN	41
3.5.1.2	CLASIFICACIÓN SEGÚN SU ORIGEN	42
3.5.1.3	CLASIFICACIÓN SEGÚN SU CAUSA	43
3.5.1.4	CLASIFICACIÓN SEGÚN SU NIVEL DE VOLTAJE	45
3.5.1.5	CLASIFICACIÓN SEGÚN LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS	46
3.5.2	INTERRUPCIONES A SER CONSIDERADAS	47
3.6	CALIDAD DE PRODUCTO	47
3.6.1	NIVEL DE VOLTAJE	48
3.6.2	PERTURBACIONES	50
3.6.2.1	FLICKERS	50
3.6.2.2	ARMÓNICOS	51
3.6.3	FACTOR DE POTENCIA	53
3.7	ANALISIS ECONOMICO	54
3.7.1	ENERGÍA FACTURADA	54
3.7.2	TARIFAS	54
3.7.3	ENERGÍA NO SUMINISTRADA	55
3.7.4	COSTO DE LA ENERGÍA NO SUMINISTRADA	55
3.7.5	COSTO POR SANCIONES O PENALIZACIONES	56
3.7.6	DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE LAS INTERRUPCIÓN EN CONSUMIDORES RESIDENCIALES	58

## **CAPITULO IV**

### **APLICACIÓN A LOS ALIMENTADORES**

4.1	ALIMENTADOR No 1 SALCEDO – NORTE (RURAL)	64
4.1.1	DIAGRAMA UNIFILAR	64
4.1.2	INTERRUPCIONES	64
4.1.3	CÁLCULOS DE ÍNDICES	65
4.1.4	ANÁLISIS DE RESULTADOS	68
4.2	ALIMENTADOR NO 1 SAQUISILI – CENTRO (URBANO)	69
4.2.1	DIAGRAMA UNIFILAR	69
4.2.2	INTERRUPCIONES	69
4.2.3	CÁLCULOS DE LOS ÍNDICES	70
4.2.4	ANÁLISIS DE RESULTADOS	73
4.2.5	ANÁLISIS ECONÓMICO	75
4.3	CALCULO PARA EL COSTO DE INTERRUPCION A USUARIOS	76
4.4	ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE CALIDAD DE SERVICIO TÉCNICO	78
4.4.1	DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA PARA LA MEJORA DE CALIDAD DE SERVICIO TÉCNICO	79
4.4.2	SUGERENCIAS INTERNAS	83
4.4.3	SUGERENCIAS EXTERNAS	83

## **V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1	CONCLUSIONES	86
5.2	RECOMENDACIONES	88



## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

ANEXO A	NOMENCLATURA
ANEXO B	DIAGRAMA UNIFILAR SALIDA No. 1 S/E SALCEDO
ANEXO C	DIAGRAMA UNIFILAR SALIDA No. 1 S/E SAN RAFAEL
ANEXO D	REGISTRO DE INTERRUPCION
ANEXO E	RECLAMOS ATENDIDOS (DAÑOS, CAUSA, TRABAJO EFECTUADO, SISTEMA AFECTADO)
ANEXO F	FORNATO REGISTRO DE INTERRUPCIONES

## CAPITULO I

### ANTECEDENTES

#### 1.1 INTRODUCCION

La Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A., con la modernización en el sector eléctrico está obligada a brindar en la red de distribución un buen nivel de calidad de servicio eléctrico.

Para el cumplimiento de la calidad del servicio eléctrico las Empresas Distribuidoras deben sujetarse a las disposiciones que el Consejo Nacional de Electricidad (**CONELEC**), el cual ha establecido regulaciones relacionados con los estándares mínimos de calidad, para garantizar a los consumidores un suministro Eléctrico continuo y confiable.

Con lo indicado anteriormente este trabajo nos permitirá establecer en que condiciones se están brindando los servicios, y para ello se lo hará en función de los índices de calidad aplicado a dos alimentadores, uno que abarca un sector rural y otro el sector urbano, que son los que presentan mayores problemas de suspensión de servicio de tal forma que nos permitan aplicar alternativas para tomar los respectivos correctivos.

Los índices nos permiten establecer los circuitos de distribución más vulnerables, en los cuales se deben implementar mecanismos y procedimientos que nos permitan mejorar el servicio eléctrico.

## **1.2 OBJETIVO**

Determinar la Calidad de Servicio Técnico en dos alimentadores primarios de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A. en función del cálculo de los índices de la frecuencia y duración de interrupciones, así como el nivel flickers y armónicos, para de esta forma evaluar el suministro de servicio eléctrico que se está brindando al consumidor en la zona urbana y rural.

## **1.3 ALCANCE**

El presente documento tiene como finalidad realizar el cálculo de los índices de calidad de servicio en dos alimentadores primarios de ELEPCO S.A., que nos indicarán las condiciones en que se encuentra actualmente el Sistema, es decir, si existe una coordinación adecuada de las suspensiones de servicio.

El alcance de este trabajo se lo realizará en dos alimentadores y que para el cálculo de los índices se tomarán los registros de un periodo de doce meses.

Con estos resultados se puede sugerir alternativas para el mejoramiento en el proceso de la información, ya que de ello depende las interrupciones a ser consideradas para el análisis.

Además con este trabajo se pretende dejar un instructivo para la ELEPCO S.A. que permita realizar este tipo de cálculo en los demás alimentadores y que servirá de base para proyectos futuros.

## 1.4 ESTANDARES DE CALIDAD

Las Empresas Distribuidoras para garantizar un suministro eléctrico continuo y confiable debe cumplir con estándares mínimos de calidad, establecidos en la Regulación CONELEC – 004/01.

### 1.4.1 FRECUENCIA MEDIA DE INTERRUPCION POR KVA NOMINAL INSTALADO (FMIK)

Límites para la frecuencia media de interrupción por KVA nominal instalado.

<b>Índice</b>	<b>Límite Admisible por año</b>
Red	4.0
Alimentador Urbano	5.0
Alimentador Rural	6.0

### 1.4.2 TIEMPO TOTAL DE INTERRUPCION POR KVA NOMINAL INSTALADO (TTIK)

Límites para el tiempo total de interrupción por KVA nominal instalado.

<b>Índice</b>	<b>Límite (horas / año)</b>
Red	8.0
Alimentador Urbano	10.0
Alimentador Rural	18.0

### 1.4.3 FRECUENCIA MEDIA DE INTERRUPCIONES POR CONSUMIDOR (Fc)

Límites para la frecuencia de interrupciones por número de consumidores.

<b>Índice</b>	<b>Límite Admisible por año</b>
Consumidores en AV	6.0
Consumidores en MV Urbano	8.0
Consumidores en MV Rural	10.0
Consumidores en BV Urbano	10.0
Consumidores en BV Rural	12.0

### 1.4.4 DURACION MEDIA DE LAS INTERRUPCIONES POR CONSUMIDOR (Dc)

Límites para la duración de las interrupciones por consumidores.

<b>Índice</b>	<b>Límite (horas / año)</b>
Consumidores en AV	4.0
Consumidores en MV Urbano	12.0
Consumidores en MV Rural	24.0
Consumidores en BV Urbano	16.0
Consumidores en BV Rural	36.0

**1.4.5 VARIACIONES DE VOLTAJE ADMITIDAS CON RESPECTO AL VALOR DE VOLTAJE NOMINAL ( $\Delta V$ )**

<b>Voltaje</b>	<b>Variación</b>
Alto Voltaje	$\pm 5.0 \%$
Medio Voltaje	$\pm 8.0 \%$
Bajo Voltaje Zona Urbana	$\pm 8.0 \%$
Bajo Voltaje Zona Ruaral	$\pm 10.0 \%$

## **CAPITULO II**

### **REGULACION SOBRE LA CALIDAD DE SERVICIO ELECTRICO DE DISTRIBUCIÓN**

El suministro de energía eléctrica debe realizarse con una calidad adecuada, de manera que los aparatos que utilizan la energía eléctrica funcionen correctamente.

Este capítulo está enfocado al conocimiento de la regulación 004/01 referente a la calidad de servicio eléctrico de distribución dictada por el organismo competente (CONELEC), y para ello las empresas distribuidoras deben acatar disposiciones para garantizar la continuidad en el suministro de energía a los consumidores.

Para comprender mejor la regulación es necesario conocer conceptos se verán involucrados en el presente proyecto, y poner en claro los aspectos de calidad de servicio técnico y calidad de producto, en los componentes de un sistema de distribución.

Un sistema de distribución, está conformado por componentes básicos que se deben tomar en cuenta, ya que es en donde se van a producir las interrupciones que serán consideradas para el análisis.

#### **2.1 LEY DE REGIMEN DEL SECTOR ELECTRICO**

Considerando que el artículo 1, inciso segundo del Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad, establece que las disposiciones de dicho instrumento serán complementadas con regulaciones aprobadas por el CONELEC y por instructivos y procedimientos dictados por los distribuidores de conformidad con este Reglamento;

Que para garantizar a los Consumidores un suministro eléctrico continuo y confiable, es necesario dictar las Regulaciones relacionadas con los estándares mínimos de calidad y procedimientos técnicos de medición y evaluación a los que deben someterse las Empresas Distribuidoras del Servicio Eléctrico. El regular los parámetros de calidad, se convierte en una garantía de la prestación del servicio por parte de los Distribuidores, y en una defensa de los derechos de los Consumidores.

## **2.2 ORGANISMO COMPETENTE**

El cumplimiento de los niveles de Calidad de Servicio será supervisado y controlado por el Consejo Nacional de Electricidad **CONELEC**. caso contrario sino se cumple con las exigencias que requieren, estarán sujetas a penalización

## **2.3 RESPONSABILIDAD**

Las Empresas Distribuidoras tienen la responsabilidad de prestar el servicio eléctrico a los Consumidores ubicados en su zona de Concesión, dentro de los niveles de calidad establecidos, en virtud de lo que señala la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, los Reglamentos aplicables, el Contrato de Concesión y las Regulaciones correspondientes.

## **2.4 DEFINICIONES**

### **Acometida**

Es la línea de alimentación de electricidad desde la red pública de distribución hasta el consumidor.



## **Área de Concesión**

Es el área bajo la cual se adquiere obligaciones y derechos para la realización de actividades de generación o para la prestación del servicio público de transmisión, distribución o comercialización de energía eléctrica.

## **Armónicas**

Son ondas sinusoidales de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60 Hz.

## **Barras de salida**

Corresponde a las barras de Alto Voltaje y Bajo Voltaje en las subestaciones de elevación y reducción respectivamente.

## **Centro de transformación**

Se utiliza para la distribución de energía eléctrica conformado por elementos de transformación, protección y seccionamiento.

## **Consumidor**

Es la persona natural o jurídica, que acredite dominio sobre una instalación que recibe el servicio eléctrico debidamente autorizado por el Distribuidor, dentro del área de concesión, conformado por el Consumidor final y al Gran Consumidor.

## **Distribuidor**

Es la Empresa eléctrica titular de una concesión que asume, dentro de una área de concesión la obligación de prestar el servicio público de suministro de electricidad a los consumidores.

## **Distribución**

Es la conducción de energía eléctrica desde los puntos de entrega del transmisor al distribuidor hasta los puntos de suministro a los usuarios o consumidores finales.

## **Fluctuación de voltaje**

Llamada también variación, son perturbaciones en las cuales el valor eficaz del voltaje de suministro cambia con respecto al valor nominal.

## **Flicker**

Es aquel fenómeno en el cual el voltaje cambia en una amplitud moderada, generalmente menos del 10% del voltaje nominal, pero que puede repetirse varias veces por segundo, fenómeno conocido como efecto "Flicker" (parpadeo) causa una fluctuación en la luminosidad de las lámparas a una frecuencia detectable por el ojo humano.

## **Frecuencia de interrupciones**

Es el número de veces que se interrumpe el suministro a un Consumidor en un periodo determinado.

## **Gran consumidor**

Es aquel cuyas características de consumo le facultan para acordar libremente un Generador o Distribuidor el suministro y precio de energía eléctrica para consumo propio.

## **Interrupción**

Es el corte parcial o total del suministro de electricidad a los consumidores del área de concesión del Distribuidor.

## **Niveles de voltaje**

Para efectos de la prestación de servicio se considera los niveles de voltaje:

Bajo Voltaje (BV):            Instalaciones y equipos del Sistema del Distribuidor que operan hasta 0.6 kV

Medio Voltaje (MV):        Instalaciones y equipos del Sistema de Distribuidor que operan entre 0.6 y 40 kV

Alto Voltaje (AV):            Nivel de voltaje superior a 40 kV

## **Regulaciones**

Son las normativas que emite el CONELEC con el objeto de hacer aplicables.

## **Sistema de medición**

Son los componentes necesarios para el registro de la energía activa, reactiva y demandas máximas, como de otros parámetros involucrados en el servicio, incluyendo tableros y accesorios de sujeción, protección de acometida y del o de los medidores, cables de conexión, transformadores de instrumentos y equipo de control horario.

## **Voltaje nominal (Vn)**

Es el valor del voltaje utilizado para identificar el voltaje de referencia de una red eléctrica.

## **Voltaje de suministro (Vs)**

Es el valor del voltaje de servicio que el Distribuidor suministra en el punto de entrega al Consumidor en un instante dado.

## **2.5 ASPECTOS DE CALIDAD DE SERVICIO**

En la regulación emitida por el CONELEC la Calidad de Servicio se medirá considerando los siguientes aspectos:

### **a.- Calidad de producto**

- Nivel de voltaje
- Perturbaciones
- Factor de potencia

**b.- Calidad de servicio técnico**

- Frecuencia de interrupciones
- Duración de interrupciones

**c.- Calidad de servicio comercial**

- Atención de solicitudes
- Atención de reclamos
- Errores en medición y facturación

Se debe mencionar que el estudio de la Calidad de Producto se lo ha considerado en Proyectos anteriores y el presente trabajo se centrará a la Calidad de Servicio Técnico.

## **2.6 COMPONENTES A EMPLEARSE**

Son los componentes de la red asociados a la alimentación eléctrica de cada consumidor, donde el levantamiento de la información, su procesamiento y análisis el Distribuidor debe mantener en una base de datos, estos componentes son:

- Red de AV.
- subestación de distribución AV/MV.
- Circuito de MV.
- Centros de transformación MV/BV.
- Circuito de bajo voltaje y ramal al que está conectado.
- Identificación del cliente.

## **2.7 CONTROL Y PERIODO**

El control y periodo tiene que ver con la evaluación de la calidad de servicio técnico, sobre la base de la frecuencia y la duración total de interrupción.

El levantamiento de la información y cálculo se efectuará en un periodo de doce meses de cada alimentador, de tal forma que representen la cantidad y el tiempo total de las interrupciones que afecten a los consumidores.

## **CAPTILUO III**

### **METODOLOGIA PARA EL CALCULO DE LOS INDICES DE CALIDAD DE SERVICIO**

Una Empresa Distribuidora de Energía Eléctrica como ELEPCO S.A. está conformada por un Sistema de Distribución, el cual está constituido por varios componentes que finalmente serán los encargados de entregar la energía eléctrica a los consumidores en optimas condiciones; pero en algunas ocasiones esto no sucede y tiene que ver con el diseño, su construcción, calidad de materiales, instalación de equipos, condiciones ambientales, daños causados por terceros, o por trabajos de mantenimiento.

Además un sistema de distribución está expuesto a la manipulación de una serie de componentes que dan origen a varias interrupciones provocadas por diferentes circunstancias ajenas, que en algunos casos no son de control de la empresa y que causan molestias a los consumidores, lo que conlleva a la preocupación de las empresas distribuidoras en mejorar su servicio.

En la S/E El Calvario de la ELEPCO S.A. se concentra toda la información referente a las suspensiones de servicio debidas a desconexiones de alimentadores primarios, de ramales de los alimentadores primarios y reclamos de reparaciones, así como los datos de la salida de una determinada potencia instalada y número de usuarios.

Para que la empresa tome los respectivos correctivos de mejoramiento de la calidad de servicio prestado debe realizar, previamente una evaluación del sistema de distribución enmarcándose en índices de calidad de servicio.

En el presente capítulo se hará mención sobre la calidad de producto, que está relacionado directamente con la calidad de servicio técnico, además como complemento se realizará un análisis de la determinación de costos de las interrupciones.

La metodología para el cálculo de los índices de calidad, empieza por el conocimiento de los componentes del sistema eléctrico, levantamiento de datos, recopilación de información necesaria para el análisis, hasta llegar a determinar los índices referentes a la frecuencia y duración de interrupciones.

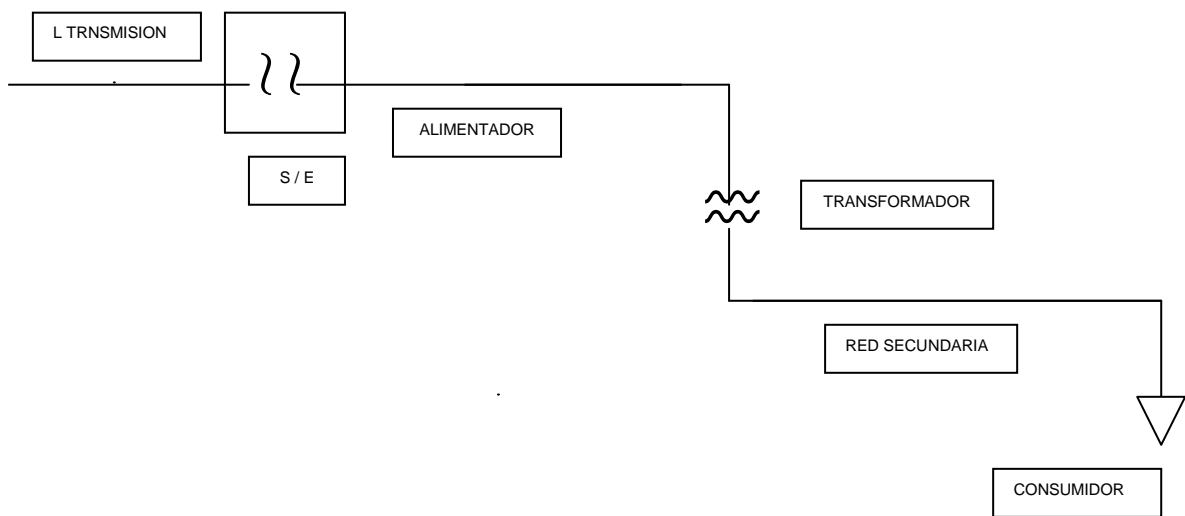
### **3.1 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN**

El desempeño de un sistema dependerá del comportamiento de cada uno de sus componentes y así poder evaluar la calidad de servicio prestado por la empresa distribuidora y de tal manera determinar que componente es el que presenta un índice de falla alto.

Los sistemas de distribución tienen como función entregar a los consumidores la energía eléctrica producida en las plantas generadoras y transmitida por el sistema de transmisión hasta las subestaciones de distribución.

Un sistema de distribución comprende los alimentadores primarios que parten de las subestaciones de distribución, los transformadores de distribución para reducir la tensión al valor de utilización por los clientes y los circuitos secundarios hasta la entrega de la instalación del consumidor, como se puede observar en la figura 3.1





**Figura 3.1** SISTEMA TÍPICO DE DISTRIBUCIÓN

Normalmente el sistema de distribución radial aéreo es el más utilizado, ya que existen puntos de interconexión y en servicio normal estos puntos de interconexión están abiertos; en condiciones de emergencia permiten pasar parte de la carga de un alimentador a otro.

Un sistema de distribución está constituido por los siguientes componentes:

1. Línea de Transmisión
2. Subestación de Distribución
3. Red Primaria
4. Red Secundaria

Para el análisis del sistema de distribución se tomará en cuenta únicamente los tres últimos componentes y que estas a su vez están constituidas por otras componentes.

### **3.1.1 SUBESTACION DE DISTRIBUCIÓN**

En una subestación de distribución está conformada por componentes de transformación, de maniobra y protección.

#### **Componentes de transformación**

Transformador de fuerza

Transformador de servicio auxiliar

Regulador de voltaje

Transformador de potencial

#### **Componentes de maniobra**

Disyuntor

Interruptor

Seccionador

#### **Componentes de protección**

Transformadores de corriente

Pararrayo

Dispositivos de protección (relés de protección, transf. auxiliares de corriente)

### **3.1.2 RAMAL PRIMARIO**

Llamado también Alimentador, puede ser aéreo o subterráneo.

## **Ramal Primario Aéreo**

Postes

Accesorios

Conductores

Aislador

Aterramiento

Fusible seccionador

Interruptor (mecánico, electrónico, etc.)

Seccionador

Porta fusible

Pararrayo

Capacitor

Regulador de voltaje

## **Ramal Primario Subterráneo**

Puntas terminales

Cámara de transformación

Ducto

Canaleta

Caja de revisión

Pozo

Ventilación

Pararrayo

Seccionador fusible

### **3.1.3 RED SECUNDARIA**

#### **Red secundaria aérea**

Postes

Estructuras de soporte

Conductor

Conectores

Aislador

Aterramiento

Alumbrado público

Transformador

Pararrayo

Seccionador

Porta fusible

Tira fusible

#### **Red secundaria subterránea**

Cámara de transformación

Ducto

Canaleta

Caja de distribución

Pozo

Ventilación

### 3.1.4 TRANSFORMADORES

El transformador es un aparato eléctrico cuya misión es transformar una tensión determinada en otra, también alterna de igual frecuencia. La transformación tiene lugar sin ninguna clase de movimiento mecánico y casi sin pérdida de rendimiento.

El transformador permite la adaptación de distintos aparatos con el máximo de economía.

Un transformador, si es operado en las condiciones normales estipuladas en la placa de características y garantizadas por el fabricante, puede durar mínimo 20 años

#### **Clasificación de los transformadores**

Los transformadores se pueden clasificar de la siguiente manera:

a) Según su uso o aplicación

- Potencia
- Distribución
- Medida
- Aislamiento

Los de potencia pueden ser elevadores o reductores de voltaje.

Los de medida y generalmente los de distribución son reductores de tensión.

Los de aislamiento no elevan ni reducen el voltaje, sólo hacen un acople magnético.

- b) Según su sistema de refrigeración
  - Secos ( tipo abierto o sellado)
  - En liquido ( Aceite mineral, liquido de alto punto de ignición, etc.)
  
- c) Según su número de fases
  - Monofásicos
  - Trifásicos
  - Otros ( Bifásicos, exafásicos, zig- zag, etc)

### **Componentes de un transformadores**

- a) Parte Activa

Conformado por los devanados y el núcleo.

Los Devanados: También llamados arrollamientos, que son encargados de recibir la tensión (arrollamiento primario) y de entregarlo (arrollamiento secundario. El devanado primario y el secundario forman el circuito eléctrico del transformador.

El Núcleo: Es el soporte mecánico sobre el que se enrollan los devanados y al mismo tiempo lo que permite que al energizar el transformador por el devanado primario, aparezca otra tensión en el devanado secundario mediante un fenómeno natural llamado, inducción magnética. El núcleo forma el circuito magnético del transformador y es construido a base de aceros especiales.

a) Accesorios

Según sea el uso o aplicación del transformador, los accesorios para este pueden ser: Tanque, aisladores, herrajes, conmutador, indicador de nivel de aceite, termómetros, relés, aceite, válvula de alivio de presión, ruedas, tanque de expansión, etc.

b) Aditamentos mecánicos

Constituidos por tornillos, ángulos, apoyos y demás piezas que permiten el armado y el ajuste de la parte activa.

c) El tanque

Contiene todo lo anterior, lo protege del medio ambiente y debe estar en capacidad de evacuar el calor producido por las pérdidas de energía propias de su funcionamiento.

d) El aceite

Toda máquina al trabajarse calienta; el aceite refrigera la parte activa evacuando el calor generado en ella, sirviendo al mismo tiempo como elemento aislante. Hay transformadores llamados secos, que reemplazan el aceite por el aire.

### **3.2 SISTEMA ELECTRICO DE LA ELEPCO S.A.**

Como información de soporte en este capítulo se indicaran los componentes del Sistema Eléctrico de Potencia con que cuenta actualmente la ELEPCO S.A., como se detallaran posteriormente.

Para la determinación de los índices de calidad se lo hará específicamente en dos Alimentadores Primarios, uno que abarca el sector rural y otro el urbano.

- Alimentador No. 1, Salcedo – Norte que sale de la S/E Salcedo
- Alimentador No. 1, Saquisilí – Centro que sale de la S/E San Rafael

Primeramente se debe realizar un reconocimiento topológico de los alimentadores, los sectores que abarca, su área de concesión, características técnicas, revisión de registro de la toma de datos, para luego realizar una depuración de datos.

### **3.2.1 LIMITES DEL AREA DE CONCESION**

La Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A. tiene su área de concesión que abarca casi el total de toda la provincia, que limita con las otras Empresas Distribuidoras, como se detalla a continuación:

- 1) Con la Empresa Eléctrica Ambato, hasta el límite provincial de la provincia de Tungurahua, más las poblaciones aledañas al margen occidental de la Laguna de Yambo.
- 2) Con la Empresa Eléctrica Quito, hasta el límite provincial de Pichincha, más las poblaciones de San Bartolomé, Achupallas y Clirsén.
- 3) Con la Empresa Eléctrica Los Ríos, hasta el límite provincial.
- 4) Con la Empresa Eléctrica Bolívar, hasta el límite provincial.



- 5) Con la Empresa Eléctrica Santo Domingo, él limite en línea recta que excluye las parroquias de Palo Quemado y Las Pampas.
- 6) Con EMELGUR, hasta el Cantón La Maná en Pucayacu Chico y sus alrededores, cediendo esta Empresa los abonados de Puembo, Las Peñas, Punta Brava, por el Cantón Pangua hasta Calope de Garrido.

Para nuestro análisis el alimentador 1 Salcedo - Norte, parte desde de la S/E Salcedo, abarca la parte rural del cantón Salcedo, recorre los sectores de Rumipamba de las Rosas, Belisario Quevedo, Potrerillos, Santa Ana de Mulliquindil, Illuchi, El Galpón.

El alimentador 1 Saquisilí - Centro, parte desde de la S/E San Rafael, recorre la Cda. Maldonado Toledo, Zumbalica, La Calera, Urb. Nueva Vida, Tambillo, centro del cantón Saquisilí.

### **3.2.2 GENERACION**

La Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A. cuenta con cinco Centrales Hidráulicas de Generación propia instaladas en diferentes sectores de la provincia, con una potencia total instalada de 15.24 MVA.

En el sector oriental de Latacunga en la parroquia Pusuchisí están ubicadas las dos centrales que son las de mayor generación, estas son:

- Central Illuchi I con una potencia instalada de 5.24 MVA
- Central Illuchi II con una potencia instalada de 6.5 MVA

En el sector occidental de la provincia están ubicadas las tres centrales restantes.

- En el cantón Pujilí se encuentra la Central Angamarca con una potencia instalada de 0.375 MVA.
- En el cantón la Mana se encuentra la Central El Estado con una potencia instalada de 2.125 MVA.
- En el cantón Pangua se encuentra la Central Catazacón con una potencia instalada de 1.0 MVA.

Se debe mencionar que las Centrales de Illuchi I, Illuchi II y El Estado operan interconectadas en paralelo y las Centrales de Catazacón y Angamarca operan separadas del sistema.

En el cuadro 3.1 se detallan algunas características de las centrales de generación con que cuenta la Provincia de Cotopaxi.

**CUADRO 3.1 CENTRALES DE GENERACION**

CARACTERITICAS	CENTRALES				
	ILLUCHI 1	ILLUCHI 2	EL ESTADO	CATAZACON	ANGAMARCA
Nombre	Latacunga	Latacunga	La Mana	Pangua	Pujilí
Ubicación	Latacunga	Latacunga	La Mana	Pangua	Pujilí
Tipo de generación	Hidráulica	Hidráulica	Hidráulica	Hidráulica	Hidráulica
Número de grupos	4	2	2	2	2
Potencia (MVA)	5.244	6.500	2.125	1.000	0.375
Voltaje (KV)	2.400	2.400	4.160	0.440	4.160
Frecuencia (Hz)	60	60	60	60	60
Fact. de potencia (Fp)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Observaciones	Intercon. Sist.	Intercon. Sist.	Intercon. Sist.	Aislada Sist.	Aislada Sist.

### 3.2.3 DISTRIBUCIÓN

Actualmente el Sistema de Distribución Primario esta conformado por dos niveles; 6.3 kV parte del centro de Latacunga y 18.3 kV conectado en forma radial al resto de la provincia.

**CUADRO 3.2 ALIMENTADORES PRIMARIOS DE ELEPCO S.A., 2003**

NOMBRE DE SUBESTACION	NOMBRE DE ALIMENTADOR	CARGA INSTALADA KVA	LONGITUD Km	AREA DE INFLUENCIA Km <sup>2</sup>	KVA/Km	KVA/Km <sup>2</sup>
EI CALVARIO 01	AV. SUR	1.182,5	5,80	1,42	203,88	800,07
	CENTRO SUR	1.777,0	2,70	0,68	658,15	2.613,24
	CENTRO NORTE	1.881,0	11,20	0,65	166,16	2.854,29
	INDUSTRIAL SUR	5.281,0	11,00	-	480,09	-
	ORIENTAL	1.568,0	53,20	26,19	29,47	59,87
SAN RAFAEL 02	SAQUISILI CENTRO	13.302,5	151,60	79,57	87,75	167,17
	PUJILI	12.780,5	375,30	15,67	34,05	815,86
	INTERCONEXIÓN 1	3.343,0	3,61	S/E Calvario	926,55	
SALCEDO 03	NORTE	9.223,5	236,50	23,24	39,00	396,81
	CENTRO	1.710,5	11,50	1,69	148,74	1.012,13
	SUR OCCIDENTAL	3.492,0	111,00	75,24	31,46	46,41
	OCCIDENTAL	1.305,5	76,10	47,37	17,18	27,60
MULALO 04	INDUSTRIAL LASSO	4.268,0	8,50	3,80	502,12	1.124,05
	TANICUCH-ALAQUEZ	12.872,0	117,60	81,21	109,46	158,50
	AGLOME. COTOPAI 3	1,2	6,60	Industria	0,18	-
	BOMBA DE AGUA	107,5	0,60	0,00	179,17	-
	ACEROPAXI	3.710,0	1,10	Industria	3.372,73	-
LA COCHA 05	ORIENTAL RURAL	1.187,5	65,60	37,39	18,10	31,76
	INTERCONEXION 2	-	2,00	S/E Calvario	-	-
	FAE	3.230,0	6,40	FAE	504,69	-
	LATACUNGA NORTE	4.419,5	16,50	2,95	267,85	1.496,61
LASSO 06	AGLOME. COTOPAI 1	6.500,0	1,00	Industria	6.500,00	-
	SIDERCOL LAM.	3.655,0	17,90	7,81	204,19	468,05
	LASSO - CENTRO	2.984,5	21,80	13,03	136,90	229,14
	PASTOCA. -SIGCHOS	3.476,5	273,20	305,14	12,73	11,39
	SIDERCOL FUND.	3.000,0	3,30	Industria	909,09	-
SIGCHOS 07	SALIDA No. 1 Sigchos	550,0	-	-	-	-
EL ESTADO 08	SALIDA No. 1 Estado	1.565,0	127,20	0,00	12,30	-
CATAZACON 09	SALIDA No. 1 Catazac.	1.744,0	115,53	0,00	15,10	-
ANGAMARCA 10	SALIDA No 1 Angamar.	425,0	16,60	0,00	25,60	-
<b>TOTAL</b>		<b>110.524,7</b>	<b>1.850,9</b>	<b>723,1</b>	<b>59,42</b>	<b>152,09</b>

En el cuadro 3.2 se puede notar las características de los alimentadores primarios que están operando actualmente, donde consta la subestación al que está conectado, el nombre, carga instalada, longitud, área de influencia, grado de utilización (KVA/Km) y densidad de carga por área (KVA/Km<sup>2</sup>).

En el cuadro 3.3 se indican las Subestaciones de reducción y elevación, así como las subestaciones que se encuentran en cada una de las centrales.

**CUADRO 3.3 SUBESTACIONES DE ELEVACIÓN Y DISTRIBUCION**

<b>NOMBRE SUBESTACIÓN</b>	<b>VOLTAJE (KV)</b>	<b>CAPACIDAD (MVA)</b>	<b>CONEXIÓN TIPO</b>
S/ E EI CALVARIO (T1)	23.0/13.8	4/5.2	Dy1
S/ E EI CALVARIO (T2)	23.0/6.3	3X1.75	Dy1
S/E SAN RAFEL	69.0/13.8	10/13	Dy1
S/ E SALCEDO	69.0/13.8	5.0	Dy1
S/E MULALO	69.0/13.8	10/12.5	Dy1
S/E LA COCHA	138/69	10/12.5	Dy1
S/E LASSO	69.0/13.8	10/12.5	Dy1
S/E SIGCHOS	4.16/13.8	5.0	Dy1
ILLUCHI 1	2.4/22.0	3X1.75	Dy
ILLUCHI 2	2.4/13.8 69.0/13.8	6.5	Yd5
EL ESTADO	0.44/13.8	2.5	Dy1
CATAZACON	4.16/13.8	1.0	Ynd11
ANGAMARCA		0.375	

### 3.2.4 ALIMENTADOR PRIMARIO

Es la línea de conducción eléctrica directa conectada a una subestación de distribución y que generalmente es aéreo.

La troncal del alimentador principal es un circuito trifásico tetrafilar, del cual se derivan ramales monofásicos y bifásicos.

La mayor parte de la provincia opera con un voltaje nominal de 13.8 KV, los ramales monofásicos constan de dos conductores, uno para la fase y otro para el neutro; para el sistema trifásico es tetrafilar consta de las tres fases y el neutro que está conectado a tierra a los largo del alimentador.

### **3.2.5 CIRCUITOS SECUNDARIOS**

Los circuitos secundarios son los encargados de suministrar bajo voltaje para el funcionamiento de electrodomésticos y equipos. Comprenden desde la salida de bajo voltaje del los transformadores de distribución hasta las acometidas de los consumidores finales

Dependiendo del tipo de transformador la red secundaria varía en el número de líneas, es decir existen varios tipos de circuitos de bajo voltaje, como se indica a continuación:

- **Trifásico a 5 hilos**

3 fases, 1 neutro y 1 hilo piloto para alumbrado

- **Trifásico a 4 hilos**

3 fases y un neutro

- **Monofásico a 4 hilos**

2 fases, un neutro y un hilo piloto para alumbrado

- **Monofásico a 3 hilos**

2 fases y un neutro

- **Monofásico a 2 hilos**

1 fase y un neutro

Los circuitos de la Red de Distribución Secundaria son radiales con niveles de voltaje monofásicos 240/120V a tres hilos y trifásicos 210/121V a cuatro hilos.

<b>TIPO DE SERVICIO</b>	<b>VOLTAJE</b>	
TRIFÁSICO 3 F	Entre fases	210 V
	Entre fases y neutro	121 V
MONOFÁSICO 1 F	Entre fases	240 V
	Entre fase u neutro	120 V

Se debe indicar que ELEPCO S.A. no dispone de información detallada de los circuitos en bajo voltaje, debido a que el crecimiento es eminente.

### **3.2.6 TIPO DE USUARIOS**

Todas las empresas Distribuidoras por disposición del CONELEC están sujetas a la aplicación de los Pliegos Tarifarios de acuerdo al uso que cada uno de los consumidores finales le dé al servicio eléctrico, por lo tanto las Empresas Distribuidoras tienen la obligación de mantener en sus bases de datos una clasificación adicional para identificar a los consumidores finales.

La Dirección Comercial para la aplicación de los Pliegos Tarifarios a los consumidores los ha clasificado en dos grupos, de acuerdo al uso de la energía y por su demanda.

- Clientes con carga menores o igual a 10 kW
- Clientes con carga mayores a 10 kW denominados “ Especiales”

### **Clientes con carga menores a 10 KW**

En este grupo esta la mayor parte de los clientes asociados a ELEPCO S.A., como son: residenciales, comerciales e industriales, aproximadamente 82.000 clientes.

En el cuadro 3.4 según el tipo de servicio se indica la clasificación de los usuarios menores a 10 kW en ELEPCO S.A.

**CUADRO 3.4 CLASIFICACION DE USUARIOS MENORES A 10 kW**

<b>TIPO DE USUARIOS</b>		
<b>TARIFA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TIPO DE SERVICIO</b>
R	Residencial	Residencial
C	Comercial	Comercial
IA	Industrial Artesanal sin demanda	Industrial
OC	Ocasional Comercial	Servicio Ocasional
RA	Residencial Ley del Anciano	Residencial

### **Clientes con carga mayores a 10 KW**

En esta clasificación constan un pequeño grupo, si bien es cierto pueden existir clientes que superen los 10 KVA de potencia instalada; pero únicamente se considerarán a los que registren una demanda mayor o igual 20 KW, conformado por 680 clientes.

En el cuadro 3.5 según el tipo de servicio y demanda se indica la clasificación de los usuarios mayores a 10 KVA en ELEPCO S.A. En el caso de clientes que no son industriales, también se los considerara de acuerdo a su demanda.

**CUADRO 3.5 CLASIFICACION DE USUARIOS MAYORES A 10 kW**

<b>TIPO DE USUARIOS</b>		
<b>TARIFA</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>TIPO DE SERVICIO</b>
AS	Asistencia Social	Asistencia Social
ASDM	Asistencia Social con Demanda Medida	Asistencia Social
ASDP	Asistencia Social con Demanda Pico	Asistencia Social
ASDS	Asistencia Social con Demanda sin Medida	Asistencia Social
BADM	Bombeo de Agua con Demanda Medida	Bombeo de Agua
BADP	Bombeo de Agua con Demanda Pico	Bombeo de Agua
BADS	Bombeo de Agua con Demanda sin Medida	Bombeo de Agua
BP	Beneficio Público	Beneficio Público
CCDM	Comercial con Demanda Medida	Comercial
CCDP	Comercial con Demanda Pico	Comercial
CCDS	Comercial con Demanda sin Medida	Comercial
EO	Entidades Oficiales	Entidades Oficiales
GCDP	Gran Consumidor Cedal	Industrial
ICDM	Industrial con Demanda Medida	Industrial
ICDP	Industrial con Demanda Pico	Industrial
ICDS	Industrial con Demanda sin Medida	Industrial



El sector industrial “ Parque Industrial “ los clientes industriales ocupa un lugar muy importante para el desarrollo de la provincia y en la operación del sistema de distribución; a su vez estos clientes se los ha dividido en dos grupos de acuerdo a su demanda.

En el cuadro 3.6 se puede notar los Grandes Consumidores denominados “Clientes Especiales “ con demanda mayor a 250 KW, con su consumo promedio mensual en MWh.

**CUADRO 3.6 CLIENTES INDUSTRIALES**

<b>INDUSTRIA</b>	<b>DEMANDA POTENCIA KW</b>	<b>ENERGIA PROMEDIO MENSUAL MWh</b>
FBCA. MOLINOS POULTIER S.A.	808.00	136.8
FBCA. CEDAL	1888.00	815.23
PRODUCTOS FAMILIA SANCELA	4472.00	1669.41
FBCA. ACEROPAXI	1301.00	280.65
INDULAC COTOPAXI	305.00	157.82
FBCA. ECUAT. CURTIDOS SALAZAR	264.00	24.80
FBCA. PROVEFRUT	1089.00	528.29
CONTINEX	304.00	114.55
FBCA. LECOEN	522.00	190.52
FBCA. ROCACEN S.A.	4948.00	1478.52
TEXTILES RIO BLANCO	1428.00	491.49

### **3.3 INDICES DE CALIDAD**

La calidad del servicio técnico prestado por el Distribuidor está relacionada directamente con la frecuencia y la duración total de interrupción.

Para el levantamiento de la información primeramente se debe realizar una depuración de la misma, y el cálculo se efectuará en tal forma que los indicadores determinados representen en la mejor forma posible la cantidad y el tiempo total de las interrupciones que afecten a los consumidores.

### 3.3.1 FRECUENCIA DE INTERRUPCIONES

Es el número de veces que se interrumpe el suministro a un Consumidor en un periodo determinado.

#### **Frecuencia media de interrupción por KVA nominal instalado (FMIK)**

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

$$FMIK = \frac{\sum_i P_{fs}(i)}{P_{ins}} \quad (3.1)$$

Donde :

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

$P_{fs}(i)$ : Potencia instalada en KVA de los transformadores de distribución fuera de servicio por la interrupción "i".

$P_{ins}$  : Potencia total en KVA nominales instalados en los transformadores de distribución del sistema

i : Número de orden de las interrupciones ocurridas, de 1 a n

### **Frecuencia media de interrupción por consumidor (Fc)**

Representa el número de interrupciones, con duración mayor a tres minutos, que han afectado al consumidor, durante el periodo en análisis.

$$F_c = \frac{\sum_i C_a(i)}{C_s} \quad (3.2)$$

Donde :

- F<sub>c</sub> : Frecuencia media de Interrupción por consumidor.
- C<sub>a</sub>(i): Número de consumidores afectados por la interrupción “i”.
- C<sub>s</sub> : Número total de Consumidores de la parte del sistema en análisis.
- i : Número de orden de las interrupciones ocurridas, de 1 a n

### **3.3.2 DURACION DE INTERRUPCIONES**

Duración de Interrupción es el periodo de tiempo que se considera desde el inicio y el final de la interrupción.

#### **Tiempo Total de Interrupción por KVA nominal instalado (TTIK)**

Es un índice que representa el tiempo acumulado que en promedio, cada KVA de potencia instalada no tuvo servicio.

$$TTIK = \frac{\sum_i^n Pfs(i) * Tfs(i)}{Pins} \quad (3.3)$$

Donde :

TTIK : Tiempo total de interrupción por KVA nominal instalado, expresado en horas por KVA.

Pfs(i): Potencia instalada en KVA de los transformadores de distribución fuera de servicio por la interrupción “i”.

Pins : Potencia total en KVA nominales instalados en los transformadores de distribución del sistema

Tfs(i): Tiempo en horas de duración de la interrupción “i”.

n : Número total de interrupciones.

#### **Duración media de las interrupciones por KVA nominal instalado (Dk)**

Es el tiempo, que en promedio, cada KVA de potencia instalada afectada por la interrupción queda sin servicio, durante el periodo considerado.

$$Dk = \frac{\sum_i^n Pins(i) * Tfs(i)}{\sum_i^n Pins(i)} \quad (3.4)$$

Donde:

- Dk : Duración media de las interrupciones por KVA instalado.
- Pfs(i): Potencia instalada en KVA de los transformadores de distribución fuera de servicio por la interrupción “i”.
- Pins : Potencia total en KVA nominales instalados en los transformadores de distribución del sistema.
- Tfs(i): Tiempo en horas en el cual los consumidores estuvieron afectados durante la interrupción “i”.
- n : Número total de interrupciones.

### Tiempo total de interrupción por consumidor (Tc)

Representa el tiempo acumulado que en promedio, cada consumidor queda sin servicio en el periodo considerado del sistema en análisis.

$$T_c = \frac{\sum_i^n Ca(i) * Tfs(i)}{Cs} \quad (3.5)$$

Donde :

- Tc : Tiempo total de interrupción por consumidor.
- Ca(i): Número de Consumidores afectados por la interrupción “i”.
- Tfs(i): Tiempo en horas en el cual los consumidores estuvieron afectados durante la interrupción “i”.
- Cs : Número total de Consumidores de la parte del sistema en el análisis.
- n : Número total de interrupciones.

### **Duración media de las interrupciones por consumidor (Dc)**

Este índice representa la duración media de las interrupciones de los consumidores del sistema en análisis, durante el periodo de tiempo considerado.

$$Dc = \frac{\sum_i^n Ca(i) * Tfs(i)}{\sum_i^n Ca(i)} \quad (3.6)$$

Donde :

- Dc : Duración media de las interrupciones por consumidor.
- Ca(i): Número de consumidores afectados por la interrupción "i".
- Pins : Potencia total en KVA nominales instalados en los transformadores de distribución del sistema.
- Tfs(i): Tiempo en horas en el cual los consumidores estuvieron afectados durante la interrupción "i".
- n : Número total de interrupciones.

### **3.3.3 OTROS INDICES**

#### **Tiempo equivalente de interrupciones a consumidores en BV (TIEBV)**

Este índice representa el tiempo en horas que cada consumidor servido en nivel de bajo voltaje queda sin servicio, analizado en un periodo determinado.

$$TEIBV = \frac{\sum_i^n Ca(i) * Tfs(i)}{Cs} \quad (3.7)$$

Donde :

TEIBV : Tiempo equivalente de interrupciones a consumidores en bajo voltaje.

Ca(i): Número de Consumidores afectados por la interrupción "i".

Tfs(i): Tiempo en horas en el cual los consumidores estuvieron afectados durante la interrupción "i".

Cs : Número total de Consumidores de la parte del sistema en el análisis.

n : Número total de interrupciones.

### Duración media de reposición

Indica el grado de rapidez que posee una empresa distribuidora para restablecer el servicio eléctrico.

$$DMR = \frac{\sum_i t(i)}{n} \quad (3.8)$$

Donde :

DMR : Duración media de reposición.

t(i): Tiempo en horas de duración de la interrupción "i".

i : Número de orden de las interrupciones ocurrida de 1 a n

n : Número total de interrupciones.

### Tiempo medio de reparo de equipos (TMRE)

$$\text{TMRE} = \frac{\sum_i^N H(i)}{nf} \quad (3.9)$$

Donde :

TMRE : Tiempo medio de reparo de equipos.

H(i): Número de horas en que su funcionamiento fue suspendido por operación ò mantenimiento, debido a una interrupción "i".

nf : Número de interrupciones de equipos

i : Contador de número de equipos.

N : Número de equipos.

### 3.4 IDENTIFICACIÓN DE INTERRUPCIONES

Para la identificación de las interrupciones en una Empresa Distribuidora se considera toda la información relacionada con cada una de las interrupciones que ocurran en la red de distribución y tienen que ser identificadas de la siguiente forma:

- 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.
- Energía no suministrada.
- Fecha y hora de finalización de cada interrupción.

### **3.5 REGISTRO Y CLASIFICACIÓN DE LAS INTERRUPCIONES**

Para realizar el registro de las interrupciones, el Distribuidor lo tendrá que efectuar mediante un sistema informático, el cual deberá ser desarrollado previamente.

En el registro, las interrupciones se pueden clasificar de acuerdo a los siguientes parámetros:

**a.- Por su duración**

- Momentáneas
- Largas

**b.- Por su origen**

- Externas al sistema de distribución
- Internas al sistema de distribución

**c.- Por su causa**

- Programadas
- No programadas

**d.- Por el voltaje nominal**

- Bajo voltaje (BV)
- Medio voltaje (MV)
- Alto voltaje (AV)

### **3.5.1 CLASIFICACION DE INTERRUPCIONES**

Una interrupción de servicio para uno o más consumidores, es aquella que es el resultado de una o más salidas de componentes del sistema, las mismas que deben ser clasificadas de acuerdo a ciertos criterios, de manera que los tiempos sean lo más reales para el análisis.

Con las interrupciones que se suscitan en el sistema de distribución, se puede identificar la circunstancia o mecanismo que provoca un mal funcionamiento de componentes, y de esta manera definir procedimientos que van a reducir su reincidencia.

La clasificación de interrupción es muy importante, ya que se puede relacionar su duración, nivel de voltaje que fallo o condiciones climáticas, y de esta manera se facilitará el análisis de situaciones de desempeño e cuanto a los componentes del sistema.

Teniendo en cuenta estas observaciones, las interrupciones se pueden clasificar de la siguiente manera:

#### **3.5.1.1 Clasificación según su Duración**

Según su duración se clasifican en momentáneas y largas, recomendando adoptar un tiempo máximo entre las dos de tres minutos.

### **Interrupción Momentánea**

Son interrupciones menores o iguales a tres minutos, denominadas momentáneas debido a que el servicio es restablecido en forma automática por los elementos de protección o manual por el operador desde la subestación.

### **Interrupción Larga**

Son interrupciones mayores a tres minutos, en las cuales el servicio no puede ser restablecido inmediatamente y necesita que el personal del área de mantenimiento corrija las fallas como son: reposición de fusibles, reconectores, redes de distribución caídas, etc.

#### **3.5.1.2 Clasificación según su Origen**

Esta clasificación se refiere al sistema que pertenece un componente que sufre una salida (generación, transmisión y distribución), originando una interrupción, clasificándolas en externa al sistema e interna al sistema.

### **Interrupción Externa al Sistema**

Es aquella que resulta de una salida de componente que no es perteneciente en el sistema considerado, provocadas por las instalaciones de generación, transmisión y subestaciones hasta el punto de entrega.

Como interrupciones externas tenemos: suspensiones generales de servicio, racionamientos, desconexiones de carga por baja frecuencia establecidas por el Centro Nacional de Control de Energía (**CENACE**); y otras causadas por eventos de fuerza mayor.

## **Interrupción Interna al Sistema**

Es aquella que resulta de una salida de componente perteneciente al sistema considerado. En el sistema de distribución las interrupciones internas serán provocadas en los componentes de las subestaciones, transformadores de distribución, redes de bajo voltaje, acometidas y sistemas de medición que afecten a más de un Consumidor.

### **3.5.1.3 Clasificación según su Causa**

Esta clasificación se refiere a la causa de salida que provoca una interrupción, clasificándolas en Programadas y No programadas.

#### **Interrupción Programada**

Es aquella que resulta de suspender deliberadamente el servicio de un componente por un tiempo preestablecido, usualmente para fines de construcción o mantenimiento, aquí los consumidores afectados son previamente notificados, pueden ser divididas en:

##### **Mantenimiento**

Incluyen todas las salidas necesarias para realizar ensayos o corregir una instalación que está en operación, se subdivide en mantenimiento preventivo o mantenimiento correctivo.

##### **Ampliaciones**

Incluyen todas las salidas provocadas por la necesidad de mejorar o ampliar una instalación en operación.

## **Interrupción No programada**

Son aquellas que no han sido programadas previamente, es decir es una interrupción causada por una salida forzada, estas se subdividen en:

### **Medio Ambiente**

Son interrupciones provocadas por descargas atmosféricas, viento, calor, inundación, incendio, quema sobre una línea, erosión, vegetación, pájaros, insectos, u otros animales, etc.

### **Falla humana**

Interrupciones provocadas por un error de operación, accidentes, error de mantenimiento.

### **Terceros**

Provocadas por vandalismo, es decir en forma intencional o voluntaria, accidente intencional y por Empresas de servicio públicos o sus contratadas.

### **Propias del sistema**

Aquellas provocadas por variación de voltaje, sobrecarga, maniobras para localización de fallas, maniobras por seguridad provocadas por las características constructivas del los equipos.

### **Falla en equipos de protección y control**

Son interrupciones provocadas por falla de ajuste, de montaje, servicios auxiliares, control, uso inadecuado del equipo, deterioramiento, falla de fabricación, falla de mantenimiento.

### **Otra Organización / Empresa**

Son interrupciones provocadas por concesionarias, consumidores que no son responsables directos de la operación o mantenimiento del sistema.

### **Otras**

En este grupo deberá ser incluida toda causa cuya naturaleza sea de conocimiento del informante y que no corresponda a ninguno de los otros grupos señalados.

#### **3.5.1.4 Clasificación según su Nivel de Voltaje**

En la actualidad se ha establecido tres niveles de voltaje que son: bajo, medio y alto voltaje, cuyas interrupciones deben estar dentro de esta clasificación.

#### **Bajo Voltaje**

Son interrupciones provocadas en la red secundaria cuyo voltaje es hasta 600 V.

### **Medio Voltaje**

Son interrupciones provocadas en niveles de voltaje entre 600 y 40.000 V.

### **Alto Voltaje**

Son interrupciones provocadas en niveles de voltaje mayores a 40.000 V.

#### **3.5.1.5 Clasificación según las Condiciones Climáticas**

En nuestro medio casi el total de las redes son aéreas que están expuestas al medio ambiente y requieren ser clasificadas, para analizar la severidad del sistema que está sujeto a fallas de duración de interrupción, se pueden clasificar en:

#### **Tiempo adverso**

Son las condiciones climáticas que causan una alta proporción de salidas forzadas, demorando la reparación de los componentes durante el periodo que persistan estas condiciones, estas condiciones pueden ser: la lluvia, viento, calor, etc.

#### **Tiempo normal**

Son las condiciones climáticas que no son definidas como tiempo adverso.

### **3.5.2 INTERRUPCIONES A SER CONSIDERADAS**

Para realizar el cálculo de los índices de calidad en los dos alimentadores seleccionados, se consideraran 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.

Además no se consideraran 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 si se registraran, las interrupciones debidas a suspensiones generales de 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 CONELEC, dentro de las 48 horas producido y cuyo informe se entregará, en el plazo máximo de 10 días, toda la documentación probatoria que el caso requiera, a efectos de justificar que las afectaciones en la prestación del servicio se debieron a fuerza mayor o caso fortuito.

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

### **3.6 CALIDAD DE PRODUCTO**

La Calidad de Servicio Técnico está relacionado directamente con la Calidad de Producto, donde se debe controlar el nivel de voltaje, las perturbaciones y el factor de potencia, ya que de ellos depende la confiabilidad del servicio.



### 3.6.1 NIVEL DE VOLTAJE

La Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A. existen diferentes niveles de voltaje como son: bajo voltaje (BV) 120/240V, 121/210 V; medio voltaje (MV) 6300V, 13800 V, 22000V; alto voltaje (AV) 138000V, 69000V.

La calidad de voltaje se determina como las variaciones de los valores eficaces (rms), medidos cada 10 minutos, con relación al voltaje nominal en los diferentes niveles.

$$\Delta V_k (\%) = \frac{V_k - V_n}{V_n} \times 100 \quad (3.10)$$

Donde :

- $\Delta V_k$  : variación de voltaje, en el punto de medición, en el intervalo k de 10 minutos.
- $V_k$  : voltaje eficaz (rms) medido en cada intervalo de medición k de 10 minutos.
- $V_n$  : voltaje nominal en el punto de medición.

Para realizar la evaluación del nivel de voltaje se debe considerar:

1. Un registro de voltaje en cada uno de los siguientes puntos.
  - a) 20 % de las barras de salida de subestaciones de distribución AV/MV, no menos de 3.
  - b) 0.15 % de los transformadores de distribución, no menos de 5.
  - c) 0.01 % de los Consumidores de Bajo Voltaje del área de concesión, no menos de 10.

2. Para la selección de los puntos se consideraran los niveles de voltaje, el tipo de zona (urbana, rural), y la topología de la red, a fin de que las mediciones sean representativas de todo el sistema.
3. Para cada mes, el registro en cada punto de medición se efectuará durante un periodo no inferior a 7 días continuos, en intervalos de medición de 10 minutos.

El Distribuidor no cumple con el nivel de voltaje en el punto de medición respectivo, cuando durante un 5% o más del periodo de la medición de 7 días continuos, en cada mes, el servicio lo suministra incumpliendo los límites de voltaje.

Las variaciones de voltaje admitidas con respecto al valor del voltaje nominal son:

<b>Subetapas</b>	<b>Subetapa 1</b>	<b>Subetapa 2</b>
Bajo Voltaje (zona urbana)	± 10.0 %	± 5.0 %
Bajo Voltaje (zona rural)	± 13.0 %	± 10.0 %
Medio Voltaje	± 10.0 %	± 8.0 %
Alto Voltaje	± 7.0 %	± 5.0 %

Las subetapas, es el plazo que el CONELEC asigna a las distribuidoras para adecuarse a las exigencias de calidad de servicio, por lo tanto la Regulación No. 004/01 se ajustará a lo previsto en la Segunda Disposición Transitoria del Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad.

## 3.6.2 PERTURBACIONES

### 3.6.2.1 Flicker

En cuanto al flicker, se debe considerar el Índice de Severidad por flicker de Corta Duración ( $P_{st}$ ), en intervalos de medición de 10 minutos, definido de acuerdo a las normas IEC; mismo que es determinado mediante la siguiente expresión:

$$P_{st} = \sqrt{0.0314 P_{0.1} + 0.0525 P_1 + 0.0657 P_3 + 0.28 P_{10} + 0.08 P_{50}} \quad (3.11)$$

Donde :

$P_{st}$  : Índice de Severidad de flicker de corta duración.

$P_{0.1}$   $P_1$   $P_3$   $P_{10}$   $P_{50}$ : Niveles de efecto "flicker" que se sobrepasan durante el 0.1%, 1%, 3%, 10%, 50% del tiempo total del periodo de observación.

Para realizar evaluar el Índice de Severidad por flicker se debe considerar:

1. Un registro en cada uno de los puntos de medición, en un número equivalente al 0.15 % de los transformadores de distribución, en los bornes de bajo voltaje, no menos de 5.
2. Para la selección de los puntos se consideraran los niveles de voltaje, el tipo de zona (urbana, rural), y la topología de la red, a fin de que las mediciones sean representativas de todo el sistema.
3. Para cada mes, el registro en cada punto de medición se efectuará durante un periodo no inferior a 7 días continuos, en intervalos de medición de 10 minutos.

Las mediciones se deben realizar con un medidor de efecto “Flicker” para intervalos de 10 y de acuerdo a los procedimientos especificados en la norma IEC 60868.

El índice de severidad del Flicker  $P_{st}$  en el punto de medición respectivo, no debe superar la unidad. Se considerará el límite  $P_{st} = 1$  como el tope de irritabilidad asociado a la fluctuación máxima de luminancia que puede soportar sin molestia el ojo humano.

Se considerará que el suministro de electricidad no cumple con el límite admisible, en cada punto de medición, si las perturbaciones se encuentran fuera del rango de tolerancia establecido, por un tiempo superior al 5% del periodo de medición de 7 días continuos.

Se debe mencionar que el Distribuidor por su propia iniciativa, por reclamo de los consumidores o exigencia del CONELEC, efectuará las mediciones y estudios necesarios para determinar el origen y las magnitudes de las perturbaciones.

Los procedimientos y metodología de medición y los límites permitidos, serán regulados por el CONELEC.

### **3.6.2.2 Armónicos**

Las armónicas son ondas sinusoidales de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60 Hz, determinado en la siguiente expresión:

$$V_i' = \frac{V_i}{V_n} \times 100 \quad (3.12)$$

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{40} (V_i)^2}}{V_n} \times 100$$

Donde:

- $V_i'$  : Factor de distorsión armónica individual de voltaje.  
 $V_i$  : Valor eficaz (rms) del voltaje armónico “i” (para  $i = 2 \dots 40$ ) expresado en voltios.  
 $V_n$  : Voltaje nominal del punto de medición expresado en voltios.  
 THD : Factor de distorsión total por armónica, expresado en porcentaje

Para realizar las mediciones se debe considerar lo siguiente:

1. Un registro en cada uno de los puntos de medición, en un número equivalente al 0.15% de los transformadores de distribución, en los bornes de bajo voltaje, no menos de 5.
2. Para la selección de los puntos se consideraran los niveles de voltaje, el tipo de zona (urbana, rural), y la topología de la red, a fin de que las mediciones sean representativas de todo el sistema.
3. En cada punto de medición, para cada mes, el registro se efectuará durante un periodo no inferior a 7 días continuos, en intervalos de 10 minutos.

Las mediciones se deben realizar con un medidor de distorsiones armónicas de voltaje.

Con la finalidad de ubicar de una manera más eficiente los medidores de distorsiones armónicas, se efectuarán mediciones de monitoreo de armónicas, de manera simultánea con las mediciones de voltaje indicadas anteriormente; por lo que los medidores de voltaje deberán estar equipados para realizar tales mediciones de monitoreo.

Los valores eficaces (rms) de los voltajes armónicos individuales ( $V_i'$ ) y TDH, expresados como porcentaje del voltaje nominal del punto de medición respectivo, no deben superar los valores límite ( $V_i'$  y TDH). Se consideraran los armónicos comprendidos entre la segunda y la cuadragésima, ambas inclusive.

### **3.6.3 FACTOR DE POTENCIA**

Para efectos de la evaluación de la calidad, en cuanto al factor de potencia, si en el 5% o más del periodo evaluado el valor del factor de potencia es inferior a los límites, el consumidor está cumpliendo con el índice de calidad.

Las mediciones de factor de potencia se lo hará mediante registros en periodos de 10 minutos, con régimen de funcionamiento y cargas normales, por un tiempo no menor a siete (7) días continuos a los Consumidores servidos en AV/MV.

El valor mínimo del factor de potencia es 0.95, en el caso que sea menor se le notificará al Consumidor tal circunstancia, otorgándole un plazo para la corrección de dicho factor, caso contrario el distribuidor procederá a la penalización conforme lo establece la ley.

### 3.7 ANALISIS ECONOMICO

Es importante señalar las pérdidas económicas que se generan como consecuencia de las interrupciones, tanto para el Consumidor final y el Distribuidor por las sanciones y penalizaciones que enfrentaría, luego de que el CONELEC ha emitido sus regulaciones para garantizar a los consumidores continuo y confiable.

#### 3.7.1 ENERGIA FACTURADA

La energía facturada se determina directamente del área de comercialización, a través de los contadores de energía instalados en el sistema, o a su vez se puede determinar instalando un medidor o analizador apropiado en el alimentador.

#### 3.7.2 TARIFAS

Para la aplicación de los Cargos Tarifarios, a los Consumidores finales de acuerdo al uso que leen de a la energía se les asignado las siguientes tarifas: Residencial, Comercial, Industrial Artesanal, Industrial con Demanda.

**CUADRO 3.7 COSTO PROMEDIO POR KWh**

TARIFAS	DENOMINACIÓN	COSTO PROMEDIO POR KWh USD
R	Residencial	0.1025
C	Comercial	0.0921
IA	Industrial Artesanal	0.0863
ICD	Industrial con Demanda	0.0758
<b>Costo promedio por Kwh</b>		<b>0.0892</b>

### 3.7.3 ENERGIA NO SUMINISTRADA

La energía no suministrada está dada por la salida de los transformadores debido a la interrupción, cuya potencia en KVA será útil para determinar la demanda en KW, que con el tiempo de duración de la interrupción se determina la energía no vendida.

Una de las formas de calcular la energía no suministrada o energía no vendida es utilizando una fórmula muy parecida para el cálculo de la energía facturada.

$$E = P * fu * t$$

$$P = S * fu$$

Donde :

- E : Energía no suministrada, en Kwh.
- S : Carga instalada, en KVA
- P : Demanda de Potencia, en KW
- fu : Factor de utilización, en valor pu
- t : Tiempo de interrupción, en horas

### 3.7.4 COSTO DE LA ENERGIA NO SUMINISTRADA POR INTERRUPCION

De acuerdo a estudios el costo de la energía no suministrada, es proporcional a la duración de la interrupción.



$$\frac{Ci(d)}{dLi}$$

Donde :

Costo por KWh no suministrado expresado en \$ / KWh

Ci : Costo de una interrupción de duración d para un consumidor “ i “ en USD

d : Duración de la interrupción en horas

Li : Carga del consumidor

### 3.7.5 COSTOS POR SANCIONES O PENALIZACIONES

#### Energía no suministrada

El costo de la Energía No Suministrada (ENS) se aplica cuando, excede los valores límites admisibles de los Índices de Calidad de Servicio, mediante la aplicación de las siguientes fórmulas.

Condiciones :

Si :  $FMIK > LimFMIK$  y  $TTIK < LimTTIK$

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

Si :  $FMIK < LimFMIK$  y  $TTIK > LimTTIK$

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

Si : FMIK > LimFMIK y TTIK > LimTTIK

$$\text{y, si } \frac{TTIK}{FMIK} < \frac{LimETF}{LimFMIK}$$

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

Si : FMIK > LimFMIK y TTIK > LimTTIK

$$\text{y, si } \frac{TTIK}{FMIK} \geq \frac{LimETF}{LimFMIK}$$

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

Donde :

ENS : Energía no suministrada por Causas Internas o Externas, en KWh.

ETF : Energía Total Facturada a los consumidores en BV, conectados a la Red de Distribución Global; o la alimentador primario considerado en el periodo de análisis, en KWh.

THPA : Tiempo del periodo en análisis, en horas.

FMIK : Índice de Frecuencia media de interrupción por KVA.

TTIK : Índice de Tiempo total de interrupción por KVA.

LimFMIK : Límite admisible de FMIK.

LimTTIK : Límite admisible de TTIK.

## **Sanción**

$$\text{SANCION} = \text{ENS} * C$$

SANCION :	Sanción por los resultados obtenidos en el periodo de control, en USD.
ENS :	Valor total de la Energía No Suministrada, por causas Externas o Internas.
C :	Costo de la energía no suministrada.

### **3.7.6 DETERMINACION DE LOS COSTOS DE LAS INTERRUPCIONES EN CONSUMIDORES RESIDENCIALES**

También conocido como “ Costo de Restricción de la Energía (USD/KWh)”, que es la perdida de dinero del Consumidor final por una interrupción del servicio de energía eléctrica. Para la determinación de los costos en Consumidores Residenciales, se basa prácticamente en realizar encuestas, de tal forma que el valor que se obtenga por energía no suministrada o por restricción de un valor bastante aproximado y de bastante confianza.

**Métodos para calcular los costos de las interrupciones de energía eléctrica.**

#### **a.- Método Directo**

Este método se utiliza especialmente para el Sector Residencial, pero ello no impide que este método se lo pueda usar para los otros tipos de Consumidores, como son los Comerciales e Industriales.

El método como su nombre lo indica, valora directamente las pérdidas debido a un corte de energía eléctrica, mediante las diversas encuestas que se realicen. El cual evalúa los costos reales que significa para cada uno de los Consumidores la falta de energía eléctrica. Para poder evaluar este método, se debe encuestar directamente a los diferentes Consumidores Residenciales con el fin de que ellos mismos valoren la influencia de la energía eléctrica, así como también el uso en sí que le dan a la misma para poder cumplir sus labores diarias.

Una vez que se obtengan los datos directamente desde el Consumidor, se los debe procesar con una técnica estadística, de tal modo que el valor que se obtenga por energía no suministrada o por restricción dé un valor bastante aproximado y de bastante confianza.

Obtenidos los datos provenientes de las encuestas (las encuestas se tienen que realizar en base a formatos de encuestas que ya se han realizado en algunos países de Europa), entonces se obtiene: el costo individual de restricción de cada Consumidor encuestado por unidad de tiempo (USD \$ / hora) para el lapso de 30 – 60 min. A este costo individual de restricción se lo divide para la demanda máxima del Consumidor (KW), para que de esta forma, obtener el costo de restricción por unidad de energía ( USD / KWh ). La demanda máxima, se calcula previamente en base a la relación, entre la demanda media y el Factor de Carga.

#### **b.- Método de valoración de los usos de la energía eléctrica**

Se trata de un procedimiento teórico, sostiene y está orientado a que el costo de interrupción impuesto por un apagón a una familia en la mayoría de los casos, es la pérdida del disfrute de las distracciones en sus momentos libres durante las horas de la tarde y noche, cuando la electricidad es esencial.

No sucediendo lo mismo durante el día, porque durante el día el Consumidor Residencial puede organizar la ejecución de actividades domésticas que son interrumpidas por el apagón.

En este método se trata a la familia como una unidad productiva, y esta familia emplea entradas tales como el tiempo de los miembros y los bienes de mercado, que son aparatos eléctricos, energía eléctrica, etc. Y crea salidas como: distracciones y nutrición que provee utilidad. Se destaca en este método que para interrupciones de energía eléctrica conocidas o planeadas estas no serán tomadas en cuenta, debido a que los costos pueden ser minimizados mediante una reorganización de actividades.

Básicamente se realiza la valoración de los usos de la energía eléctrica, y la remuneración y utiliza como versión del Consumidor Residencial, el salario mensual. Y como es sabido, ya sea por temor, desconfianza, o por no querer dar lugar a sospechas de ingresos altos, entonces los Consumidores finales, no dicen casi siempre el valor verdadero del salario que ganan, por tal razón existen anomalías que hacen que este método no sea muy confiable.

### **c.- Método de la investigación directa.**

Este método es un tanto parecido al primero, también se elaboran cuestionarios (encuestas), cuyas informaciones son obtenidas directamente junto a los Consumidores de energía eléctrica y a partir de los resultados, se obtiene una evaluación del costo de la interrupción del suministro.

Los costos económicos de las interrupciones pueden ser calculados, en general, por pérdidas DE PRODUCCION que deberá ser: evaluada en términos del costo de oportunidad de recursos productivos que son desperdiciados y/o tornados ociosos en función de las interrupciones.

Así dentro de este enfoque cada Consumidor es considerado una unidad de producción que, cambian factores de producción (capital y mano de obra) e, insumos (materia prima, energía eléctrica, etc.) para obtener el producto final.

Por lo tanto este Método de la Investigación Directa, también incurre en la obtención del salario, lo cual al igual que en el segundo método sería razón suficiente para poder juzgar que este método no es el más confiable.

En definitiva para la determinación de los costos de interrupciones en consumidores residenciales se escoge el primer método (Método Directo), debido a que este método usa directamente las versiones del Consumidor, así como también los documentos que puedan facilitar como por ejemplo: Planillas de energía eléctrica, costo de restricción de energía eléctrica individual (30 – 60 min.), y tiempo de uso de la energía eléctrica en las horas desocupadas.

Cálculo de la renta familiar horaria (RFH)

$$RFH = \frac{RMF}{N * H}$$

Donde :

RFH : Renta Familiar Horaria, en USD

RMF : Renta Mensual Familiar

N : Número de días trabajados por mes incluidos (30 días)

H : Número de horas normales trabajadas por día (8 h / día)

Consumo medio horario (CMH)

$$CMH = \frac{f * CM}{n * h}$$

Donde :

CMH : Consumo medio horario para un periodo h, en KWh

CM : Consumo Mensual, en KWh

n : Número de días no mes (30 días)

h : Número de horas consideradas para la producción de lazer u ocio donde se concentra la mayor parte de consumo Residencial (5 horas aproximadamente)

f : Parcela de consumo mensual en el periodo h (en el caso de 17 a 22 horas)

Observación: Se debe considerar que la parcela f tiene una variación del  $\pm 10 \%$  del valor normal del consumo que tiene el Consumidor Residencial en el periodo h. Es decir  $1.1 * CM$  y  $0.9 * CM$ .

Los cálculos se realizarán con  $f = \pm 10 \%$  de oscilación del consumo que normalmente tiene el Consumidor Residencial, así como también se calculará cuando f no tenga validez y solamente se opere con el consumo mensual proporcionado por los Consumidores Residenciales, en todo caso f tomaría el valor de 1, ósea no habría variación alguna.

$$CI = \frac{RFH}{CMH}$$

Donde :

CI : Costo de interrupción para un Consumidor Residencial, en  
USD/KWh

RFH : Renta Familiar Horaria, en USD

CMH : Consumo medio horario para un periodo h, en horas



## IV APLICACION A LOS ALIMENTADORES

### 4.1 ALIMENTADOR No. 1 SALCEDO (RURAL)

#### 4.1.1 DIAGRAMA UNIFILAR

En el plano 1 consta el diagrama unifilar del Alimentador No. 1 que parte de la Subestación Salcedo, denominado Salcedo – Norte. (ANEXO B)

#### 4.1.2 INTERRUPCIONES

En la tabla 4.1 consta el registro de interrupciones con tiempo mayores a tres minutos del alimentador No. 1 Salcedo, que se han generado en la S/E El Calvario, siendo esta el centro de control del sistema eléctrico.

**TABLA 4.1 INTERRUPCIONES REGISTRADAS**

<b>Periodo</b>	<b>Registros</b>
10 – 2002	14
11 – 2002	16
12 – 2002	27
01 – 2003	16
02 – 2003	14
03 – 2003	26
04 – 2003	12
05 – 2003	20
06 – 2003	6
07 – 2003	16
08 – 2003	15
09 – 2003	14
<b>TOTAL</b>	<b>196</b>

**TABLA 4.2 CLASIFICACION DE LAS INTERRUPCIONES**

	DURACION		ORIGEN	
	Cortas < 3 min.	Largas > 3 min.	Externas al Sistema	Internas al Sistema
Interrupciones		196		196
Porcentaje		100		100

	CAUSA				VOLTAJE	
	Programadas	No programadas			Medio Voltaje 0.6 KV – 40 KV	Bajo Voltaje < 0.6 KV
		Medio Ambiente	Propias del sistema	Terceros		
Interrupciones	1	90	76	29	73	123
Porcentaje	0.51	45.92	38.78	14.79	27.34	72.66

#### 4.1.3 CALCULO DE INDICES

Para el cálculo de los índices en el periodo de análisis, se recopila la información valida referente al alimentador seleccionado como se indica en la tabla 4.3, y se debe considerar parámetros como:

- Potencia instalada que quedo fuera por la interrupción
- Tiempo de interrupción
- Consumidores afectados que quedaron sin servicio

Se debe indicar que los consumidores que quedaron sin servicio, se determino de acuerdo a la carga instalada desabastecida en la interrupción

**TABLA 4.3 DATOS PARA EL CÁLCULO DE LOS ÍNDICES**

<b>S/E 03 ALIMENTADOR No. 1 SALCEDO – NORTE</b>						
<b>Periodo</b>	<b>Potencia Instalada (KVA) (1)</b>	<b>Consumidores (2)</b>	<b>Número de Interrupciones (3)</b>	<b>Tiempo de Interrupción ( horas) (4)</b>	<b>Pot. Inst. quedo Fuera Pfs (5)</b>	<b>Consumidores Afectados Ca (6)</b>
2002-10	6698.7	7177	14	25.72	3972.5	4256
2002-11	6698.7	7177	16	23.21	2712.5	2906
2002-12	6698.7	7177	27	58.90	6454.3	6915
2003-01	6698.7	7177	16	62.99	2000.5	2143
2003-02	6698.7	7177	14	35.65	620	664
2003-03	6698.7	7177	26	151.93	2684.5	2876
2003-04	6698.7	7177	12	58.91	643.5	689
2003-05	6698.7	7177	20	55.33	7816	8374
2003-06	6698.7	7177	6	38.08	3655	3916
2003-07	6698.7	7177	16	61.77	696.5	746
2003-08	6698.7	7177	15	42.20	3609.5	3867
2003-09	6698.7	7177	14	86.25	2773.6	2972
<b>Anual</b>	<b>6698.7</b>	<b>7177</b>	<b>196</b>	<b>700.94</b>	<b>37638.4</b>	<b>40324</b>

Notas:

- 1 : KVA instalados en el alimentador
- 2 : Consumidores asociados en el alimentador
- 3 : Interrupciones producidas
- 4 : Tiempo de duración de la interrupción
- 5 : KVA instalados afectados por la interrupción
- 6 : Consumidores afectados por la interrupción

Aplicando las ecuaciones respectivas de los índices de calidad de servicio técnico se obtienen en el cuadro 4.1.

**CUADRO 4.1 INDICES DE SERVICIO TÉCNICO**

Periodo	INDICES							
	SISTEMA			CONSUMIDOR			OTROS	
	FMIK	TTIK	DK	Fc	Tc	Dc	DMR	TIEBV
2002-10	0.593	0.836	1.409	0.593	0.836	1.410	1.837	0.836
2002-11	0.405	0.476	1.174	0.377	0.443	1.175	1.450	0.443
2002-12	0.964	1.219	1.265	1.134	0.895	1.265	2.181	0.895
2003-01	0.299	0.798	2.672	0.278	0.742	2.671	3.937	0.742
2003-02	0.093	0.239	2.587	0.086	0.223	2.587	2.546	0.223
2003-03	0.401	2.806	7.003	0.372	2.610	7.002	5.844	2.610
2003-04	0.096	0.241	2.508	0.089	0.224	2.508	4.909	0.224
2003-05	0.167	1.331	1.140	1.085	1.238	1.085	2.767	1.238
2003-06	0.546	0.803	1.470	0.507	0.747	1.469	6.346	0.747
2003-07	0.104	0.351	3.379	0.097	0.327	3.380	3.860	0.327
2003-08	0.539	1.482	2.751	1.379	0.501	2.751	2.813	0.501
2003-09	0.414	3.682	8.892	0.385	3.437	8.925	6.161	3.437
<b>Anual</b>	<b>5.621</b>	<b>14.263</b>	<b>2.537</b>	<b>6.382</b>	<b>12.223</b>	<b>1.915</b>	<b>3.721</b>	<b>12.223</b>

**CUADRO 4.2 INDICES SEMESTRALES POR NIVELES DE VOLTAJE**

BAJO VOLTAJE						
	FMIK	TTIK	DK	Fc	Tc	Dc
<b>1er semes.</b>	0.60	1.10	1.80	0.52	1.05	2.03
<b>2do semes.</b>	0.18	0.74	1.130	0.16	0.67	4.19
<b>Anual</b>	<b>0.78</b>	<b>1.84</b>	<b>2.34</b>	<b>0.68</b>	<b>1.72</b>	<b>2.54</b>
MEDIO VOLTAJE						
<b>1er semes.</b>	2.14	5.30	2.48	3.91	4.19	1.07
<b>2do semes.</b>	2.69	7.13	2.64	3.91	4.19	1.07
<b>Anual</b>	<b>4.83</b>	<b>12.42</b>	<b>2.57</b>	<b>5.70</b>	<b>10.49</b>	<b>1.84</b>
GLOBAL						
<b>1er semes.</b>	2.74	6.39	4.28	2.32	7.36	3.18
<b>2do semes.</b>	2.87	7.86	3.77	4.06	4.86	1.20
<b>Anual</b>	<b>5.62</b>	<b>14.25</b>	<b>2.54</b>	<b>6.38</b>	<b>12.23</b>	<b>1.92</b>

#### **4.1.4 ANALISIS DE RESULTADOS**

De los resultados obtenidos en el cuadro 4.1 donde se indica los índices de calidad de servicio técnico para el alimentado 1 de la S/E Salcedo, se puede concluir:

##### **Índices por KVA instalado**

En el periodo de análisis cada KVA instalado fue afectado con una frecuencia de 5.6 interrupciones, cada una con una duración promedio de 2.5 horas, es decir con un tiempo total promedio anual de 14.3 horas que quedo fuera de servicio cada KVA instalado.

##### **Índices por consumidor**

En el periodo de análisis cada consumidor fue afectado con una frecuencia de 6.4 interrupciones de servicio eléctrico, cada una con una duración promedio de 1.9 horas, es decir con un tiempo promedio en el periodo de 12.2 horas que quedo fuera de servicio cada consumidor.

##### **Duración media de reposición**

En el momento que se produzca una interrupción, la Empresa tiene un promedio de 3.7 horas para la reposición del servicio.

Para los consumidores en bajo voltaje tiene un tiempo promedio de 12.2 horas por año de indisponibilidad de servicio eléctrico.

En conclusión se puede decir que los índices obtenidos para este alimentador se encuentran dentro del rango de los valores de referencia.

## 4.2 ALIMENTADOR No. 1 SAN RAFAEL (URBANO)

### 4.2.1 DIAGRAMA UNIFILAR

En el plano 1 y 2 consta el diagrama unifilar del Alimentador No. 1 que parte de la Subestación San Rafael, que abarca parte urbana de Latacunga y el centro de Saquisilí (ANEXO C)

### 4.2.2 INTERRUPCIONES

En la tabla 4.4 consta el registro de interrupciones con tiempos mayores a tres minutos del alimentador No. 1 San Rafael, que se han generado en la S/E El Calvario, siendo esta el centro de control del sistema eléctrico.

**TABLA 4.4 INTERRUPCIONES REGISTRADAS**

<b>Periodo</b>	<b>Registros</b>
10 – 2002	11
11 – 2002	14
12 – 2002	16
01 – 2003	17
02 – 2003	19
03 – 2003	17
04 – 2003	22
05 – 2003	13
06 – 2003	13
07 – 2003	16
08 – 2003	17
09 – 2003	23
<b>Total</b>	<b>198</b>

**TABLA 4.5 CLASIFICACION DE LAS INTERRUPCIONES**

	DURACION		ORIGEN	
	Cortas < 3 min.	Largas > 3 min.	Externas al Sistema	Internas al Sistema
Interrupciones		198		198
Porcentaje		100		100

	CAUSA				VOLTAJE	
	Programadas	No programadas			Medio Voltaje 0.6 KV – 40 KV	Bajo Voltaje < 0.6 KV
		Medio Ambiente	Propias del sistema	Terceros		
Interrupciones	3	74	73	48	69	129
Porcentaje	1.51	37.37	36.86	24.24	34.84	65.15

### 4.2.3 CALCULO DE INDICES

Para el cálculo de los índices en el periodo de análisis, se recopila la información valida referente al alimentador seleccionado como se indica en la tabla 4.6, y se debe considerar parámetros como:

- Potencia instalada que quedo fuera por la interrupción
- Tiempo de interrupción
- Consumidores afectados que quedaron sin servicio

Se debe indicar que los consumidores que quedaron sin servicio, se determino de acuerdo a la carga instalada desabastecida en la interrupción

**TABLA 4.6 DATOS PARA EL CÁLCULO DE LOS ÍNDICES**

<b>S/E 02 ALIMENTADOR No. 1 SAQUISILI CENTRO</b>						
<b>Periodo</b>	<b>Potencia Instalada (KVA)</b> <b>(1)</b>	<b>Consumidores</b> <b>(2)</b>	<b>Número de Interrupciones</b> <b>(3)</b>	<b>Tiempo de Interrupción ( horas)</b> <b>(4)</b>	<b>Pot. Inst. quedo Fuera Pfs</b> <b>(5)</b>	<b>Consumidores Afectados Ca</b> <b>(6)</b>
2002-10	9852.5	4310	11	19.29	3185	1792
2002-11	9852.5	4310	14	29.83	762.5	429
2002-12	9852.5	4310	16	19.09	5380	3026
2003-01	9852.5	4310	17	50.32	2633.8	1482
2003-02	9852.5	4310	19	72.67	3868.75	2176
2003-03	9852.5	4310	17	86.2	2657.7	1495
2003-04	9852.5	4310	22	106.13	4139.2	2328
2003-05	9852.5	4310	13	31.27	2168.5	1220
2003-06	9852.5	4310	13	53.23	10295.5	5791
2003-07	9852.5	4310	16	64.77	2409.75	1355
2003-08	9852.5	4310	17	46.98	1129.55	635
2003-09	9852.5	4310	23	159.1	1676.5	943
<b>Anual</b>	<b>9852.5</b>	<b>4310</b>	<b>198</b>	<b>739.48</b>	<b>40307.1</b>	<b>22672</b>

Notas:

- 1 : KVA instalados en el alimentador
- 2 : Consumidores asociados en el alimentador
- 3 : Interrupciones producidas
- 4 : Tiempo de duración de la interrupción
- 5 : KVA instalados afectados por la interrupción
- 6 : Consumidores afectados por la interrupción

Aplicando las ecuaciones respectivas de los índices de calidad de servicio técnico se obtienen en el cuadro 4.3



**CUADRO 4.3 INDICES DE SERVICIO TÉCNICO**

Periodo	INDICES							
	SISTEMA			CONSUMIDOR			OTROS	
	FMIK	TTIK	DK	Fc	Tc	Dc	DMR	TIEBV
2002-10	0.323	0.369	1.142	0.416	0.475	1.141	1.754	0.475
2002-11	0.077	0.253	3.267	0.099	0.325	3.266	2.131	0.325
2002-12	0.546	0.947	1.734	0.702	1.218	1.733	1.193	1.218
2003-01	0.267	2.895	10.829	0.344	3.722	10.830	2.960	3.722
2003-02	0.393	1.244	3.167	0.505	1.599	3.166	3.825	1.599
2003-03	0.270	0.832	3.085	0.347	1.070	3.085	5.070	1.070
2003-04	0.420	2.630	6.259	0.540	3.381	6.260	4.851	3.381
2003-05	0.220	0.219	0.992	0.283	0.281	0.993	2.405	0.281
2003-06	1.045	10.997	10.524	1.567	16.490	10.524	4.095	16.490
2003-07	0.245	0.324	1.323	0.314	0.416	1.323	4.048	0.416
2003-08	0.114	0.309	2.695	0.147	0.397	2.696	2.764	0.397
2003-09	0.170	1.392	8.182	0.219	1.790	8.183	6.917	1.790
<b>12 Meses</b>	<b>4.090</b>	<b>22.411</b>	<b>5.479</b>	<b>5.478</b>	<b>31.164</b>	<b>5.668</b>	<b>3.501</b>	<b>31.164</b>

**CUADRO 4.8 INDICES SEMESTRALES POR NIVELES DE VOLTAJE**

BAJO VOLTAJE						
	FMIK	TTIK	DK	Fc	Tc	Dc
<b>1er semes.</b>	0.29	0.68	0.34	0.37	0.88	2.34
<b>2do semes.</b>	0.26	0.94	3.62	0.35	1.24	3.59
<b>Anual</b>	<b>0.55</b>	<b>1.63</b>	<b>2.93</b>	<b>0.72</b>	<b>2.12</b>	<b>2.94</b>
MEDIO VOLTAJE						
<b>1er semes.</b>	1.58	5.85	3.70	2.21	7.53	3.40
<b>2do semes.</b>	1.95	14.92	7.77	2.54	21.51	8.45
<b>Anual</b>	<b>3.53</b>	<b>20.78</b>	<b>5.88</b>	<b>4.75</b>	<b>29.04</b>	<b>6.10</b>
GLOBAL						
<b>1er semes.</b>	1.87	6.54	3.49	2.58	8.41	3.24
<b>2do semes.</b>	2.21	15.87	7.18	2.89	22.75	7.87
<b>Anual</b>	<b>4.09</b>	<b>22.41</b>	<b>5.48</b>	<b>5.47</b>	<b>31.16</b>	<b>5.68</b>

#### **4.2.4 ANALISIS DE RESULTADOS**

De los resultados obtenidos en el cuadro 4.7 donde se indica los índices de calidad de servicio técnico para el alimentado 1 de la S/E San Rafael, se puede concluir:

##### **Índices por KVA instalado**

En el periodo de análisis cada KVA instalado fue afectado con una frecuencia de 4.1 interrupciones, cada una con una duración promedio de 5.5 horas, es decir con un tiempo total promedio anual de 22.4 horas que quedo fuera de servicio cada KVA instalado.

##### **Índices por consumidor**

En el periodo de análisis cada consumidor fue afectado con una frecuencia de 5.5 interrupciones de servicio eléctrico, cada una con una duración promedio de 5.7 horas, es decir con un tiempo promedio en el periodo de 31.2 horas que quedo fuera de servicio cada consumidor.

##### **Duración media de reposición**

En el momento que se produzca una interrupción, la Empresa tiene un promedio de 3.5 horas para la reposición del servicio.

Para los consumidores en bajo voltaje tiene un tiempo promedio de 31.2 horas por año de indisponibilidad de servicio eléctrico.

Los índices de frecuencia para este alimentador se puede observar que están dentro del rango de los valores de referencia; pero los índices de tiempo tanto de KVA instalado como para los consumidores son mayores, esto es debido:

- Falta de componentes de seccionamiento, que estén estratégicamente ubicados de manera que evite una salida innecesaria de consumidores y de potencia instalada.
- No existe una respuesta rápida en las redes eléctricas de reposición cuando ha salido algún componente, que posibilite aislar la falla y restablecer el servicio en el menor tiempo.
- Las redes eléctricas son obsoletas (postes de bajo y medio voltaje son de madera, redes que se rompen, etc.)
- Acometida en cortocircuito.
- Personal que no está capacitado sobre la calidad de servicio técnico (deficiencia en la recepción y recopilación de la información)
- Personal de mantenimiento con exceso de carga laboral o que se encuentran demasiado distante.

Además se detectó que:

- No existe relación proporcional entre los KVA y el número de usuarios.
- En algunos casos existe sobre dimensionamiento de transformadores.
- En estos sectores hay un considerable número de interrupciones por descargas atmosféricas, lo que sería conveniente remodelar las redes y colocar cables de guardia.

#### 4.2.4 ANALISIS ECONOMICO

El análisis económico está relacionado directamente con la Energía no Suministrada (ENS) debido a que la Empresa Distribuidora se excede en los valores límites admisibles y por ende se debe realizar este cálculo o sea,  $FMIK_{lim} = 6$ ,  $TTIK_{lim} = 18.0$ , para el caso del alimentador 1 San Rafael, los valores obtenidos son:  $FMIK = 4.1$   $TTIK = 22.4$ , y cuya energía no suministrada se calcula por la siguiente fórmula:

$$FMIK < LimFMIK \text{ y } TTIK > LimTTIK$$

$$ENS = (TTIK - Lim TTIK) * ETF / THPA$$

Donde:

ENS	:	Energía no suministrada en kwh.
TTIK	:	Indice de Tiempo total de interrupción por KVA
LimTTIK	:	Límite admisible de TTIK
ETF	:	Energía Total Facturada a los consumidores en BV del alimentador en kwh
THPA	:	Tiempo en horas del periodo en análisis

$$ENS = (22.4 - 10.0) * 14202438,552 / 8760$$

$$ENS = 20.103,91 \text{ kwh}$$

#### Sanción

La sanción se determina con la energía no suministrada por su costo valorizado de 1.0 USD/kWh

$$SANCION = ENS * C$$

Donde:

SANCION : Sanción en USD por los resultados obtenidos  
ENS : Valor total de la energía no suministrada  
C : Costo de la energía no suministrada

$$SANCION = 20.103,91 \text{ kWh} * 1,00 \text{ USD/kWh}$$

$$SANCION = 20.103,91 \text{ USD}$$

#### 4.3 CALCULO PARA EL COSTO DE INTERRUPCION A USUARIOS

Este procedimiento se utiliza especialmente para el Sector Residencial; pero también se puede utilizar para los Consumidores Comerciales e Industriales:

El costo de interrupción para un usuario residencial está dado normalmente por los siguientes datos:

RMF = Percibe una renta mensual de 300 USD  
N = 30 días (días de trabajo incluido los de descanso)  
H = 8 horas diarias de trabajo  
CM = El contador registra en el mes un consumo de 140 kWh  
n = 30 días que se utiliza el servicio eléctrico  
h = 5 horas de ocio aproximadamente  
f = Valor de  $1.1 \geq 1 \geq 0.9$  es decir una variación  $\pm 10\%$  del valor normal del consumo en el periodo h

### Renta Familiar Horaria

$$\text{RFH} = \frac{\text{RMF}}{\text{N} * \text{H}}$$

$$\text{RFH} = \frac{300 \text{ USD}}{30 \text{ días} * 8 \text{ horas/día}}$$

$$\text{RFH} = 1,25 \text{ USD}$$

### Consumo Medio Horario

$$\text{CMH} = \frac{f * \text{CM}}{n * h}$$

$$\text{CMH} = \frac{1,1 * 140 \text{ kWh}}{30 \text{ días} * 5 \text{ horas}}$$

$$\text{CMH} = 1,03 \text{ kWh}$$

### Costo de Interrupción (CI)

$$\text{CI} = \frac{\text{RFH}}{\text{CMH}}$$

$$\text{CI} = \frac{1,25 \text{ USD}}{1,03 \text{ Kwh}}$$

$$\text{CI} = 1,21 \text{ USD / KWh}$$

#### **4.4 ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE CALIDAD DE SERVICIO TECNICO**

Las exigencias del CONELEC a las empresas eléctricas de distribución de energía, obliga al cumplimiento estricto de ciertos valores en los parámetros de calidad de producto, calidad del servicio técnico, calidad de servicio comercial y calidad de alumbrado público.

La calidad del servicio técnico se evalúa mediante la frecuencia de interrupción que esta relacionada con la confiabilidad y con el tiempo de interrupción que está relacionado con la continuidad del servicio.

Para lograr su cumplimiento la ELEPCO S.A. tendrá que considerar aspectos muy importantes como:

- Mejoramiento de procesos para recopilación, procesamiento y análisis de la información, lo cual permite tomar oportunas decisiones. Estos procesos deben ser efectivos para generar los resultados deseados, eficientes para minimizar los recursos empleados y además flexibles para adaptarse a los clientes cambiantes y a las necesidades de la empresa.
- Adquisición y mantenimiento adecuado de equipos y herramientas de trabajo.
- Contratación y capacitación del recurso humano necesario.

## **Teoría de Restricciones**

Una restricción es cualquier cosa que obstaculice a una organización para lograr un más alto desempeño de acuerdo a su meta.

Para eliminar las restricciones, implica cambio, tanto hoy como el futuro, debemos encontrar como hacer que la gente inicie, haga y responda al cambio. Una parte integral de la teoría de restricciones está enfocada a enfrentar el cambio, y para ello debemos formularnos ciertas preguntas:

¿Que cambiar?

Encontrar los problemas raíz, resolviendo aquellos que tienen mayor impacto.

¿Hacia que cambiar?

Crear soluciones simples eliminado conflictos y evitando consecuencias negativas, solo tales soluciones tiene oportunidad de funcionar en una organización.

¿Cómo crear el cambio?

Hacer que otros inventen o descubran las ideas, el sentido de “propiedad” es muy poderoso, el involucrar a los demás es una garantía de mejor desempeño.

### **4.4.1 DESCRIPCION DE LA ALTERNATIVA PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DE SERVICIO TECNICO**

#### **Objetivo**

Mejorar la gestión en los trabajos que realizan los grupos de mantenimiento y atención de reclamos para optimizar el recurso humano que dispone el área de Operación y Mantenimiento.



## **Situación Actual**

La información presentada por los operadores de turno que reciben los reclamos de los clientes, es registrada y procesada en una base de datos estructurada de la siguiente manera:

- a) Recepción de reclamos y Avisos de suspensión
- b) Comunicación de Daños a Mantenimiento
- c) Reclamos Atendidos – Mantenimiento de Redes

### **a) Recepción de Reclamos y Avisos de Suspensión**

#### **Recepción de Reclamos**

Es el inicio de la recopilación de datos de las interrupciones de servicio, cuya información puede ser externa o interna de la empresa. Los usuarios al no tener el servicio eléctrico presentan su reclamo: Por medio de una llamada telefónica, en forma presencial al acercarse a la S/E El Calvario o a la oficina más cercana de ELEPCO S.A.

Estos reclamos son anotados en el Registro de Recepción de Reclamos (ANEXO D) con los siguientes datos.

- Hora de aviso o llamada
- Nombres y apellidos del usuario
- Número telefónico, si lo tiene
- Dirección (calles, parroquia y cantón) / referencia
- Motivo del reclamo

Normalmente este tipo de reclamos son interrupciones no programadas

## **Avisos de Suspensión**

Una interrupción puede darse por la apertura intencional en los puntos de seccionamiento, debido a una operación programada por parte del personal autorizado de ELEPCO S.A. Estas interrupciones son requeridas cuando se realizan trabajos de mantenimiento y/o construcción de red, donde se debe manipular directamente con elementos energizados y representa peligro para de trabajo.

La suspensiones de servicio pueden ser programadas o no programadas, las mismas que se encuentran en el Registro de Interrupciones en Alimentadores Primarios contiene los siguientes datos:

- Fecha
- Trabajo a efectuar
- Hora de desconexión y reconexión
- Datos de red (S/E, alimentador y seccionamiento operado)
- Sectores afectados
- Supervisor responsable
- Grupo(s) de trabajo

Se debe mencionar que las interrupciones programadas se realizan previa la comunicación anticipada a los usuarios afectados.

### **b) Comunicación de Daños a Mantenimiento**

Es el intercambio de información registrada en la Recepción de Reclamos hacia la Unidad de Mantenimiento Correctivo para que atienda el reclamo de los usuarios al no tener el servicio eléctrico y de esta manera sea restituido lo mas pronto posible. La comunicación hacia los grupos de trabajo se la realiza vía radio para que sea rápida, clara y efectiva.

## **Reclamos Atendidos – Mantenimiento de Redes**

Esta etapa es lo contrario a la anterior, aquí se receipta la información proporcionada de la Unidad de Mantenimiento Correctivo hacia la unidad de Registro de Reclamos Atendidos, en el Registro de Reclamos Atendidos – Mantenimiento de Redes contiene los siguientes datos.

- Hora de notificación
- Código del grupo de trabajo notificado
- Daños encontrados
- Posibles causas de falla
- Trabajos efectuados
- Datos de la Red reparada (Subestación, Alimentador y Código del Transformador de Distribución)
- Hora de restauración del servicio, si es que lo fue
- Observaciones (sí está pendiente, o hay alguna particularidad para concluir)

Al terminar la jornada, los grupos anotan en el reporte diario de trabajo los trabajos atendidos y el material utilizado, en el caso que quede algún trabajo pendiente, este se lo realizará al día siguiente. En el Anexo E se puede notar los daños, causas, trabajo efectuado y sistema afectado.

### **Evaluación de la Situación Actual**

La ELEPCO S.A a través de la S/E El Calvario con el personal de turno tiene la responsabilidad de: Operar la subestación, Registrar la demanda horaria de las Centrales de generación y carga, Recibir reclamos y avisos, Comunicar los daños a mantenimiento y Registrar los reclamos atendidos por mantenimiento de redes.

Hace poco tiempo el registro de todos estos datos se lo hacía de forma manual, cuya información no era muy veraz debido a su manejo, organización y procesamiento de datos, ya que era una tarea ardua, tediosa y poco eficiente, como por ejemplo habían trabajos que eran realizados directamente por el grupo de mantenimiento que ni siquiera constaba en la unidad de Recepción de Reclamos, ahora se lo hace a través de una base de datos.

#### **4.4.2 SUGERENCIAS INTERNAS**

- En la recepción de reclamos se debe contar con toda la información, la misma que debe ser canalizada estrictamente a través de sus etapas, a fin de no perder los datos y tener una información veraz.
- Se debe implementar un Centro de Supervisión y Operación (CSO) con la finalidad de mantener informado sobre todas las operaciones del sistema y responsabilizando a una persona los comandos del sistema a ser suspendido, para evitar posibles accidentes por operaciones erradas.
- Todos los grupos de distribución se encuentran en la capacidad de suspender el servicio eléctrico, pero la autorización para las maniobras lo dan los funcionarios jefes departamentales, ingenieros responsables del alimentador o supervisores, es decir **disponer** de un orden jerárquico con las siguientes prioridades y atribuciones, que puede ser:

Subestaciones	Jefe de Líneas y Subestaciones
Alimentador- Troncal	Jefe de Operación y Mantenimiento y/o Supervisor del Sistema

Ramal de alimentador	Ingeniero de distribución
Transformador	Supervisor o Jefe de grupo

- Programar las suspensiones por maniobra controlada, para la ejecución de trabajos de mantenimiento y/o construcción de red.
- Implementación de herramientas computacionales e informáticas, que mejoraran el manejo y la administración de datos en forma eficiente.
- Sería conveniente instruir al personal y funcionarios de la Empresa de no dar disposiciones directas a los grupos de mantenimiento para la atención inmediata de reclamos y hacerlo a través del operador de la S/E El Calvario, a fin de no perder la información.
- Por parte de los grupos de mantenimiento mejorar la información, en el sentido que deben proporcionar todos los datos de red y horas de interrupción.
- Cambiar procedimientos de corte de servicio y reconexión de servicio, ya que causa errores de procesamiento de información y pérdida de recursos.

#### **4.4.3 SUGERENCIAS EXTERNAS**

- Diseño de un tríptico que indique claramente al usuario el procedimiento a seguir cuando existe una interrupción de servicio eléctrico, se lo puede entregar conjuntamente con la carta de pago.
- En el caso de servicios nuevos anexar el tríptico al Contrato de Suministro de Energía.

- Campañas periódicas de difusión por las radios, sobre todo, en el sector rural, acerca del mismo procedimiento.
- Informar al usuario sobre el cortocircuito interno, debido a las instalaciones domiciliarias mal realizadas, lo que provoca la suspensión de su servicio, de esta forma no se generaría su reclamo, optimizando tiempo y recurso al personal de ELEPCO S.A., al no asistir a estos “daños”.
- Corte de servicio y reconexión de servicio cuyas causas son errores de procedimientos tanto prácticos como de información por parte de la empresa contratista (tercearizadora de corte).
- Usuario no encontrado debido a que la información de recepción del reclamo está mal registrada o mal dada.

## V CAPITULO

### 5.1 CONCLUSIONES

- En el registro de interrupciones se nota que un 80% de las interrupciones se producen en los componentes del sistema de distribución ó sea en la red secundaria, transformadores y acometidas.
- EL alimentador rural cumple con los índices de calidad de servicio técnico.
- El alimentador urbano no cumple con los índices de calidad de servicio técnico, debido a que el tiempo de reposición de servicio es alto y por ende se debe calcular la Energía No Suministrada que conlleva a una sanción de 20.103,91 USD.
- Se detectó que con las sugerencias que se propuso, la Empresa las ha tomado en consideración para la reducción de interrupciones, como por ejemplo el cambio de circuitos secundarios a conductor aislado.
- La programación de interrupciones en Medio Voltaje se debe considerar el número de consumidores y KVA instalados, debido a que estas suspensiones son las que incrementan los índices.
- Los índices nos indican la confiabilidad del sistema, y además nos ayudan a determinar los sitios o componentes que con mayor frecuencia nos ocasiona interrupciones, para poner mayor énfasis y tomar los respectivos correctivos.
- Para la atención rápida de los reclamos de interrupciones se lo hace a través de la frecuencia de radio, lo que permite receptar el mensaje en forma clara y precisa.

- Es necesario agilizar los procesos de atención de reclamos, y optimizarlos a través de una red informática, de tal manera que los clasifique para ser atendidos dando prioridad a los más importantes.
- En el registro y atención de reclamos se deben canalizar la importancia y el departamento que corresponda, para ELEPCO S.A. actualmente en la S/E El Calvario se receptan todo tipo de reclamos.
- Se cumplió con las metas del proyecto, es decir con la obtención de los índices en el alimentador urbano y el rural, con lo que se puede determinar la confiabilidad de servicio que está prestando la Empresa Distribuidora.



## 5.2 RECOMENDACIONES

- Es necesario instruir al personal en el manejo responsable del detalle de la información, lo que ayudará a mejorar la atención de reclamos.
- El registro de la información referente a interrupciones debe ser detallada en forma real, completa y organizada.
- La Empresa debe poner en practica la utilización del software ESCADA, el mismo que servirá en caso de alguna interrupción, este podrá localizarla, realizar alguna maniobra, y así tomar decisiones con la finalidad de restablecer el circuito lo más pronto posible.
- Se debe implementar un programa informático de manera que estén asociados tanto la Dirección Comercial como la Dirección Técnica y poder enlazar la información requerida para le análisis Técnico – Económico de las interrupciones para poder tener una información más precisa.
- En los lugares donde hay un gran número de interrupciones causadas por descargas atmosféricas, se recomienda que la ELEPCO S.A ponga en practica la remodelación de redes de medio voltaje, con la utilización de estructuras donde se incluya cable de guardia tanto en redes monofásicas como trifásicas y que cuyo diseño se encuentra en la Dirección Técnica.
- Se recomienda utilizar conectores donde viene incluido su fusible, estos conectores con fusible protegen las redes del circuito secundario en caso de algún cortocircuito en bajo voltaje, permitiría que no se afecte toda la red y por ende no se reduciría el tiempo para la reposición del servicio, se debe indicar que recientemente se adquirió este tipo de material y que aun no se ha utilizado.

- Se debe seguir innovando tecnología tanto en el área comercial como en la técnica, ya que debido a estos cambios se están reduciendo valores de índices, mejorando procesos, mejor atención de reclamos, con la finalidad de mejorar su calidad de servicio y su imagen; per a su vez seria importante realizar una campaña que sé de al usuario en cuanto a la prestación de servicio y en que condición se entrega.
  
- Se debe realizar el levantamiento de datos de tal forma que sean ingresados a un sistema informático, para lograr un mejor control y administración de datos.
  
- En una interrupción el número de consumidores y potencias que son afectadas, deben ser ingresados automáticamente e inmediatamente en una base de datos para ser asociados.

## **BIBLIOGRAFIA**

Viqueira J: Redes Eléctricas; Representación y Servicios de Ingeniería, México D.F., 1973

Regulaciones del Consejo Nacional de Electricidad, CONELEC, Ley De Régimen DEL Sector Eléctrico; Corporaciones de Estudios y Publicaciones, 2003

Comité de Distribuicao, Desempenho de Sistemas de Distribuicao; Editora CAMPUS ELECTROBAS, Brasil 1982

Transformadores de Potencia y Distribución, SIEMENS S.A.

Interconexiones, Revista Eléctrica del ECUACIER, 2001

Seminario Ecuatoriano de Distribución y Comercialización de Energía Eléctrica, Proyecto de Mejora de Calidad del Servicio Técnico, Sto. Domingo de los Colorados, Junio 2001

Proyecto de regulación de la CALIDAD DE SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN Ofi.Cir. No. DE – 001171, CONELEC 6 de Septiembre del 2000

## **INTERNET**

[WWW.CONELEC.GOV.EC](http://WWW.CONELEC.GOV.EC)

## **ANEXO A**

## NOMENCLATURA

<b>Símbolo</b>	<b>Denominación</b>
AV	Alto Voltaje
BV	Bajo Voltaje
Ca	Número de consumidores afectados por la interrupción
Cs	Número total de Consumidores de la parte del sistema en análisis
Dc	Duración media de Interrupción por Consumidor
DMR	Duración media de reposición
Dk	Duración media de las interrupciones por KVA instalado
ENS	Energía no suministrada
ETF	Energía Total Facturada a los consumidores en bajo voltaje
FMIK	Frecuencia Media de Interrupción por KVA nominal instalado
Fc	Frecuencia media de Interrupción por Consumidor
Fu	Factor de utilización
H	Número de horas en que fue suspendido el equipo
I	Número de orden de las interrupciones ocurridas
Lim FMIK	Límite admisible de FMIK
Lim TTIK	Límite admisible de TTIK
MV	Medio Voltaje
Nf	Número de interrupciones de equipos
KV	Kilovoltios
KW	Kilowatios
P	Demanda de Potencia
Pins	Potencia total en KVA nominales instalados en los transformadores de distribución del sistema
P <sub>st</sub>	Índice de Severidad de flicker de corta duración
Pfsi	Potencia instalada en KVA de los transformadores de distribución fuera de servicio.
<b>Símbolo</b>	<b>Denominación</b>

S/E	Subestación
Tfs	Tiempo en horas en el cual los consumidores estuvieron afectados durante la interrupción
TTIK	Tiempo Total de Interrupción por KVA Instalado
TEIBV	Tiempo equivalente de interrupciones a consumidores en bajo Voltaje
THD	Factor de distorsión total por armónica
THPA	Tiempo en horas del periodo en análisis
TMRE	Tiempo medio de reparo de equipos.
Vn	Voltaje Nominal
V <sub>k</sub>	Voltaje eficaz
Vs	Voltaje de Suministro
ΔV	Variación de Voltaje

## **ANEXO F**

**ELABORADO POR:**

.....  
JORGE H. CELIN S

**DECANO DE LA FACULTAD DE ELECTROMECHANICA**

.....  
ING. PABLO MENA

**SECRETARIO ACADEMICO**

.....  
DR. EDUARDO VASQUEZ ALCAZAR