

Universidad de Cuenca



Facultad de Ingeniería

Carrera de Ingeniería Eléctrica

“Estudio de calidad de la energía eléctrica a nivel de usuario del alimentador Coca-Loreto perteneciente a la Empresa CNEL EP U. N. Sucumbíos”

Trabajo de titulación previo
a la obtención del Título de
Ingeniero Eléctrico

Autor:

Gonzalo Vinicio Guamán Tulcanaza
C.C. 1001888245

Director:

Ing. Rodrigo Efraín Sempértegui Alvarez
C.C. 0101868552

Tutor:

Ing. Jorge Enrique Estrada Centeno
C.C. 0501599401

Cuenca – Ecuador
2018



RESUMEN

En el presente trabajo se analizan los principales parámetros eléctricos del alimentador Coca-Loreto perteneciente a la empresa CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos en la provincia de Orellana, con la finalidad de verificar el cumplimiento de los niveles definidos en la norma de Calidad de Energía establecidos por la REGULACIÓN No. CONELEC – 004/01 del Ecuador para la calidad de producto.

Para iniciar el trabajo es necesario obtener un conocimiento previo sobre la normativa vigente, así como las definiciones eléctricas que intervienen en dichas regulaciones para comprender en qué consiste el término “Calidad de Energía”.

Se consideran los datos proporcionados por la entidad propietaria del alimentador así como mediciones tomadas en campo. También se analizan los parámetros del alimentador mediante el sistema de simulación Cyme-Cymdist el cual permite apreciar de mejor manera la influencia de un sistema de generación térmica ligado al alimentador.

PALABRAS CLAVE:

SISTEMA DE TRANSMISIÓN, SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN, CENTRAL TÉRMICA.



ABSTRACT

This document analyzes the main electrical parameters of the feeder Coca-Loreto belongs to the company CNEL EP U.N. Sucumbíos in the province of Orellana, in order to verify compliance with the levels defined in the Energy Quality standard established by the REGULATION No. CONELEC - 004/01 of Ecuador for quality product.

To start the work it is necessary to obtain knowledge about the current regulations, as well as the electrical definitions that intervene in the provisions to understand that it is consistent with the term "Energy Quality".

The data provided by the owner of the feeder is taken into consideration as well as the field measurements. It is also possible to analyze the parameters of the power supply system of the Cyme-Cymdist simulation software in which the influence of a thermal energy generation system linked to the feeder can be appreciated in the best way.

KEYWORDS:

TRANSMISSION SYSTEM, DISTRIBUTION SYSTEM, THERMAL POWER PLANT.



ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1	16
INTRODUCCIÓN	16
1.1 ANTECEDENTES	16
1.2 JUSTIFICACIÓN	17
1.3 ALCANCE	18
1.4 METODOLOGÍA.....	18
1.5 OBJETIVO GENERAL	19
1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
CAPÍTULO 2	21
2 MARCO TEÓRICO.....	21
2.1 CONCEPTOS BÁSICOS.....	21
2.1.1 Introducción	21
2.1.2 Definiciones. [1].....	21
2.1.3 Concepto de “Calidad de energía”. [1].....	23
2.1.4 Calidad del producto. [1]	23
2.1.4.1 Nivel de Voltaje	23
2.1.4.2 Factor de Potencia (fp). [1].....	24
2.1.4.3 Perturbaciones. [1].....	24
2.1.4.3.1 Armónicos	24
2.1.4.3.2 Parpadeo (Flicker). [1].....	27
2.2 TÉRMINOS DEL MERCADO ELÉCTRICO ECUATORIANO.	28
Gonzalo Vinicio Guamán Tulcanaza	4



2.2.1 Definiciones del MEM. [3].....	28
2.3 TIPOS DE CENTRALES DE GENERACIÓN	34
2.3.1 Centrales Hidroeléctricas.	34
2.3.2 Centrales Térmicas.	34
2.3.3 Centrales Térmicas de biomasa.....	35
2.3.4 Centrales Térmicas de gas natural.....	35
2.3.5 Centrales Geotérmicas.....	35
2.3.6 . Centrales Eólicas.	35
2.3.7 Centrales Fotovoltaicas.....	35
CAPITULO 3	36
3 CENTRALES TÉRMICAS A FUEL OIL	36
3.1 GENERALIDADES	36
3.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE UNA CENTRAL TÉRMICA	38
3.2.1 Potencia útil.	39
3.2.2 Tipo de combustible.	39
3.2.3 Tipo de refrigeración.	40
3.2.4 Condiciones del sitio.	40
3.2.5 Altitud y humedad relativa.	40
3.2.6 Efectos negativos.....	41
3.3 PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE DE UNA UNIDAD DE GENERACIÓN.....	42
3.3.1 Operación de los Generadores	42



3.3.1.1 Operación en sistemas aislados.....	42
3.3.1.2 En paralelo con uno o más generadores.....	43
3.3.1.3 En paralelo con una red de potencia infinita.	44
3.3.2 Procedimiento de arranque y parada de un generador.	45
CAPÍTULO 4	50
4 GENERADORES Y EL SISTEMA INTERCONECTADO	50
4.1 SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO.....	50
4.1.1 CELEC EP Unidad de Negocios Transelectric.	50
4.1.2 SISTEMA NACIONAL DE TRANSMISIÓN.....	50
4.1.2.1 Diagrama Unifilar SNI Nororiental.	52
4.2 ALIMENTADOR COCA-LORETO.	53
4.2.1 CNEL EP Unidad de Negocios Sucumbíos.	53
4.2.1.1 Nodos de Interconexión al SNI.....	54
4.2.1.2 Infraestructura Eléctrica del Sistema de Subtransmisión.....	55
4.2.2 Sistema de Distribución Primario.....	56
4.2.3 Red de distribución Secundaria.....	56
4.2.4 Subestación de Distribución Payamino.	56
4.2.5 Datos del Transformador de la Subestación Payamino.	58
4.2.6 Características del Alimentador Loreto.....	59
4.2.7 Cabecera del alimentador Loreto	61
4.2.8 Registro Fotográfico del Alimentador.	62
CAPÍTULO 5	63



5 EQUIPO Y SOFTWARE UTILIZADO	63
5.1 ANALIZADOR DE ENERGÍA POWERLOGIC.....	63
5.1.1 CARACTERÍSTICAS.....	63
5.1.1.1 Medidor ION 8650.....	63
5.1.1.2 Características Técnicas.....	64
5.1.1.3 Estándares de Calidad.....	64
5.1.1.4 Capacidad de Medición.....	65
5.1.2 Diagrama de Conexión del Equipo.....	65
5.2 CYME - CYMDIST SOFTWARE DE ANÁLISIS DE SISTEMAS DE POTENCIA.....	66
5.2.1 CARACTERÍSTICAS CYME - CYMDIST.....	67
CAPÍTULO 6	69
6 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	69
6.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA SUBESTACIÓN PAYAMINO	69
6.1.1 Análisis de variación de voltaje	69
6.1.2 Análisis de variación de factor de potencia	70
6.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA CENTRAL LORETO	71
6.2.1 Período de Generación de la Central Térmica Loreto.....	71
6.2.2 Análisis de variación de voltaje	72
6.2.2.1 Línea “a” – sin generación.....	73
6.2.2.2 Línea “a” – con generación.....	74



6.2.2.3 Línea “b” – sin generación.....	75
6.2.2.4 Línea “b” – con generación.....	77
6.2.2.5 Línea “c” – sin generación.....	78
6.2.2.6 Línea “c” – con generación.....	79
6.2.3 Análisis de variación de factor de potencia	81
6.2.3.1 Análisis de variación de factor de potencia sin generación térmica	81
6.2.3.2 Análisis de variación de factor de potencia con generación térmica	82
6.2.4 Análisis de variaciones armónicas	84
6.2.4.1 Análisis de distorsión armónica total de Voltaje en la línea “a”.	84
6.2.4.2 Análisis de distorsión armónica total de Voltaje en la línea “b”.	86
6.2.4.3 Análisis de distorsión armónica total de Voltaje en la línea “c”.	88
6.2.4.4 Análisis de distorsión armónica total de Corriente en la línea “a”.	90
6.2.4.5 Análisis de distorsión armónica total de Corriente en la línea “b”.	91
6.2.4.6 Análisis de distorsión armónica total de Corriente en la línea “c”.	93
6.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS CYMDIST	94
6.3.1 Simulación del alimentador sin generación térmica.	94
6.3.2 Simulación del alimentador con generación térmica.	99
6.3.3 Análisis del Voltaje y Factor de Potencia entre simulaciones.....	102
6.3.3.1 Puntos cercanos a la fuente.	104
6.3.3.2 Puntos intermedios del alimentador.	105
6.3.3.3 Puntos periféricos del alimentador.	106
Gonzalo Vinicio Guamán Tulcanaza	8



6.3.3.4 Nodos con Bajo Voltaje	107
6.4 PRINCIPALES FALLAS DEL ALIMENTADOR COCA LORETO	109
6.4.1 Propias de la Distribución.....	109
6.4.2 Propias de la Generación.....	111
6.5 PROPUESTA PARA LA MEJORA DEL SERVICIO	113
CAPÍTULO 7	115
7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	115
7.1 CONCLUSIONES.....	115
7.2 RECOMENDACIONES	117
BIBLIOGRAFÍA	118
ÍNDICE	121
• FIGURAS	121
• GRAFICAS.....	123
• TABLAS	125
ANEXOS	128
Anexo 1: Reporte sumario simulación sin generación térmica.....	128
Anexo 2: Reporte sumario simulación con generación térmica.....	129
Anexo 3: Reporte flujo de cargas simulación sin generación térmica.	130
Anexo 4: Reporte flujo de cargas simulación con generación térmica.	144



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio

Institucional

Gonzalo Vinicio Guamán Tulcanaza en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “Estudio de calidad de la energía eléctrica a nivel de usuario del alimentador Coca-Loreto perteneciente a la Empresa CNEL EP U. N. Sucumbíos”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, septiembre de 2018.

Gonzalo Vinicio Guamán Tulcanaza

C.C.: 1001888245



Cláusula de Propiedad Intelectual

Yo, Gonzalo Vinicio Guamán Tulcanaza, autor del trabajo de titulación “Estudio de calidad de la energía eléctrica a nivel de usuario del alimentador Coca-Loreto perteneciente a la Empresa CNEL EP U. N. Sucumbíos”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, septiembre de 2018.

Gonzalo Vinicio Guamán Tulcanaza

C.C.: 1001888245



**UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

Certifico que el trabajo de titulación “Estudio de calidad de la energía eléctrica a nivel de usuario del alimentador Coca-Loreto perteneciente a la Empresa CNEL EP U. N. Sucumbíos”, ha sido desarrollado por el estudiante: Gonzalo Vinicio Guamán Tulcanaza con C.C.: 1001888245.

Cuenca, septiembre de 2018.

Ing. Rodrigo Efraín Sempértegui Álvarez

Docente de la Universidad de Cuenca

Director del Trabajo de Titulación

C.C.: 0101868552



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

El tutor de la Empresa CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos certifica que el Trabajo de Titulación “Estudio de calidad de la energía eléctrica a nivel de usuario del alimentador Coca-Loreto perteneciente a la Empresa CNEL EP U. N. Sucumbíos”, ha sido desarrollado por el estudiante: Gonzalo Vinicio Guamán Tulcanaza con C.C.: 1001888245.

Cuenca, septiembre de 2018.

Ing. Jorge Enrique Estrada Centeno

Jefe del Centro de Control CNEL

Tutor del Trabajo de Titulación

C.C.: 0501599401



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser fiel en todo momento, por darme las fuerzas y los recursos para culminar ésta parte tan importante de mi vida

A mis queridos padres, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad.

A todos mis maestros y amigos que una u otra manera dejaron huella a lo largo de mi vida.

Gonzalo Vinicio Guamán Tulcanaza

DEDICATORIA

Con mucho cariño dedico este trabajo a mi esposa Lorena, mis hijos Santiago, Gabriela y Adrián por ser fuente constante de mi inspiración.

Gonzalo Vinicio Guamán Tulcanaza



**UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESTA TESIS HA SIDO DESARROLLADA DENTRO DEL CONVENIO ENTRE LA
UNIVERSIDAD DE CUENCA Y LA CNEL EP UNIDAD DE NEGOCIO
SUCUMBÍOS.**



CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

El Directorio del Concejo Nacional de Electricidad CONELEC en el año 2001 establece la “REGULACIÓN No. CONELEC – 004/01” para garantizar a los Consumidores un suministro eléctrico continuo y confiable, donde se establecen los estándares mínimos de calidad, así como también los procedimientos técnicos a los que son sometidas las Empresas Distribuidoras del Servicio. [1].

Posteriormente en el año 2005 se expide el “REGLAMENTO SUSTITUTIVO DEL REGLAMENTO DE SUMINISTRO DEL SERVICIO DE ELECTRICIDAD”, donde se establecen las normas generales para la prestación del servicio eléctrico de distribución y comercialización; y, regula las relaciones entre el Distribuidor y el Consumidor.

Ante el constante crecimiento de los consumidores a lo largo de todo el territorio ecuatoriano, en especial en zona oriental correspondiente a las provincias de Sucumbíos y Orellana, la empresa distribuidora CNEL EP Unidad de Negocios Sucumbíos se ve en la necesidad de ampliar y mejorar su red de distribución para brindar a sus usuarios un servicio eléctrico óptimo enmarcado a las regulaciones vigentes.

En el año del 2013, por acuerdo entre las empresas CNEL EP Unidad de Negocios Sucumbíos y CELEC EP Unidad de Negocios Termopichincha, se instala en las cercanías de la ciudad de Loreto la Central Térmica Loreto, con la finalidad de mejorar los niveles de calidad en el suministro de energía en el alimentador Coca – Loreto perteneciente a la subestación Payamino en la ciudad de Francisco de Orellana.



1.2 JUSTIFICACIÓN

El alimentador Coca-Loreto en la provincia de Orellana pertenece a la red de distribución de la empresa CNEL EP UN Sucumbíos y se encuentra ligado a la subestación Payamino en la ciudad de Francisco de Orellana y fue implementado para satisfacer la demanda energética en el sector occidental de la ciudad de Francisco de Orellana, y a las poblaciones aledañas que conforman el cantón Loreto a más de 80 km de distancia.

Desde que inició su funcionamiento presentó deficiencias, que a lo largo de los últimos años se han evidenciado permanentemente debido al creciente aumento de usuarios en especial en el cantón Loreto. Estas deficiencias en el suministro eléctrico provocan mal funcionamiento y daños en los equipos eléctricos de los consumidores, causando además de las pérdidas materiales un malestar general por el servicio entregado. Debido a esta deficiencia en el abastecimiento eléctrico, la empresa administradora tomó como medida de compensación temporal el incorporar un sistema de generación térmica en un punto central del alimentador muy cercano a la ciudad de Loreto en donde se registra la mayor cantidad de demanda.

El presente trabajo es importante para determinar el nivel de Calidad de Energía que reciben los consumidores atendidos por el alimentador una vez que se tiene en operación la central térmica; además, se pretende mostrar las principales fallas reportadas en la entrega de energía en la línea de distribución y evidenciar el resultado obtenido al incorporar sistemas de generación térmica como sistema de compensación a estas deficiencias eléctricas.



Para ello el presente trabajo se basa en la documentación de las empresas del estado CNEL EP UN Sucumbíos, CELEC EP UN Termopichincha y las mediciones en campo en la Central Térmica Loreto, punto de interconexión de los dos sistemas.

1.3 ALCANCE

El presente trabajo pretende:

- Realizar un monitoreo de calidad del alimentador en el punto de interconexión de la Central Loreto, muy cercano al centro de carga principal.
- Realizar un análisis de las mediciones obtenidas para verificar el cumplimiento de los normas de calidad vigentes.
- Estudiar las principales perturbaciones que afectan la calidad de la energía eléctrica en el alimentador, como: variaciones de voltaje, variaciones en el factor de potencia, y armónicos de la red.
- Realizar un análisis de las causas que provocan estas perturbaciones.

1.4 METODOLOGÍA

La evaluación de Calidad de Energía se realiza bajo el siguiente esquema:

1.4.1 Recopilación de información: Se recopilará información de las empresas involucradas, además se considerarán datos, mediciones e información de la Central Loreto y otras fuentes de consulta como libros, manuales del fabricante, regulaciones, internet, etc. Las mediciones serán tomadas en un período de 7 días continuos, como lo sugiere la Regulación No.- CONELEC-004/01, en intervalos de 10 minutos.



Los equipos utilizados para las mediciones, son Analizadores de Energía: PowerLogic ION 8600 instalados en la central térmica, estos equipos son utilizados para el monitoreo de las redes eléctricas en sistemas de generación, transmisión y distribución.

1.4.2 Análisis de la información: la información recopilada es analizada con la ayuda de software propio de los fabricantes de los equipos de medición y de hojas electrónicas para presentar de mejor manera los datos encontrados. Los resultados encontrados serán contrastados con el software de simulación CYME-CYMDIST el cual es utilizado en las empresas distribuidoras para el control de sus sistemas.

1.4.3 Redacción del Documento: con la información depurada se procede con la redacción del documento final, el cual debe mostrar los resultados del análisis y las conclusiones que se obtienen de ellos. Todo esto bajo el control, revisión del tutor asignado por cada una de las entidades que participan de este documento.

1.5 OBJETIVO GENERAL

Analizar los índices de calidad de la energía del alimentador Coca-Loreto perteneciente a la CNEL EP UN Sucumbíos considerando el aporte de una central térmica de compensación.

1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar información necesaria sobre el alimentador que sirva como base para determinar los índices de calidad entregados por la línea de distribución.



- Realizar un análisis técnico del estado actual del alimentador, su funcionamiento y el nivel de calidad que ofrece.
- Determinar los principales problemas y soluciones de corrección a la deficiencia energética en el alimentador propuesto.
- Mostrar las bondades de un sistema de generación térmico de compensación.
- Determinar la mejora en los índices de calidad a través de sistemas de generación térmica.



CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 CONCEPTOS BÁSICOS

2.1.1 Introducción

El presente trabajo se basa en las regulaciones del estado ecuatoriano vigentes, como son:

- Regulación No.- CONELEC-004/01.- CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN.
- También utiliza términos descritos en la Regulación No.- CONELEC-007/00.- PROCEDIMIENTOS DEL MERCADO ELÉCTRICO MAYORISTA.

2.1.2 Definiciones. [1]

Las definiciones técnicas entregadas por la Regulación No.- CONELEC-004/01 son:

- **Armónicas:** “Son ondas sinusoidales de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60 Hz”.
- **Barras de salida:** “Corresponden a las barras de Alto Voltaje en las subestaciones de elevación y a las barras de Bajo Voltaje de subestaciones de reducción”.
- **Centro de transformación:** “Constituye el conjunto de elementos de transformación, protección y seccionamiento utilizados para la distribución de energía eléctrica.”
- **Factor de potencia:** “Es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente”.



- **Fluctuaciones de Voltaje:** “Son perturbaciones en las cuales el valor eficaz del voltaje de suministro cambia con respecto al valor nominal”.
- **Frecuencia de las interrupciones:** “Es el número de veces, en un período determinado, que se interrumpe el suministro a un Consumidor”.
- **Interrupción:** “Es el corte parcial o total del suministro de electricidad a los Consumidores del área de concesión del Distribuidor”.
- **Niveles de Voltaje:** “Se refiere a los niveles de alto voltaje (AV), medio voltaje (MV) y bajo voltaje (BV) definidos en el Reglamento de Suministro del Servicio”.
- **Período de Medición:** “A efectos del control de la Calidad del Producto, se entenderá al lapso en que se efectuarán las mediciones de Nivel de Voltaje, Perturbaciones y Factor de Potencia, mismo que será de siete (7) días continuos”.
- **Perturbación rápida de voltaje (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”.
- **Voltaje Armónico:** “Es un voltaje sinusoidal de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60 Hz de voltaje de suministro”.
- **Voltaje nominal (Vn):** “Es el voltaje utilizado para identificar el voltaje de referencia de una red eléctrica”.
- **Voltaje de suministro (Vs):** “Es el valor de voltaje del servicio que el Distribuidor suministra en el punto de entrega al Consumidor en un instante dado”.



2.1.3 Concepto de “Calidad de energía”. [1]

El concepto de calidad de energía involucra muchos aspectos entre los cuales, para la evaluación de la prestación del servicio eléctrico, se consideran los siguientes aspectos establecidos en la Regulación No.- CONELEC-004/01:

a) Calidad del producto:

- Nivel de voltaje.
- Perturbaciones de voltaje.
- Factor de potencia.

b) Calidad del servicio técnico:

- Frecuencia de interrupciones.
- Duración de interrupciones.

c) Calidad del servicio comercial.

- Atención de solicitudes de servicio.
- Atención y solución de reclamos.
- Errores en medición y facturación.

Para efectos de este trabajo se evaluará únicamente la calidad del producto en el alimentador.

2.1.4 Calidad del producto. [1]

2.1.4.1 Nivel de Voltaje

La regulación No.- CONELEC-004/01 establece que el índice de calidad para el nivel del voltaje se lo obtiene a través de la fórmula:

$$\Delta V_k(\%) = \frac{V_k - V_n}{V_n} * 100$$



Donde:

ΔV_k : Variación del voltaje, en el punto de medición, en intervalos k de 10 minutos.

V_k : Voltaje eficaz (rms) medido en cada intervalo de medición k de 10 minutos.

V_n : Voltaje eficaz nominal en el punto de medición.

La Tabla 2.1 muestra los límites establecidos en la regulación para las variaciones de voltaje en cada punto de medición:

Tabla 2.1 Límites permitidos para la Variación de Voltaje.

Descripción	Subetapa 1	Subetapa 2
Alto Voltaje	± 7,0%	± 5,0%
Medio Voltaje	± 10,0%	± 8,0%
Bajo Voltaje Urbanas	± 10,0%	± 8,0%
Bajo Voltaje Rurales	± 13,0%	± 10,0%

Fuente: [1].

2.1.4.2 Factor de Potencia (fp). [1]

La regulación No.- CONELEC-004/01 establece como límite el valor mínimo de 0,92 para el factor de potencia. Se establece que un consumidor está incumpliendo con este límite si en más del 5% del período de medición evaluado sobrepasa dicho límite.

2.1.4.3 Perturbaciones. [1]

2.1.4.3.1 Armónicos

$$V_i' = \frac{V_i}{V_n} * 100$$

$$THD (\%) = \left[\frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{40} (V_i)^2}}{V_n} \right] * 100$$



Donde:

V'_i : Factor de distorsión armónica individual de voltaje.

THD: Factor de distorsión total por armónicos, expresado en porcentaje.

V'_i : Valor eficaz (rms) del voltaje armónico "i" (para $i = 2 \dots 40$) expresado en voltios.

V_n : Voltaje eficaz nominal en el punto de medición expresado en voltios.

La Tabla 2.2 muestra las tolerancias permitidas por la regulación para las V_i' y THD.

Tabla 2.2 Tolerancias permitidas para V_i' y THD.

ORDEN (n) DE LA ARMÓNICA Y THD	TOLERANCIA $ V_i' $ o THD	
	(% respecto al voltaje nominal del punto de medición)	
	V > 40 Kv (otros puntos)	V < 40 Kv (trafos de distribución)
Impares no múltiplos de 3		
5	2,0	6,0
7	2,0	5,0
11	1,5	3,5
13	1,5	3,0
17	1,0	2,0
19	1,0	1,5
23	0,7	1,5
25	0,7	1,5
Mayores a 25	$0,1+0,6*25/n$	$0,2+1,3*25/n$
Impares múltiplos de 3		
3	1,5	5,0
9	1,0	1,5
15	0,3	0,3
21	0,2	0,2
Mayores a 21	0,2	0,2
Pares		
2	1,5	2,0
4	1,0	1,0
6	0,5	0,5
8	0,2	0,5
10	0,2	0,5
12	0,2	0,2
Mayores a 12	0,2	0,2
THD	3	8

Fuente: [1]



Los valores eficaces (rms) de los voltajes armónicos individuales (V_i') y los THD, expresados como porcentaje del voltaje nominal del punto de medición respectivo, no debe superar los valores límites señalados en la Tabla 2.2. [1]

La Regulación No.- CONELEC-004/01 no establece valores límites para la THDI de corrientes para usuarios menores de 69 kV. Por esta razón se utiliza los límites fijados por la norma IEEE-519, y que se muestran en la Tabla 2.3. [1]

Tabla 2.3 IEEE estándar 519-1992. Límite Harmónicos de Corriente, $V_n < 69kV$.

Isc/IL	<11	11≤h<17	17≤h<23	23≤h<29	35≤h	TDD
<20	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
20-50	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
50-100	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
100-1000	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
>1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0

Fuente: [2]

Donde:

I_{SC} : Máxima corriente de cortocircuito en PCC (Punto Común de Acoplamiento).

I_L : Representa el valor de corriente correspondiente al valor promedio de la demanda máxima.

TDD: Distorsión de Demanda Total.

$$I_{sc} (kA) = \frac{MVA_{sc}}{\sqrt{3}kV_{LL}}$$
$$TDD (\%) = \left[\frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h=h \text{ máx}} (I_h)^2}}{I_L} \right] * 100$$

En la Figura 2.1 se muestra el PCC para usuarios Industriales y usuarios Comerciales.

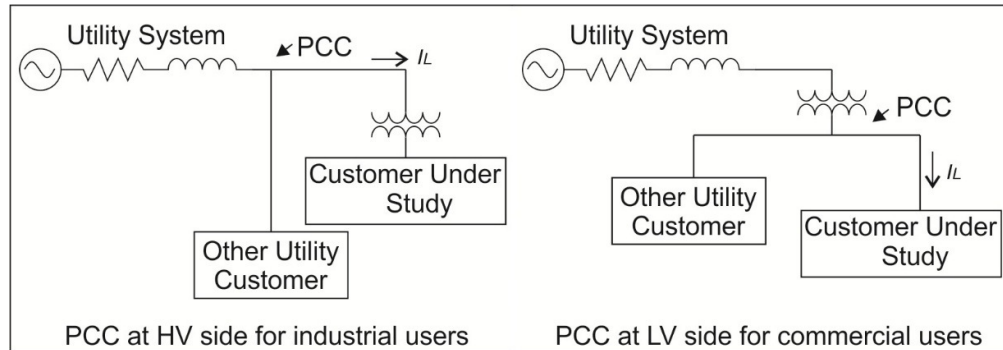


Figura 2.1 PCC para usuarios industriales y comerciales
Fuente: [2]

2.1.4.3.2 Parpadeo (Flicker). [1]

La evaluación de la calidad en cuanto al flicker la Regulación No.- CONELEC-004/01 establece su cálculo en base a la siguiente expresión.

$$P_{st} = \sqrt{0,0314P_{0,1} + 0,0525P_1 + 0,0657P_3 + 0,28P_{10} + 0,08P_{50}}$$

Donde:

P_{st} : Índice de severidad del 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 período de observación.

En cada punto de medición el índice de severidad del flicker P_{st} no debe superar la unidad. Es decir su límite es $P_{st} = 1$ como tope de irritabilidad asociado a la fluctuación máxima de una luminancia que pueda soportar sin molestia para el ojo humano. [1]



2.2 TÉRMINOS DEL MERCADO ELÉCTRICO ECUATORIANO.

Debido a la gran cantidad de los términos utilizados en el mercado eléctrico ecuatoriano, tan solo se tomarán los más utilizados de la Regulación No.- CONELEC-007/00 y que permitirán al lector tener una mejor comprensión del presente documento.

2.2.1 Definiciones del MEM. [3].

- **Alimentador.** “Línea de conducción eléctrica directa conectada a una subestación de distribución que suministra energía a los usuarios”.
- **Calidad de Servicio.** “Conjunto de características del servicio referidas a la disponibilidad de las instalaciones, los medios operativos y a la regulación de voltaje y frecuencia”.
- **Calidad de la Energía.** “Se caracteriza por la forma de onda y toma en cuenta las desviaciones en voltaje y frecuencia”.
- **Capacidad Efectiva.** “Potencia máxima que se puede obtener de una unidad generadora”.
- **Central o Planta.** “Conjunto de instalaciones y equipos cuya función es generar energía eléctrica”.
- **Centro Nacional de Control de Energía (CENACE).** “Corporación Civil de derecho privado, sin fines de lucro, a cargo de la administración de las transacciones técnicas y financieras del MEM”.
- **Caso Fortuito.** “De conformidad con lo establecido en el artículo 30 del Código Civil es la acción de fuerza de la naturaleza que no hayan podido preverse o que previstas no hayan podido ser evitadas”.



- **Centro de operación (CO).** “Unidad Operativa encargada de la supervisión y control de la operación de la red eléctrica en área o región definida”.
- **Centro de Operación de Transmisión (COT).** “Organismo encargado de la supervisión y control de la operación de la red eléctrica del Sistema Nacional de Transmisión”.
- **Concesión.** “Es el acto jurídico por el cual el CONELEC a nombre del Estado, conviene con una persona natural o jurídica, la delegación de facultades que incluyen los derechos y obligaciones para ejercer actividades de generación y para la prestación del servicio público de transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, y en el cual se precisan los términos, condiciones y alcances de la facultad delegada.
- **Confiabilidad.** “La capacidad de un dispositivo o equipo para funcionar sin fallas en un determinado período bajo cierto régimen de trabajo”.
- **Confiabilidad del sistema.** “En el suministro de un suficiente y seguro servicio de generación, transmisión y distribución”.
- **Consumo.** “Es la cantidad de energía eléctrica utilizada por un Agente del MEM, consumidor, en un intervalo de tiempo”.
- **Consumidor.** “Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación del servicio eléctrico, como receptor directo del servicio”.
- **Curva de Carga.** “Será la que representa el comportamiento de la carga durante el período en estudio”.
- **Demanda.** “Es la potencia requerida por un sistema o parte de él, promediada en un intervalo de tiempo previamente establecido”.



- **Demanda máxima.** “Consumo de potencia eléctrica registrado en un período de tiempo determinado”.
- **Despacho de Carga.** “Administración, supervisión y control de los recursos de generación, interconexión y transmisión del Sistema Nacional Interconectado (SNI).
- **Despacho Económico.** “Es la asignación específica de carga de las unidades de generación, para lograr el suministro de energía de mayor economía en condiciones de confiabilidad y calidad, atendiendo las variaciones de la oferta y la demanda”.
- **Despacho Centralizado.** “Es el despacho económico que realiza el CENACE a todos los generadores que tengan una unidad con capacidad nominal igual o mayor a 1 MW y que estén sincronizados la SNI, los cuales realizarán sus transacciones en el MEM”.
- **Disparo.** “Apertura automática de un disyuntor o interruptor por funcionamiento de los relés de protección para desconectar una parte del sistema”.
- **Disponibilidad.** “La disponibilidad de operación es el porcentaje del tiempo que una unidad generadora, línea de transmisión u otra instalación, es capaz de proporcionar servicio, ya sea que el sistema precise o no su funcionamiento”.
- **Distribuidor.** “Es la persona natural o jurídica titular de una concesión para la prestación del servicio público de distribución de energía eléctrica por virtud de la cual asume la obligación de prestar el suministro de electricidad a los consumidores finales ubicados dentro del área respecto de la cual goza de exclusividad regulada”.
- **Factor de Carga.** “Es una medida del grado de uniformidad de la demanda en un período, usualmente un año, equivalente a la relación entre la demanda promedio respecto a la demanda máxima durante el mismo período, expresado en porcentaje.



- **Factor de Planta.** “Es la razón de la generación registrada o prevista a la generación que se hubiera producido si la unidad hubiera operado en forma continua a su máxima capacidad”.
- **Factor de Potencia.** “Es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente”.
- **Generador.** “Persona natural o jurídica, titular de una concesión, permiso o licencia para la explotación de una o varias centrales de generación eléctrica”.
- **Línea de Transmisión.** “Es la línea que forma parte del Sistema Nacional de Transmisión (SNT), opera a un voltaje superior a 90 kV, se extiende entre dos subestaciones adyacentes y consiste en un conjunto de estructuras, conductores y accesorios que forman una o más ternas (circuitos)”.
- **Mercado Eléctrico Mayorista (MEM).** “Es el mercado integrado por generadores, distribuidores y grandes consumidores, donde se realizan transacciones de grandes bloques de energía eléctrica. Así mismo incluye la exportación e importación de energía y potencia eléctricas”.
- **Operación Normal.** “Es un régimen de operación que satisface los requerimientos de calidad de servicio y de energía sin poner en riesgo las instalaciones del sistema”.
- **Operación de Emergencia.** “Régimen de operación fuera de lo normal”.
- **Operador de Central o de Subestación.** “Persona que efectúa las maniobras localmente, en la estación donde se encuentran los equipos que se van a operar”
- **Período de Estudio.** “Intervalo de tiempo para el cual se establecerá el costo del agua. Este periodo podrá ser anual, mensual o diario”.
- **Potencia.** “Es la rapidez con respecto al tiempo de transferir o transformar energía”



- **Potencia Efectiva.** “Similar a capacidad efectiva.
- **Potencia Disponible.** “Potencia efectiva del generador que están operables, y pueden estar o no consideradas en el despacho de carga del Sistema Nacional Interconectado”.
- **Potencia Nominal o de Placa.** “Potencia especificada por los fabricantes de equipos”.
- **Potencia reactiva o Reactivos.** “Es el producto del voltaje y la componente fuera de fase de la corriente alterna. No representa un consumo útil, pero que aporta a las pérdidas de transporte y distribución; y es determinante en el control de voltaje”.
- **Protecciones.** “Conjunto de relés y aparatos asociados que disparan los interruptores necesarios para separar equipo fallado u operado fuera de los límites preestablecidos, o que hacen operar otros dispositivos (válvulas, extintores y alarmas), para evitar que el daño aumente de proporciones o que se propague”.
- **Regulación de Frecuencia.** “Es el mecanismo a través del cual se mantiene la frecuencia del sistema dentro de los límites establecidos, cumpliendo con el equilibrio entre la generación y la demanda”.
- **Regulación de voltaje.** “Es la habilidad del sistema para controlar el voltaje manteniéndolo dentro de los límites establecidos. El control se lo realiza mediante ajustes de la potencia reactiva de los generadores, cambios de taps en los transformadores, conexión/desconexión de capacitores y reactores en los sistemas de transmisión y distribución”.
- **Rendimiento.** “Es la capacidad que tienen las unidades de generación de producir energía eléctrica en función del combustible que consumen. Para el caso de las



unidades térmicas este valor se expresa en kWh/galón, y para las unidades hidráulicas en kWh/m³.

- **Sincronizar.** “Conjunto de acciones que deben realizarse para conectar al Sistema Eléctrico una unidad generadora o conectar dos subsistemas separados del sistema”.
- **Sistema Nacional Interconectado (SNI).** “Es el sistema integrado por los elementos del Sistema Eléctrico conectados entre sí, el cual permite la producción y transferencia de energía eléctrica entre centros de generación y centros de consumo”.
- **Subestación.** “Es un conjunto de equipos de conexión y protección, conductores y barras, transformadores y otros equipos auxiliares, cuya función es la de transmitir y/o distribuir energía eléctrica”.
- **Transmisión.** “Es el transporte de energía eléctrica de alto voltaje por medio de líneas interconectadas y subestaciones de transmisión”.
- **Transmisor.** “Empresa titular de la concesión para la prestación del servicio de transmisión y la transformación de la tensión vinculada a la misma, desde el punto de entrega por un generador o autoproducer, hasta el punto de recepción por un distribuidor o gran consumidor”.
- **Unidad Generadora.** “Es la máquina rotatoria compuesta de un motor primario (turbina hidráulica, de vapor, de gas y de motor diésel) acoplado a un generador eléctrico”.



2.3 TIPOS DE CENTRALES DE GENERACIÓN

La generación eléctrica se la puede dividir en base al tipo de recurso que utiliza en su proceso de producción. Estos recursos pueden ser renovables o no renovables y en el Ecuador se tienen las siguientes maneras de producir electricidad:

Tabla 2.4 *Potencia Nominal en Generación de Energía Eléctrica.*

Tipo de Energía	Denominación	MW	%
Renovable	Hidráulica	4.527,20	56,11%
	Eólica	0,21	0,26%
	Fotovoltaica	26,48	0,33%
	Biomasa	144,30	1,79%
	Biogás	7,26	0,09%
No Renovables	Térmica	1.958,56	24,27%
	Térmica Turbogás	921,85	11,43%
	Térmica Turbovapor	461,87	5,72%

Fuente: [4]

En la Tabla 2.4 se indica que las principales maneras de producir electricidad en el país son:

2.3.1 Centrales Hidroeléctricas.

La producción de energía se la obtiene aprovechando el movimiento del agua a lo largo de su curso. “En la medida que el agua situada en una posición pierde altura, gana velocidad. La disminución de la energía potencial se transforma en energía cinética” [5]. Esta energía es aprovechada por turbinas para la generación de electricidad.

2.3.2 Centrales Térmicas.

Estas aprovechan el poder calórico de combustibles fósiles, sean esos carbón, diésel o gas para la obtención de energía eléctrica. El calor desprendido es



aprovechado para crear vapor de agua, el cual moverá turbinas de generación eléctrica.

2.3.3 Centrales Térmicas de biomasa.

Son aquellas que obtienen la energía de la combustión de residuos forestales, agrícolas o cultivos energéticos. [6]

2.3.4 Centrales Térmicas de gas natural.

El gas natural es uno de los combustibles más seguros así como económico, produce menos emisiones de carbono que otros combustibles fósiles y la implementación de una central a gas es mucho más rápida.

2.3.5 Centrales Geotérmicas.

Estas centrales aprovechan el calor obtenido de los fluidos geotérmicos propios de procesos naturales o artificiales de acumulación y calentamiento del suelo. [5].

2.3.6 . Centrales Eólicas.

Este tipo de centrales utilizan la energía cinética del viento, la cual puede ser transformada en energía mecánica a través de hélices y posteriormente en energía eléctrica a través de generadores.

2.3.7 Centrales Fotovoltaicas.

“La energía solar fotovoltaica consisten en la conversión directa de la radiación solar en electricidad mediante sistemas fotovoltaicos”. [5].



CAPITULO 3

CENTRALES TÉRMICAS A FUEL OIL

3.1 GENERALIDADES

Una central o planta generadora de electricidad contiene motores de combustión de interna, generadores y equipos adicionales necesarios para el proceso de generación eléctrica. Se denominan centrales térmicas a aquellas plantas que utilizan el poder calórico de los combustibles o de cualquier fuente de calor para transformarlo en energía eléctrica útil.

Fuel Oil es el término general para los combustibles obtenidos a partir de la refinación del petróleo, y debido a su gran variedad se los agrupa por sus características principales, entre estas categorías están el HFO (Heavy Fuel Oil), MFO (Medium Fuel Oil), LFO (Light Fuel Oil) y Diesel Oil. Algunas de las propiedades de los Fuel Oil se muestran en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 *Propiedades de los Fuel Oil.*

Propiedad	Unidad	Diesel Oil (Gas Oil)	Light Fuel Oil (LFO)	Medium Fuel Oil (MFO)	Heavy Fuel Oil (HFO)
Composición					
Carbón	%C	85,7	85,5	85,3	85,1
Hidrógeno	%H	13,4	11,5	11,2	10,9
Sulfuro	%S	0,9	3	3,5	4
Densidad @ 15C	kg/l	0,84	0,96	0,98	1
Gravedad específica		0,84	0,93	0,95	0,97
Valor Calórico:					
VC Bruto	MJ/kg	43,02	43,02	42,26	41,83
	MJ/l	41,08	41,08	41,44	41,83
VC Neto	MJ/kg	42,8	40,6	40,13	39,57
	MJ/l	35,95	38,77	39,17	39,57

Fuente: [7]



El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), en el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 028 “COMBUSTIBLES”, establece los requisitos que deben cumplir los combustibles con la finalidad de prevenir los riesgos para el medio ambiente y evitar prácticas que puedan inducir a error a los consumidores y usuarios en su manejo y utilización. [8]. Dentro de este reglamento se encuentran numerados los requisitos para cada uno de los tipos de combustibles utilizados en el Ecuador, algunos de estos son:

- **Gas Natural.** Debe cumplir con el numeral NTE INEN 2489.
- **Gas Licuado de Petróleo.** Debe cumplir con el numeral NTE INEN 675.
- **Naftas Industriales.** Debe cumplir con el numeral NTE INEN 2253.
- **Gasolina para Aviación.** Debe cumplir con el numeral NTE INEN 2258.
- **Gasolina.** Debe cumplir con el numeral NTE INEN 935.
- **Combustibles para motores de dos tiempos.** Debe cumplir con el numeral NTE INEN 222.
- **Jet Fuel JP4.** Debe cumplir con el numeral NTE INEN 2069.
- **Jet A1.** Debe cumplir con el numeral NTE INEN 2070.
- **Diesel.** Debe cumplir con el numeral NTE INEN 1489.
- **Fuel Oil.** Debe cumplir con el numeral NTE INEN 1983.
- **Fuel Oil Naviero.** Debe cumplir con el numeral NTE INEN 2208.

Fuente: [8]

Siendo el Diesel el combustible utilizado con mayor frecuencia en grupos de generación eléctrica dentro del país.



3.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE UNA CENTRAL TÉRMICA

Una central térmica es seleccionada primeramente en base a la cantidad de energía que deberá suministrar, de esta manera se establecerán los demás parámetros que definirán el proyecto de generación. Para una producción de grandes niveles de energía en donde la confiabilidad y disponibilidad de la misma debe ser alta se entrega la producción eléctrica a sistemas robustos que generalmente se encuentran compuestos por motores diésel, turbinas a gas o máquinas de vapor. Las turbinas generalmente se utilizan en sistemas de producción de energía constante, mientras que los motores diésel son utilizados como medio de producción de energía eléctrica de emergencia o de arranque de un sistema más complejo.

Se denomina grupo electrógeno a la unidad de generación en donde no se hace énfasis al tipo de motor que utiliza para la producción de energía y es la parte principal de una central térmica.

Los principales criterios a considerar para la elección de un grupo son:

- Potencia útil.
- Tipo de combustible.
- Tipo de refrigeración.
- Condiciones del sitio.
- Altitud y humedad relativa.
- Efectos negativos.

3.2.1 Potencia útil.

Es quizá el parámetro más importante al momento de implementar una central y viene definida por las características propias de la unidad. La potencia útil total será la que nos permitirá determinar la capacidad de la central y la demanda que podrá satisfacer. La potencia útil de un grupo electrógeno se la encuentra representada en el diagrama de potencias activas/reactivas conjuntamente con los límites eléctricos y mecánicos de funcionamiento del grupo. [9].

En la Figura 3.1 se muestra un ejemplo común del diagrama de potencias, el cual es utilizado para definir la potencia útil que un grupo electrógeno puede entregar bajo los límites de operación permitidos por el fabricante.

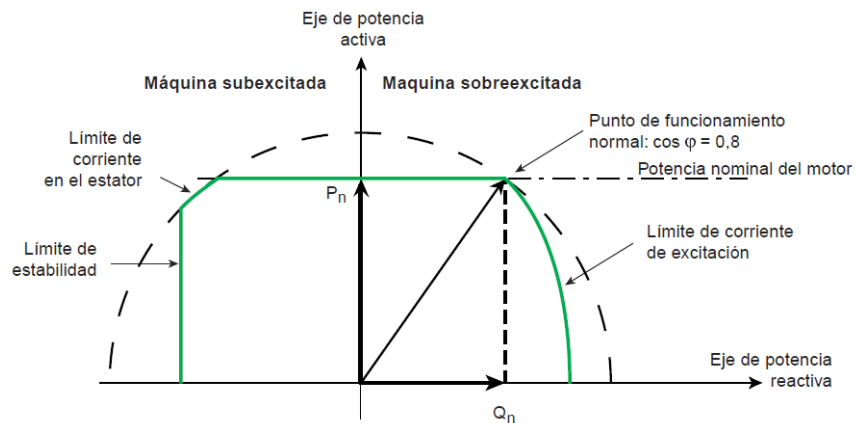


Figura 3.1 Diagrama de potencias activa/reactiva y sus límites de funcionamiento.
Fuente: [9]

3.2.2 Tipo de combustible.

El combustible es otro de los criterios importantes que deben ser tomados en cuenta al momento de implementar una central eléctrica. El combustible determinará el rendimiento de los grupos electrógenos, así como los costos de producción de la energía. Conjuntamente con el combustible se analizan otras características propias de las centrales como es el almacenamiento y preservación del combustible, su



disponibilidad en los alrededores de la central, su transporte y los elementos adicionales como el tratamiento y distribución dentro de la misma central. Entre los combustibles más utilizados para generación eléctrica están los derivados de petróleo, en especial el Diesel y el Gas Natural.

3.2.3 Tipo de refrigeración.

Las centrales térmicas necesitan sistemas de refrigeración que permitan garantizar que los equipos funcionen dentro de los parámetros normales definidos por los fabricantes. Los sistemas más comunes utilizan aire, agua y mezcla de productos químicos que atraviesan los diferentes elementos de la central.

3.2.4 Condiciones del sitio.

El sitio para implementar una central debe disponer de accesos viales que permitan llegar a la central con equipo pesado para montajes y construcción, agua cercana en ríos, lago o vertientes para los sistemas de refrigeración y contra incendios, condiciones de suelo que permitan mantener firme a los equipos ante vibraciones, cercanía a los puntos de consumo y disponibilidad de líneas eléctricas para la distribución, etc.

3.2.5 Altitud y humedad relativa.

Las condiciones climáticas, la humedad en el ambiente, la salinidad, la altitud, presión atmosférica, etc., influyen sobre el proceso de combustión del motor, haciendo que el rendimiento del grupo pueda ser afectado.



3.2.6 Efectos negativos.

Los efectos negativos también deben ser considerados al crear una central, condiciones ambientales que puedan ser afectadas, fauna que pueda ponerse en peligro, condiciones contaminantes por parte de las centrales, poblaciones cercanas que puedan ser afectadas por ruido, etc. Todos estos aspectos deben estar reflejados en el plan de manejo medio ambiental antes de obtener la licencia para el funcionamiento de la central.

3.3 PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE DE UNA UNIDAD DE GENERACIÓN.

3.3.1 Operación de los Generadores

La operación de los generadores puede darse de tres maneras:

- Operación en sistemas aislados
- En paralelo con uno o más generadores
- En paralelo con una red de potencia infinita.

3.3.1.1 Operación en sistemas aislados.

“En el caso de que alguna área quedare aislada del Sistema Nacional Interconectado, el CENACE determinará la frecuencia de Referencia para la misma de acuerdo con los Procedimientos de Despacho y Operación y supervisará su cumplimiento hasta tanto se disponga la sincronización del área con el SNI. Por razones de seguridad del servicio eléctrico, en cada subsistema que resulte aislado se deberá asignar la Regulación Secundaria de frecuencia a una central o grupo de centrales del área respectiva, la cual se despachará con la reserva rodante definida por el CENACE”. [10]. La Figura 3.2 representa la operación de un generador en forma aislada conjuntamente con la carga y elementos de red que aseguran su funcionamiento.

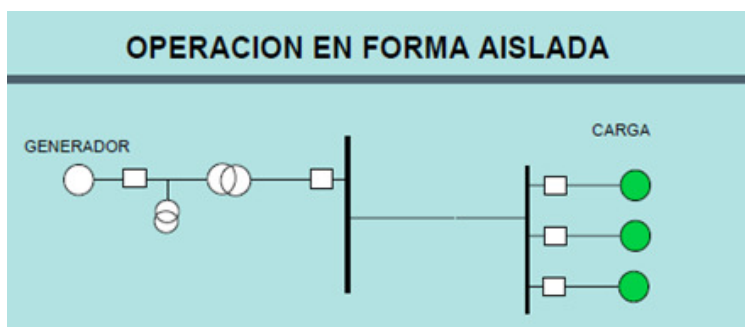


Figura 3.2 Operación de sistemas aislados.
Fuente: Elaboración Propia

Este sistema de operación es frecuente en zonas donde los sistemas de distribución eléctrica tuvieron fallas o en zonas lejanas donde aún no se han implementado redes de distribución.

Al operar o modificar las variables de control de un generador se presentan ciertos efectos sobre la energía entregada como la variación de voltaje o frecuencia. En la Figura 3.3 se muestran los efectos sobre un generador al momento de variar sus parámetros principales en modo aislado.

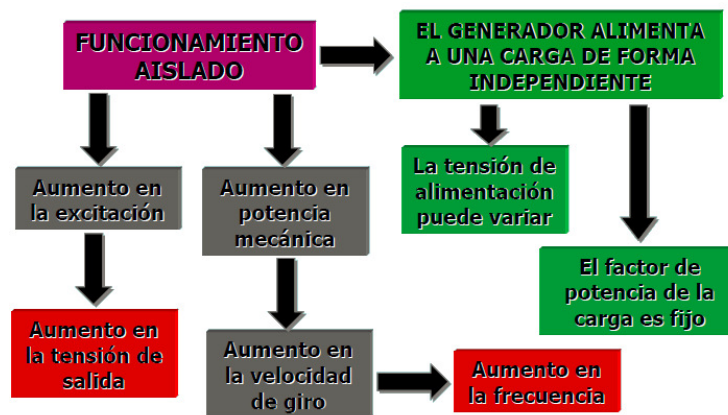


Figura 3.3 Efectos del cambio de variables sobre un generador en sistema aislado.
Fuente: Elaboración Propia

3.3.1.2 En paralelo con uno o más generadores.

Con la finalidad de aumentar la potencia una central se incrementan unidades de generación, las cuales funcionan alternadamente o en conjunto. Este modelo es muy similar al anterior ya que no existen otras redes que entreguen energía al sistema.

Las ventajas con respecto a los sistemas aislados son muchas, están son:

- Los grupos comparten la carga.
- Facilidad de mantenimiento de las unidades.
- En caso de fallas, reducen el tiempo de respuesta.
- La generación eléctrica es más robusta y confiable.

- Fácil control de cargas y generadores.

La Figura 3.4 representa la operación de generadores en paralelo que entregan energía a una o varias cargas.

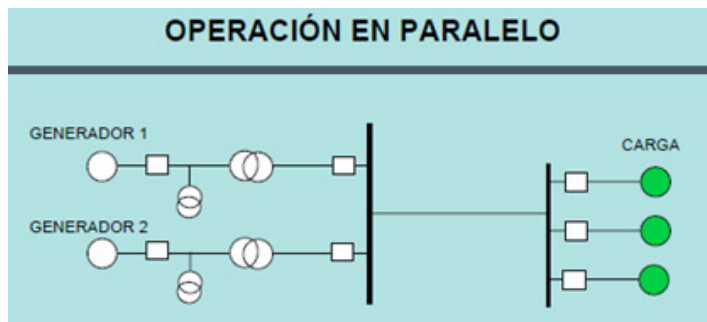


Figura 3.4 Operación de generadores en paralelo
Fuente: Elaboración Propia

3.3.1.3 En paralelo con una red de potencia infinita.

En una red de potencia infinita los parámetros como voltaje y frecuencia están determinados por la red, debido a que el sistema está alimentado por varios generadores y fuentes que no necesariamente tienen el mismo método de obtener energía.

La Figura 3.5 representa una red infinita alimentada por varias fuentes de energía, con cargas dispersas.

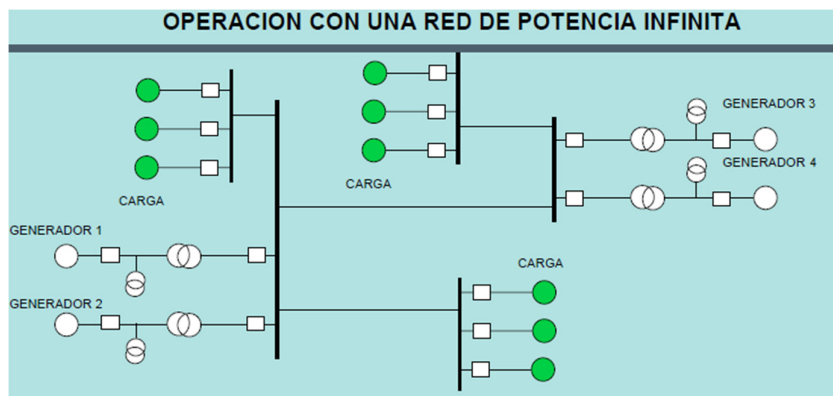


Figura 3.5 Operación de generadores con una red de potencia infinita.
Fuente: Elaboración Propia

Los efectos de operación de generadores bajo una red de potencia infinita se muestran en la Figura 3.6.



Figura 3.6 Efectos del cambio de variables sobre un generador en barra infinita.
Fuente: Elaboración Propia

Este modelo es el más común dentro de zonas con gran demanda de energía ya que presentan varias ventajas adicionales como son:

- Niveles de voltaje y frecuencia más estables.
- El sistema es más estable ante pérdidas de cargas o fuentes generadoras.
- Garantiza la continuidad del servicio a los usuarios.
- Permite planificar mantenimientos de los generadores de mejor manera.
- Permite planificar el costo de producción de la energía.
- Permite crear un mercado de libre competencia por la producción de energía.

3.3.2 Procedimiento de arranque y parada de un generador.

En el caso de una central térmica se puede considerar como generadores cuyo modo de operación principal es el de conexión en paralelo con una red de potencia infinita y que se encuentran ligados a la red a través de un disyuntor principal el cual



permite conectar o desconectar a la red cuando se necesite del aporte de estos generadores.

En proceso de conectar o desconectar una central o un generador en una red existen precauciones que se deben considerar, muchas de ellas dependen de los equipos electrógenos utilizados y las principales se muestran a continuación.

- **Arranque:**

La primera de las consideraciones antes del arranque de una unidad es verificar el estado de la misma, tanto en disponibilidad de combustible, aceites, líquidos y aire de enfriamiento. El mantenimiento de la unidad debe estar al día. Verificar los instrumentos de medida y control, así como los otros instrumentos y equipos para la producción de energía externos a la unidad de generación como transformadores, bombas de transferencia de combustibles, medidores de energía, etc.

La central térmica que contiene equipos electrógenos de “emergencia” puede entrar en operación en menos de 2 minutos desde la orden de arranque de los equipos electrógenos. La central necesita ser notificada de su ingreso a la red con un lapso de 5 a 20 minutos en caso de ser necesario alguna corrección en los niveles de refrigerantes o aceites.

El control de ingreso o salida de las centrales y los grupos electrógenos esta normado bajo la Regulación No. CONELEC-006/00 PROCEDIMIENTO DE DESPACHO Y OPERACIÓN y es vigilado por la Sala de Control de CENACE.

Los grupos electrógenos están diseñados para realizar 3 intentos de arranque en caso de falla en el arranque y deben estar equipados y programados para poder mostrar alarmas para el control y corrección de estas fallas.



La principal falla en un generador al momento de arranque está relacionado con sus baterías, estas por su uso se desgastan y su nivel de carga almacenada se pierde a través del tiempo. Normalmente deben ser cambiadas cada cierto tiempo, normalmente 1 año si su uso es frecuente. En el caso de sistemas de arranque a través de aire comprimido, se debe revisar las líneas de transporte de aire y el nivel de presión en los tanques de reserva.

Por otro lado se debe considerar que el voltaje nominal del generador debe ser menor al que viene de fábrica, ya que el alimentador tampoco dispone de un valor al nominal. Normalmente los generadores vienen con equipos de regulación de voltajes (AVR) que permiten tener un rango de configuración cercano al nominal.

Si los niveles de voltaje de la red son adecuados y están de acuerdo con las configuraciones de la unidad de generación, se puede sincronizar la unidad con la red a través de equipos automáticos como “sincronoscopios”. Estos permiten cerrar el disyuntor una vez que se cumplan los rangos aceptables de voltaje y frecuencia entre los equipos.

Una vez arrancado el generador y sincronizado a la red, se debe subir la potencia paulatinamente, dependiendo de la unidad generadora, se tienen rampas de ascenso de potencia que vienen establecidas por los fabricantes. Un ascenso o descenso brusco en potencia puede provocar daños en la unidad de generación y variaciones en el voltaje de la red.

- **Parada:**

Para la parada del generador, se comienza con el proceso de reducción de potencia el cual se suspenderá al llegar a la potencia mínima que soporta la unidad, se debe Gonzalo Vinicio Guamán Tulcanaza



dejar a la unidad unos minutos en este estado para que se refrigere y el voltaje en el alimentador se vaya estabilizando. Una salida o desconexión repentina del generador de la red provoca variaciones en los niveles de tensión.

Una vez que se ha enfriado una parte suficiente del generador se procede a dar la orden de salida de la red, el equipo automáticamente, retirará la poca potencia que este entregando y abrirá el disyuntor de conexión principal; el generador se quedará girando un tiempo más para que continúe con el proceso de enfriamiento de todos los componentes mecánicos y luego se apagará después de unos pocos minutos.

Una vez apagada la unidad de generación es necesario colocar con los mandos de control el estado de “fuera de servicio”. También se pueden abrir otros circuitos de control como “reconectores” (“recloser”) para evitar una reconexión no deseada de la unidad a la red.

Se recomienda que un equipo de emergencia sea probado cada cierto tiempo en caso de que no sea utilizado frecuentemente. Muchas veces los grupos vienen con test de prueba para verificar el estado del generador.

La Figura 3.7 muestra el procedimiento de arranque y parada de una unidad de generación de marca General Motors utilizada en operación y conectada en barra de potencia infinita a través de un disyuntor principal de interconexión.



**UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

Unidad			
Marca		General Motors	
Potencia		2.5 KW	

PREVIOS		Si	No
Desactivar Interruptor - Calentador de Generador			
Activar Interruptor - Cargador de Baterías.			

DESCRIPCION - ENCENDIDO		Si	No
1	Revisión del Voltaje en Banco de Baterías		
2	Revisión de Niveles de Agua, Combustible, Aceite,	AIRE (185-190 PSI)	
		AGUA	
		ACEITE	
	COMBUSTIBLE		
6	Alojar tapones para liberación de impurezas y girar 2 vueltas al volante del cigüeñal, y luego ajustar tapones.		
7	Encender Prelubricación del turbo por 15 minutos. Luego apagar		
8	Injectar diesel con la bomba manual a los inyectores		
9	Energizar Tablero de control.		
10	Abrir la válvula 1 y 2 de aire.		
11	Presionar el boton de arranque por 5 seg. (hasta que el motor tome velocidad (400 rpm).	Hora:	
12	Dejar el motor en relanti por 10 min.		
13	Encender Ventiladores de Radiador		
14	Encender Sinocophy		
15	Aumentar la velocidad, (7,5 u 8 vueltas) del gobernador.		
16	Verificar en Sinocophy el sentido horario, aumente la velocidad del generador letamente. iguale la frecuencia .		
17	Activar perilla de Voltaje Manual, e igualar los voltajes con los de la barra colectiva a 4200V		
18	Ingresar al paralelo "SNI", cierre disyuntor principal cuando las lámparas del Sinocophy se apaguen.		
19	Subir la potencia aumentando las RPM como mínimo a 1750 KW con la perilla de ajuste de velocidad)		
20	Controlar la generación de Reactivos entre (100-400 Kvar)		

DESCRIPCION - APAGADO UNIDAD		Si	No
1	Disminuir Potencia. Desde la perilla Ajuste de Velocidad, hasta que quede mínimo 120 KW.		
2	Bajar Voltaje hasta 400V como mínimo.		
3	Abrir Disyuntor para salir de! "SNI"	Hora:	
4	Dejar en Cero el Voltaje de la unidad y apagar la perilla del Regulador de Voltaje		
5	Bajar revoluciones del motor hasta 400 rpm		
6	Apagar Sinocophy		
7	Dejar en Relanti la unidad, hasata que la temperatura del aceite marque 125 °F.		
8	Apagar los Ventiladores		
9	Apagar el Motor	Hora:	
10	Apagar Tablero de control del motor		
11	Encender la preubricación del Turbo.		

Figura 3.7 Procedimiento Arranque y Parada Generador General Motors.
Fuente: Manual Operación Central Térmica Payamino.



CAPÍTULO 4

GENERADORES Y EL SISTEMA INTERCONECTADO

4.1 SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO.

4.1.1 CELEC EP Unidad de Negocios Transelectric.

TRANSELECTRIC nace como Sociedad Anónima el 13 de enero de 1999, encargándose de la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica en el Ecuador. El 14 de enero de 2010 a través del Decreto Ejecutivo 220, crea la Empresa Pública Estratégica Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP, conformada por 13 Unidades de Negocio, constituyendo la Empresa única encargada de la generación y transmisión eléctrica.

La Unidad de Negocio TRANSELECTRIC es responsable de la transmisión de energía en todo el país, a través de una red eléctrica en forma de anillo denominada Sistema de Nacional de Transmisión SNT, que permite transportar la energía desde las centrales de generación hasta las empresas de distribución de todo el país. [11].

4.1.2 SISTEMA NACIONAL DE TRANSMISIÓN.

El Sistema Nacional de Transmisión al finalizar el 2017 según el informe de rendiciones de cuentas de CELEC EP UN Transelectric [12] está conformado por:

- Más de 13228 MVA en capacidad de transformación y 1469 MVA de reserva.
- 57 Subestaciones de las cuales 51 son de transformación y 6 de seccionamiento.
- 4 Subestaciones móviles.
- Más de 264 km de líneas de transmisión a 500 kV.
- Más de 2708 km de líneas de transmisión a 230 kV.



- Más de 2181 km de líneas de transmisión a 138 kV.
- Más de 4999 km de fibra óptica.

En la Figura 4.1 se muestra el Sistema Nacional de Transmisión.

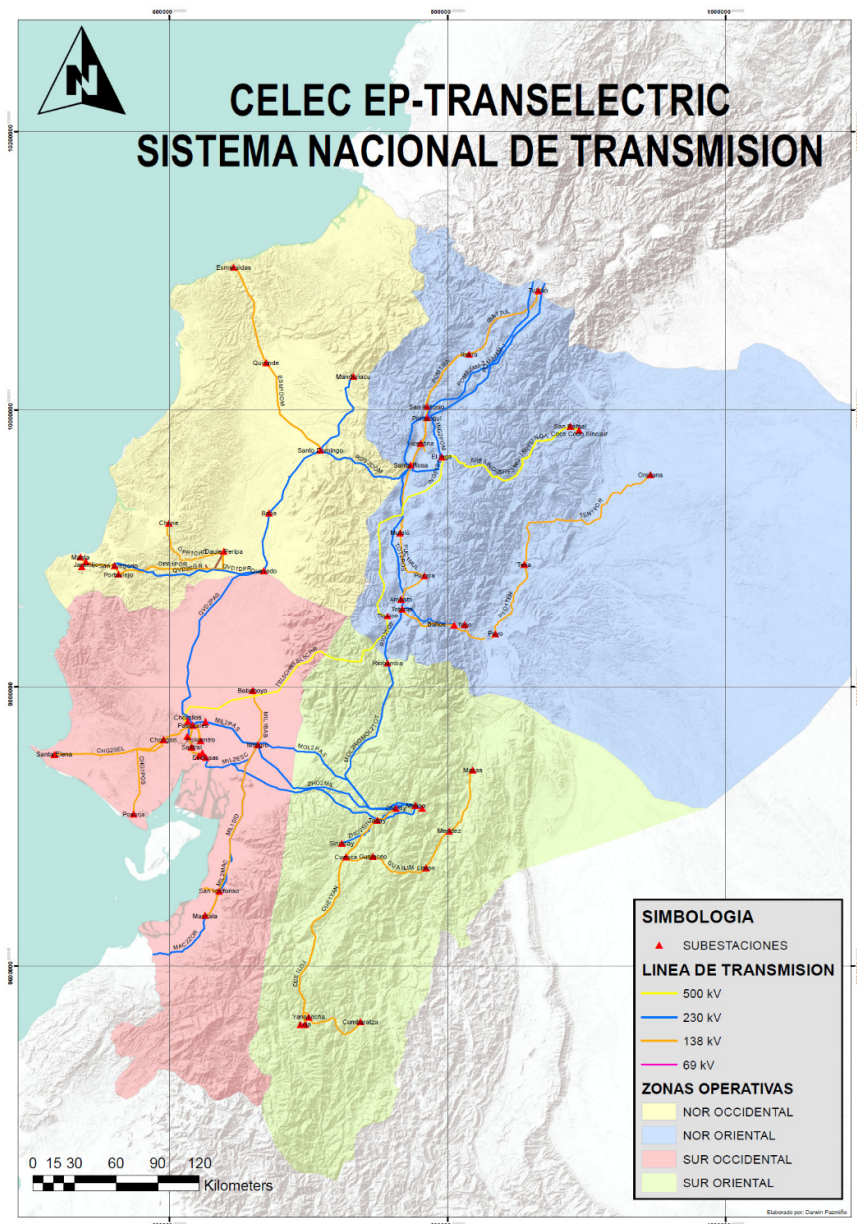


Figura 4.1 Sistema Nacional de Transmisión.
Fuente: [12]

4.1.2.1 Diagrama Unifilar SNI Nororiental.

El Sistema Nacional Interconectado en la zona nororiental se lo representa en la Figura 4.2, de los datos recuperados de Plan de Expansión [13] se observa que las subestaciones del Orellana y Tena pertenecientes CELEC EP UN Transelectric presentan voltajes entre 0,90 y 0,95 p.u. los mismos que son mejorados por la operación de la central térmica Jivino de 40MW perteneciente a CELEC EP UN Termopichincha y por la normalización de los circuitos de la línea Agoyán – Baños – Totoras los cuales funcionan a 138 kV.

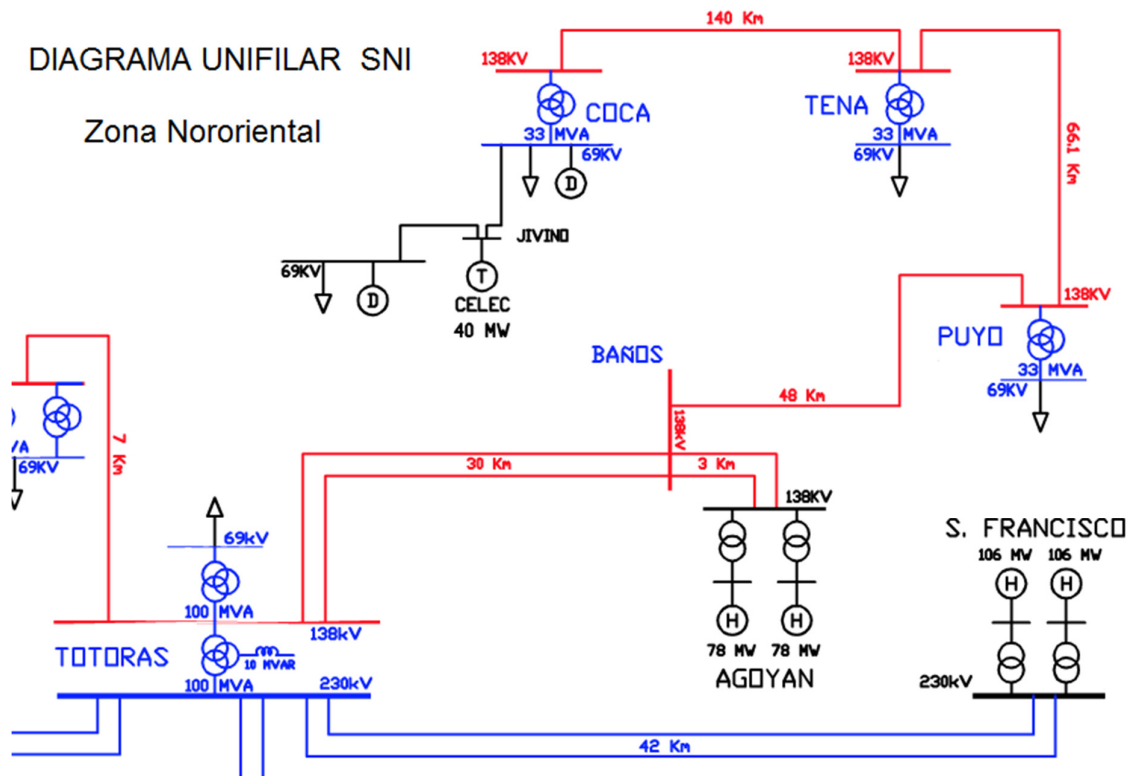


Figura 4.2 Diagrama unifilar del SNI zona nororiental.
Fuente: [14]



4.2 ALIMENTADOR COCA-LORETO.

El Alimentador Coca Loreto, pertenece a la Empresa Distribuidora CNEL EP Unidad de Negocios Sucumbíos, abastece de energía principalmente al cantón Loreto en la provincia de Orellana y sus zonas aledañas.

4.2.1 CNEL EP Unidad de Negocios Sucumbíos.

CNEL-EP es la mayor Empresa de Distribución y Comercialización de energía eléctrica del Ecuador, la misma que fue constituida en sociedad anónima como CNEL S.A. el 15 de diciembre del 2008 por varias empresas eléctricas de distribución, entre ellas la Empresa Regional Sucumbíos S.A.

Por decreto ejecutivo No. 1459 del 13 de marzo de 2013 por parte del Presidente de la República, Rafael Correa Delgado se constituye La Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP, con el fin de prestar servicios públicos de distribución y comercialización de energía eléctrica. [15].

CNEL EP Unidad de Negocios Sucumbíos, atiende a las provincias de Sucumbíos y Orellana, su área de servicio se la muestra en la Figura 4.3, su oficina matriz se encuentra en la Provincia de Sucumbíos, Cantón Lago Agrio, Parroquia Nueva Loja. Dirección: Av. 20 de Junio y Venezuela. Sus clientes llegan a superar los 97.000 abonados dentro de un área de 6637,21 km², con una demanda de 349,22 GWh registrados en año 2017. [16].



Figura 4.3 Área de servicio de CNEL EP UN Sucumbíos.
Fuente: [16]

4.2.1.1 Nodos de Interconexión al SNI

CNEL EP UN Sucumbíos cuenta con dos nodos de interconexión con el Sistema Nacional Interconectado, estos nodos proveen la potencia y energía para sus clientes.

El primer nodo está ubicado en la provincia de Orellana, en la ciudad Francisco de Orellana, se abastece de la Subestación Orellana de CELEC EP Transelectric (33,5 MVA) y se comunica con la Subestación Payamino (15/25 MVA) a través de una línea de subtransmisión de 69 kV, con una distancia de 0,5 km y sus conductores son de calibre 266,8 mcm ASCR.

El segundo nodo y el más nuevo está ubicado en la provincia de Sucumbíos en el poblado conocido como el Proyecto, se abastece de la Subestación Jivino de CELEC EP Transelectric y se comunica con la Subestación Jivino a través de una línea de subtransmisión de 69 kV.



4.2.1.2 Infraestructura Eléctrica del Sistema de Subtransmisión.

CNEL EP UN Sucumbíos cuenta con la siguiente infraestructura instalada, como se presenta en la Tabla 4.1 *Infraestructura instalada de CNEL EP UN Sucumbíos*. Tabla 4.1.

Tabla 4.1 *Infraestructura instalada de CNEL EP UN Sucumbíos.*

SUBTRANSMISIÓN	8 Subestaciones 69/13,8 kV
	189 km de líneas en 69 kV.
DISTRIBUCIÓN	32 Alimentadores primarios
	4.930,48 km de redes de distribución de media tensión
	9.127 Transformadores de distribución
	6.225 km de redes de baja tensión
COMERCIALIZACIÓN	36.454 Luminarias de alumbrado público
	96.738 medidores
	83.361 acometidas

Fuente: [16].

CNEL EP UN Sucumbíos dispone de dos niveles de voltaje, 69kV y 13,8kV para sus subestaciones las mismas que se muestran en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2 *Subestaciones de la CNEL EP UN Sucumbíos.*

SUBESTACIÓN	VOLTAJE kV	CONEXIÓN	CAPACIDAD MVA
JIVINO	69/13,8	YD5	12/16
SACHA	69/13,8	YD5	10/12,5
PAYAMINO	69/13,8	YD5	15/25
SHUSHUFINDI	69/13,8	YD5	10/12,5
TARAPOA	69/13,8	YD5	5/6,25
LAGO AGRIO	69/13,8	YD5	25/32,5
CELSO CASTELLANOS	69/13,8	YD5	10/12,5
LUMBAQUÍ	69/13,8	YD5	5/6,25

Fuente: [16].

En la Tabla 4.3 se resumen las principales líneas que intervienen en el sistema de subtransmisión.



Tabla 4.3 Líneas de Subtransmisión de CNEL EP UN Sucumbíos

Nombre Línea Transmisión	Topología	Km	Conductor	Calibre	Cable de guarda
Shushufindi - Tarapoa	Radial	41,0	ACAR	300	Acero Galvanizado
Orellana (T) - Coca	Radial	0,6	ACSR	266,8 MCM 26/7	Acero galvanizado
Orellana (T) - Sacha	Radial	29,6	ACSR	266,8 MCM 26/7	Acero galvanizado
Jivino (T) - Lago Agrio	Radial	23,0	ACSR	266,8 MCM 26/7	Acero galvanizado
Jivino - Shushufindi	Radial	15,0	ACSR	266,8 MCM 26/7	Acero galvanizado
C. Celso - Lago Agrio	Radial	5,0	ACSR	2/0 ACSR	
Celso Castellanos - Lumbaquí	Radial	51,0	ACAR	300	Acero Galvanizado
Lago - Celso Castellanos	Radial	4,5	ACAR	300	Acero Galvanizado
Jivino (T) - Jivino	Radial	8,0	ACSR	266,8 MCM 26/7	Acero Galvanizado
Sacha - Jivino CNEL	Radial	11,9	ACAR	300	Acero Galvanizado

Fuente: [16].

4.2.2 Sistema de Distribución Primario.

El sistema de distribución primario es radial y cuenta con los dos niveles de voltaje, 69 kV y 13,8 kV, consta de 32 alimentadores en su mayor parte a través de líneas aéreas de distribución, muchos de ellos de gran longitud, como es el caso del alimentador Loreto que sirve al cantón del mismo nombre en la provincia de Orellana, el cual es objeto del presente estudio.

4.2.3 Red de distribución Secundaria.

La red de distribución secundaria es radial, cuenta con circuitos trifásicos a 4 conductores con niveles de voltaje de 220/127 V, circuitos monofásicos a tres y dos conductores.

4.2.4 Subestación de Distribución Payamino.

La Subestación Payamino está ubicada en la ciudad de Francisco de Orellana, en la calle Arazá y pasaje B, sus características se las presentan en la Tabla 4.4.



Tabla 4.4 Características de la Subestación Payamino.

DESCRIPCIÓN	VALOR
ALTURA SNM	255 m
CARGA INSTALADA	25 MVA
DEMANDA MÁXIMA	2,8 MW
FACTOR DE POTENCIA	1
FACTOR DE CARGA	0,69
TRANSFORMADORES	2
CAPACIDAD INSTALADA	15/25 MVA
VOLTAJE AV	69 kV.
VOLTAJE BV	13,8 kV.
NÚMERO DE TAPS TRANSFORMADOR	4
ALIMENTADORES DE INGRESO	1
ALIMENTADORES DE SALIDA	3
DETALLE:	Alimentador Pucuna Alimentador Loreto Alimentador Coca 1

Fuente: Estadísticas del Centro de Control CNEL EP UN Sucumbíos.

La Figura 4.4 corresponde a los exteriores de la Subestación Payamino.



Figura 4.4 Exterior de la Subestación Payamino.

Fuente: Elaboración propia.



4.2.5 Datos del Transformador de la Subestación Payamino.

En la Tabla 4.5 se muestran los datos del transformador de la Subestación Payamino.

Tabla 4.5 Datos del transformador de la subestación Payamino.

DESCRIPCIÓN	VALOR
MARCA	EACHER SHENDA ELECTRIC
TIPO	SFZ11-25000/69
NÚMERO DE SERIE	CK141133-1
AÑO DE FABRICACIÓN	01, 2015
TIPO (MONTAJE)	EXTERIOR
NORMA DE FABRICACIÓN	ANSI C57.12.10
B.I.L. AT/MT	LI350AC140/LI125AC55
ALTITUD DE OPERACIÓN	1000 MSNM
POTENCIA ONAN/ONAF1/ONAF2	15/20/25 MVA
RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN	69 ± 8x1,875 % / 13,87 kV
CONEXIÓN Y DESFASAMIENTO	Dyn1
FRECUENCIA	60 Hz
NUMERO DE FASES	3
ENFRIAMIENTO	ONAN / ONAF1 / ONAF2
IMPEDANCIA	12,78 % @25 MVA
CORRIENTE EN VACÍO (Un 100%)	0,13
PÉRDIDAS EN VACÍO (Un 100%)	19,527 kW
PÉRDIDAS CON CARGA (25MVA)	114,693 kW
PESO TANQUE Y ACCESORIOS	15500 kg
PESO ACEITE	12000 kg
PESO PARTE ACTIVA	19000 kg
PESO TRANSPORTE	39500 kg
PESO TOTAL	46500 kg
TIPO DE ACEITE	I-10# NAFTÉNICO

Fuente: Datos de placa del transformador de la Subestación Payamino.

La Figura 4.5 muestra el transformador de la Subestación Payamino que abastece al alimentador Loreto.



Figura 4.5 Transformador Subestación Payamino 69/13,8 kV.
Fuente: Elaboración propia.

4.2.6 Características del Alimentador Loreto

El alimentador Loreto es uno de los tres alimentadores a los que abastece la subestación Payamino, su área de servicio corresponde inicialmente a la zona occidental de la ciudad de Francisco de Orellana y se extiende a lo largo de todo el cantón el Loreto llegando a pasar los límites de la provincias de Napo y Pastaza. La Tabla 4.6 presenta las características de la población atendida por el alimentador Loreto.

Tabla 4.6 *Características del Cantón Loreto.*

Característica	Valor
Población	21 200 (15,5% de Orellana)
Urbana	15,4%
Rural	84,6%
Mujeres	47,8%
Hombres	52,2%
Viviendas Propias	5 531 (13,5% de Orellana)
Viviendas con Servicio Eléctrico	79,5%

Fuente: [17].

El cantón Loreto, principal carga del alimentador Coca-Loreto, consta de 6 cantones y estos son:

- San José de Payamino
- Puerto Murialdo
- Loreto
- Ávila Huiruno
- San Vicente de Huaticocha
- San José de Dahuano.

La ubicación del cantón Loreto y sus parroquias dentro de la provincia de Orellana se muestra en la Figura 4.6.

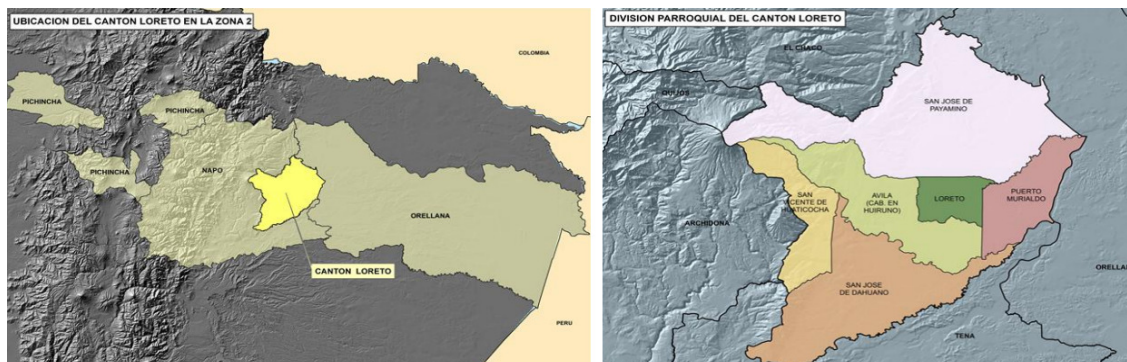


Figura 4.6 Ubicación del cantón Loreto y sus parroquias.

Fuente: Inec, Senplades, IGM, 2007.

Por las características de vivienda del cantón se aprecia que el perfil de carga del alimentador corresponde a un perfil “Residencial” y su principal carga urbana corresponde a la ciudad de Loreto en la zona intermedia del alimentador.

El alimentador Loreto y las parroquias a quienes brinda el servicio eléctrico se encuentran en la Figura 4.7.



Vista

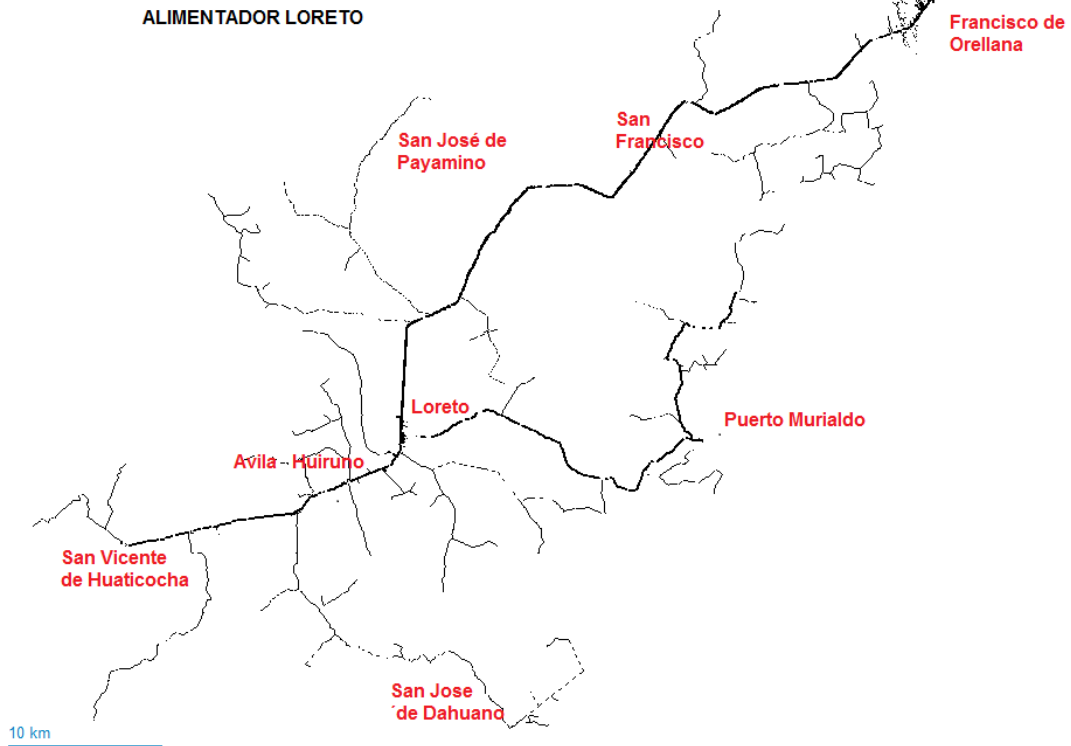


Figura 4.7 Parroquias atendidas por el alimentador Loreto
Fuente: Elaboración propia.

4.2.7 Cabecera del alimentador Loreto

En la Figura 4.8 se muestra la cabecera o “salida 2” correspondiente al alimentador Loreto en las celdas de control de la subestación Payamino. En esta figura se aprecia que el nivel de voltaje se encuentra en los 13,75 kV, su potencia es de 1,8 MW y su corriente en 80 A.



Figura 4.8 Tablero de control del alimentador Loreto.
Fuente: Elaboración propia.

4.2.8 Registro Fotográfico del Alimentador.

La Figura 4.9 muestra la principal carga del alimentador, la cual se concentra en la ciudad de Loreto, capital del cantón del mismo nombre.



Figura 4.9 Ciudad de Loreto.
Fuente: Elaboración propia.

La Figura 4.10 muestra la carga del alimentador en puntos periféricos rurales.



Figura 4.10 Zonas periféricas del alimentador.
Fuente: Elaboración propia.



CAPÍTULO 5

EQUIPO Y SOFTWARE UTILIZADO

5.1 ANALIZADOR DE ENERGÍA POWERLOGIC

Schneider Electric, fabricante especializado de diferentes tipos de productos relacionados al sector eléctrico ofrece dentro de la Familia ION los analizadores de Energía PowerLogic, los mismos que cumplen diferentes estándares internacionales para el sector industrial de generación de energía. Permiten obtener información del estado de una red eléctrica con un alto nivel de precisión, la misma que puede ser integrada en programas de gestión y control de manera rápida y confiable.

5.1.1 CARACTERÍSTICAS

5.1.1.1 Medidor ION 8650.

El analizador de energía PowerLogic en la serie ION 8650 se lo utiliza para obtener información de centrales de generación de energía, tienen gran precisión en las mediciones y permiten recuperar la información por diferentes vías de comunicación. La Figura 5.1 corresponde al medidor ION PowerLogic utilizado para las mediciones.



Figura 5.1 Medidor ION PowerLogic 8650.
Fuente: [18] Elaboración propia.



5.1.1.2 Características Técnicas.

Los Medidores ION Serie “B” tienen las siguientes características técnicas.

- **Marca:** Schneider Electric.
- **Modelo:** 8600.
- **Serie:**B, con 4MB de memoria, 20 grabadoras (320 canales), MODBUS mastering, puerto serial adicional.
- **Factor de forma:** Forma 9S base – 57-277 V (auto rango) 3 elementos, 4 hilos.
- **Entradas de Corriente:** 5 Amp nominales, entrada de corriente de 10 Amp escala completa (captura de falla de 50 Amp, comenzando por 0,005 Amp)
- **Alimentación:** Fuente externa 65-120VDC, 80-160VAC.
- **Frecuencia:** 60 Hz.
- **Comunicación:** Ethernet (10BaseT), RS-232/485, Óptico Infrarrojo, Puerto RS-485.
- **Entradas y Salidas:** 3 salidas digitales.
- **Seguridad:** Con clave, sin seguro de protección.
- **Precisión:** Clase 0,2 S, para redes eléctricas en media y alta tensión. (IEC 62053-22/23 clase 0,2 S y ANSI Clase 0,2)

5.1.1.3 Estándares de Calidad.

El medidor ION cumple con los estándares para la medición de calidad de energía:

- **EN50160**, Estándar que define las características de los voltajes en sistemas de distribución pública. [19]



- **IEC 61000-4-30** Clase S, el cual define los procedimientos de medida de cada uno de los parámetros eléctricos en base a los cuales se determina la calidad del suministro eléctrico. [20]

5.1.1.4 Capacidad de Medición.

El medidor ION 8650 tiene la capacidad de registrar y medir diversas variables eléctricas, entre las principales está:

- **Energía:** kWh, kVARh, kVAh de la red, tanto entregados como recibidos, Volt-hora y Amperios-hora.
- **Demanda:** kW, kVAR, kVA, amperios y voltios demandados tanto mínimos/máximos.
- **Instantáneos:** voltaje, corriente, potencia activa, reactiva, factor de potencia, frecuencia.
- **Armónicos:** armónicos individuales, distorsión armónica total (THD), TEHD, TOHD, K-factor, factor cresta.

5.1.2 Diagrama de Conexión del Equipo.

El medidor puede ser instalado dentro como fuera de un gabinete metálico. En el manual del fabricante se dispone de las especificaciones del gabinete a utilizar. El diagrama de conexiones utilizado se muestra en la Figura 5.2.

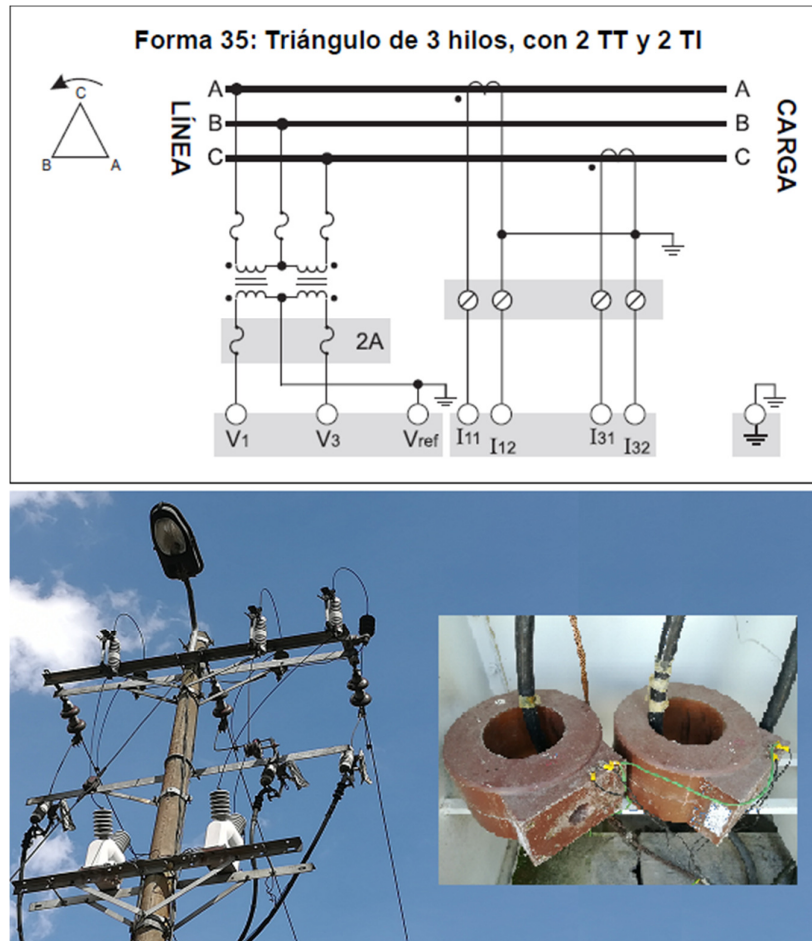


Figura 5.2 Diagrama de conexiones y sus elementos.
Fuente: [18] y Elaboración propia.

5.2 CYME - CYMDIST SOFTWARE DE ANÁLISIS DE SISTEMAS DE POTENCIA

Cyme Internacional T&D es un proveedor de soluciones de ingeniería para sistemas eléctricos de potencia, ofrece diferentes soluciones y herramientas avanzadas orientadas al análisis de redes de transmisión y distribución de energía eléctrica. [21]. CNEL EP UN Sucumbíos utiliza el software Cyme - Cymdist para el análisis, desarrollo y control de sus redes de distribución.

5.2.1 CARACTERÍSTICAS CYME - CYMDIST.

Cymdist es un programa informático que sirve como base para el análisis de sistemas de distribución del software CYME, contiene herramientas de modelado y análisis, que permiten realizar simulaciones de sistemas eléctricos balanceados o desbalanceados. [21].

En la Figura 5.3 se muestra la interfaz gráfica del programa Cyme –Cymdist, el cual es utilizado para realizar los cálculos de los flujos de potencia necesarios para el análisis del presente trabajo.

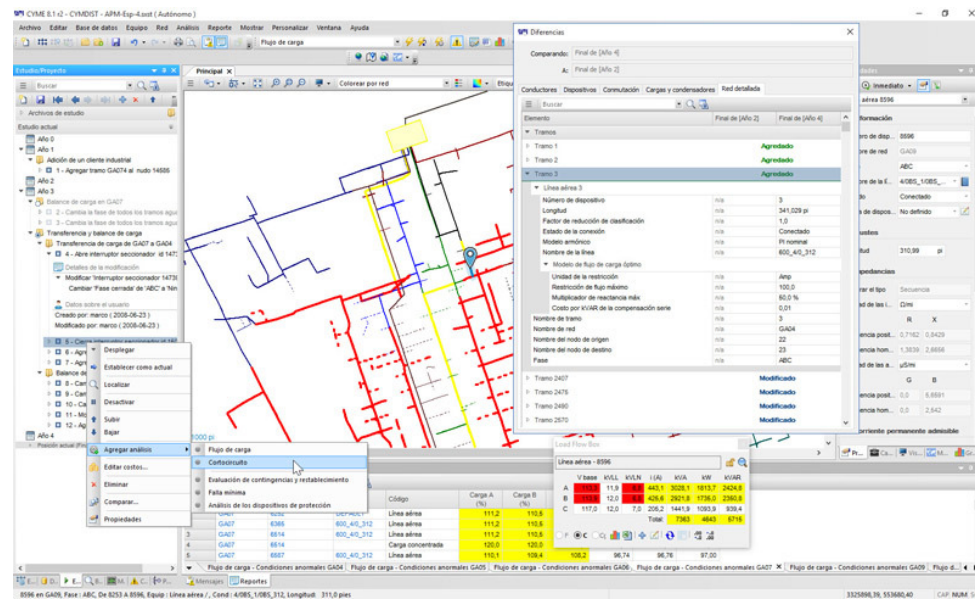


Figura 5.3 Interfaz del software Cyme – Cymdist.
Fuente: [21] Recuperado de: <http://www.cyme.com/es/software/cymdist/>

El programa Cymdist permite realizar los siguientes análisis.

- Flujo de carga desbalanceado
- Distribución y estimación de cargas.
- Análisis de fallas



- Flujo de falla – cortocircuito.
- Localizador de fallas
- Falla serie y falla simultánea.
- Caídas de tensión.

- Balance de carga
- Dimensionamiento y ubicación óptima del condensador.
- Arranque de motor
- Análisis por lotes.

Adicionalmente, si se incorpora otros módulos avanzados que son complementarios, el software tiene la capacidad de:

- Modelado detallado de subestaciones.
- Redes de distribución de baja tensión.
- Análisis de redes secundarias malladas.
- Análisis predictivo automático de redes.
- Análisis técnico económico.
- Evaluación de impacto de interconexión de sistemas de generación.
- Estimar el estado de redes de distribución.
- Evaluación de contingencias y restablecimiento.



CAPÍTULO 6

ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA SUBESTACIÓN PAYAMINO

Los datos utilizados para el análisis corresponden a los registros de operación diaria de la subestación Payamino en el período de estudio comprendido entre el 22 de enero y el 01 de febrero de 2018.

6.1.1 Análisis de variación de voltaje

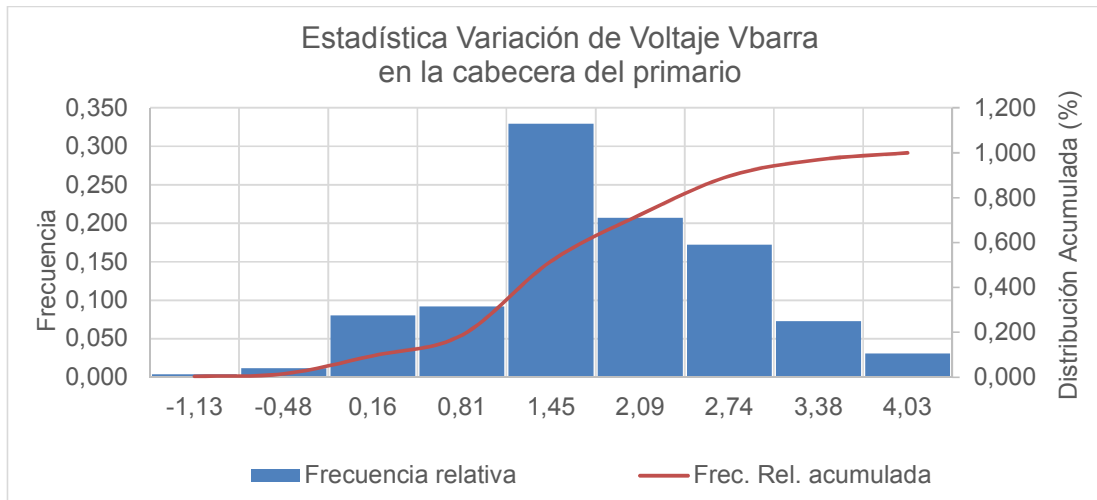
En la Tabla 6.1 se muestran las variaciones de voltaje en la barra de distribución de la Subestación Payamino.

Tabla 6.1 Datos del histograma y distribución acumulada de las variaciones de voltaje en barra del primario.

Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Marca de clase	Frecuencia absoluta	Frec. Abs. acumulada	Frecuencia relativa	Frec. Rel. acumulada
1	-1,45	-0,81	-1,13	1	1	0,004	0,004
2	-0,81	-0,16	-0,48	3	4	0,011	0,015
3	-0,16	0,48	0,16	21	25	0,080	0,096
4	0,48	1,13	0,81	24	49	0,092	0,188
5	1,13	1,77	1,45	86	135	0,330	0,517
6	1,77	2,42	2,09	54	189	0,207	0,724
7	2,42	3,06	2,74	45	234	0,172	0,897
8	3,06	3,70	3,38	19	253	0,073	0,969
9	3,70	4,35	4,03	8	261	0,031	1,000

Fuente: Datos de operación de la Subestación Payamino.

De las mediciones obtenidas, todas cumplen con la Regulación No.- CONELEC-004/01, es decir están por dentro del 10% aceptable de variación. La Gráfica 6.1 presenta la frecuencia relativa y la distribución acumulada de las variaciones de voltaje en la barra del primario con respecto al valor nominal.



Gráfica 6.1 Estadística de la variación de voltaje de barra en la cabecera del primario.
Fuente: Elaboración propia.

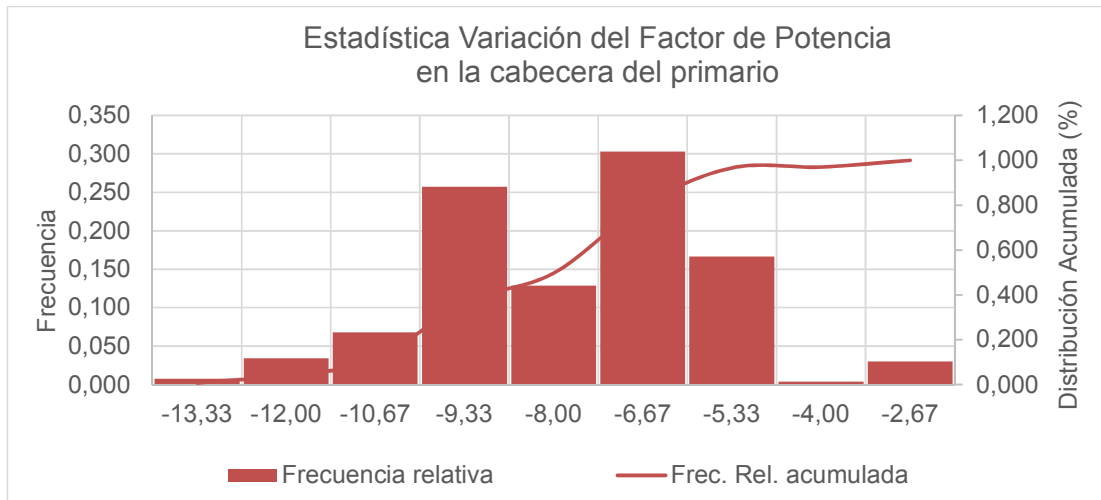
6.1.2 Análisis de variación de factor de potencia

En la Tabla 6.2 se muestran las variaciones del factor de potencia en la barra de distribución de la Subestación Payamino.

Tabla 6.2 Datos del histograma y distribución acumulada de las variaciones del factor de potencia en barra del primario.

Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Marca de clase	Frecuencia absoluta	Frec. Abs. acumulada	Frecuencia relativa	Frec. Rel. acumulada
1	-14,00	-12,67	-13,33	2	2	0,008	0,008
2	-12,67	-11,33	-12,00	9	11	0,034	0,042
3	-11,33	-10,00	-10,67	18	29	0,068	0,110
4	-10,00	-8,67	-9,33	68	97	0,258	0,367
5	-8,67	-7,33	-8,00	34	131	0,129	0,496
6	-7,33	-6,00	-6,67	80	211	0,303	0,799
7	-6,00	-4,67	-5,33	44	255	0,167	0,966
8	-4,67	-3,33	-4,00	1	256	0,004	0,970
9	-3,33	-2,00	-2,67	8	264	0,030	1,000

Fuente: Datos de operación de la Subestación Payamino.



Gráfica 6.2 Estadística de la variación del factor de potencia en barra de la cabecera del primario.
Fuente: Elaboración propia

De la Gráfica 6.2, se observa que el 63,26% de las mediciones del factor de potencia están dentro del valor aceptable de 0,92 como lo establece la Regulación No.- CONELEC-004/01.

6.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA CENTRAL LORETO

Los datos analizados corresponden a las mediciones en la central térmica Loreto en un período de 7 días continuos como lo sugiere la Regulación No.- CONELEC-004/01, los mismos que clasificaron en dos grupos; el primero corresponde a los datos del alimentador sin el aporte de generación eléctrica de la central térmica, el segundo grupo corresponde a los datos del alimentador con el aporte de generación eléctrica de la central térmica.

6.2.1 Período de Generación de la Central Térmica Loreto

La central térmica Loreto está registrada dentro del “Despacho Económico Diario Programado” emitido por la Gerencia Nacional de Planeamiento Operativo. En el Gonzalo Vinicio Guamán Tulcanaza



despacho económico se determina las horas del día en las cuales la central térmica debe estar en servicio para la compensación del voltaje del alimentador.

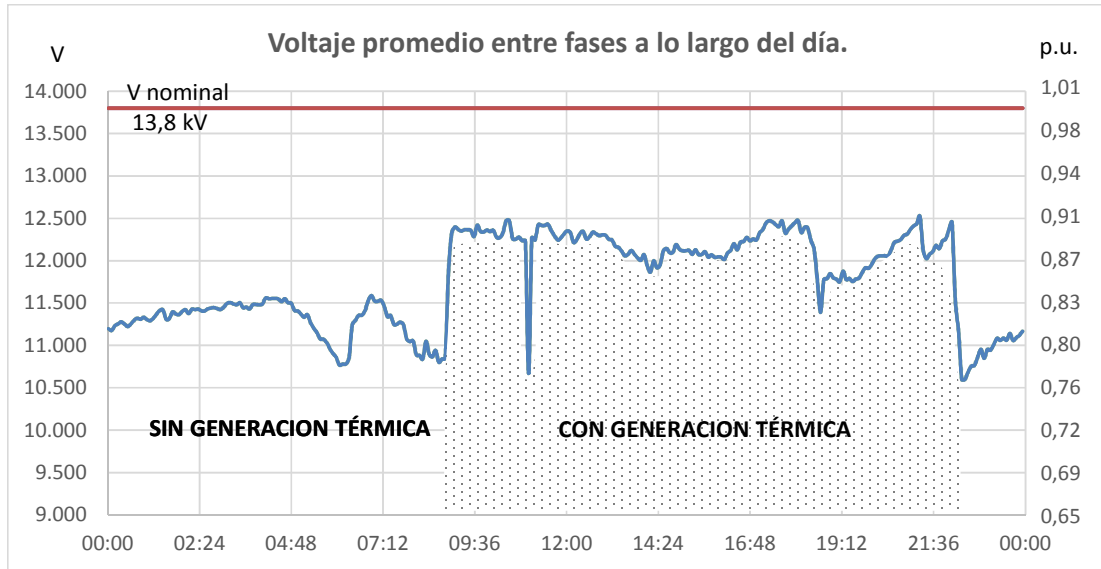


Figura 6.1 Período de generación de la central térmica Loreto.
Fuente: Datos de Operación de la central térmica Loreto

En la Figura 6.1 se representa el voltaje promedio de las fases registrado en la central térmica, el despacho económico dependerá de los requerimientos solicitados por la empresa distribuidora o requerimientos especiales dentro de la red eléctrica considerados por la Gerencia Nacional de Planificación.

El período de operación considerado para la central dentro del plan de despacho diario es de 14 horas diarias comprendidas entre las 08:00 hasta las 22:00, con un promedio de generación de 500 kWh.

6.2.2 Análisis de variación de voltaje

La Regulación No.- CONELEC-004/01 establece un límite de $\pm 10\%$ como variación aceptable del voltaje. En las siguientes tablas y figuras se muestran las variaciones encontradas en cada una de las líneas del alimentador en el punto de medición de la Central Loreto.



6.2.2.1 Línea “a” – sin generación.

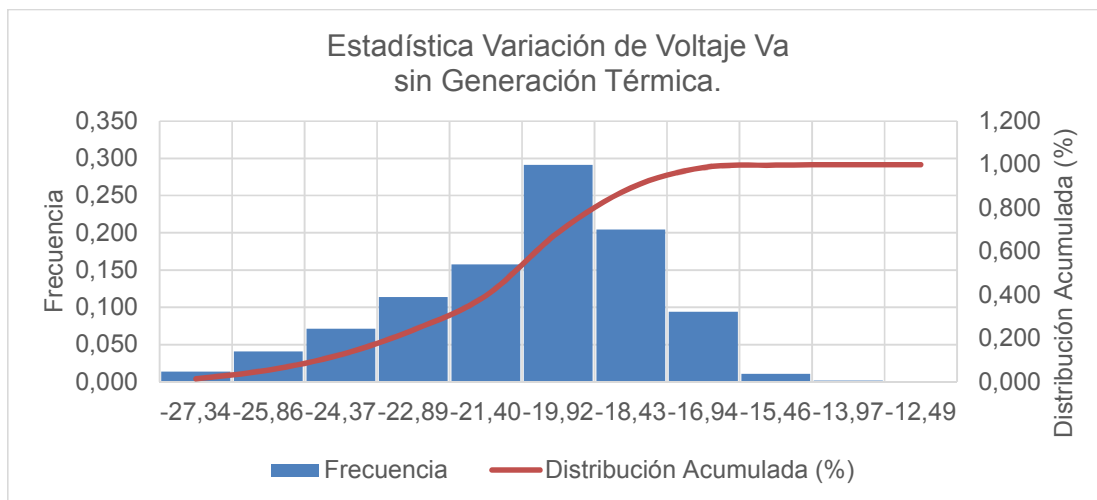
La Tabla 6.3 presenta las variaciones de voltaje de la línea “a” sin generación térmica.

Tabla 6.3 Datos del histograma y distribución acumulada. Línea “a” sin generación.

Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Marca de clase	Frecuencia absoluta	Frec. Abs. acumulada	Frecuencia relativa	Frec. Rel. acumulada
1	-28,08	-26,60	-27,34	15	15	0,014	0,014
2	-26,60	-25,11	-25,86	45	60	0,041	0,054
3	-25,11	-23,63	-24,37	79	139	0,071	0,125
4	-23,63	-22,14	-22,89	126	265	0,114	0,239
5	-22,14	-20,66	-21,40	175	440	0,158	0,397
6	-20,66	-19,17	-19,92	323	763	0,291	0,688
7	-19,17	-17,69	-18,43	227	990	0,205	0,893
8	-17,69	-16,20	-16,94	104	1094	0,094	0,986
9	-16,20	-14,72	-15,46	12	1106	0,011	0,997
10	-14,72	-13,23	-13,97	2	1108	0,002	0,999
11	-13,23	-11,75	-12,49	1	1109	0,001	1,000

Fuente: Mediciones de tomadas en la central térmica.

La Gráfica 6.3 presenta los porcentajes correspondientes a las variaciones de voltaje de la línea “a” del alimentador sin el aporte de la central de generación térmica.



Gráfica 6.3 Estadística de la variación de voltaje línea “a” sin generación térmica

Fuente: Elaboración propia



En las mediciones obtenidas, ninguna de ellas cumple con la Regulación No.- CONELEC-004/01, es decir están por debajo del -10% aceptable de variación.

6.2.2.2 Línea “a” – con generación.

La presenta las variaciones de voltaje de la línea “a” con generación térmica.

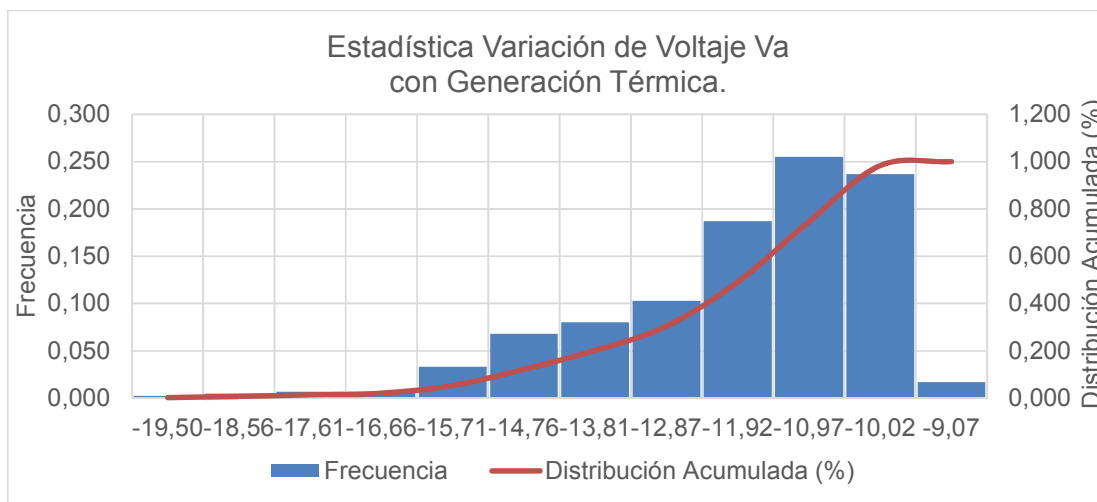
Tabla 6.4 presenta las variaciones de voltaje de la línea “a” con generación térmica.

Tabla 6.4 *Datos del histograma y distribución acumulada. Línea “a” con generación.*

Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Marca de clase	Frecuencia absoluta	Frec. Abs. acumulada	Frecuencia relativa	Frec. Rel. acumulada
1	-19,98	-19,03	-19,50	4	4	0,003	0,003
2	-19,03	-18,08	-18,56	7	11	0,005	0,007
3	-18,08	-17,13	-17,61	10	21	0,007	0,014
4	-17,13	-16,19	-16,66	10	31	0,007	0,021
5	-16,19	-15,24	-15,71	49	80	0,033	0,054
6	-15,24	-14,29	-14,76	101	181	0,068	0,122
7	-14,29	-13,34	-13,81	119	300	0,080	0,202
8	-13,34	-12,39	-12,87	153	453	0,103	0,305
9	-12,39	-11,44	-11,92	278	731	0,187	0,492
10	-11,44	-10,50	-10,97	379	1110	0,255	0,746
11	-10,50	-9,55	-10,02	352	1462	0,237	0,983
12	-9,55	-8,60	-9,07	25	1487	0,017	1,000

Fuente: Mediciones de tomadas en la central térmica.

La Gráfica 6.4 presenta los porcentajes correspondientes a las variaciones de voltaje de la línea “a” del alimentador cuando se tiene el aporte de la central de generación térmica.



Gráfica 6.4 Estadística de la variación de voltaje línea “a” con generación térmica.
Fuente: Elaboración propia

De las mediciones obtenidas, el 12,64% de ellas están dentro de los parámetros de aceptación, por lo que no cumple con la Regulación No.- CONELEC-004/01.

6.2.2.3 Línea “b” – sin generación.

La Tabla 6.5 presenta las variaciones de voltaje de la línea “b” sin generación térmica.

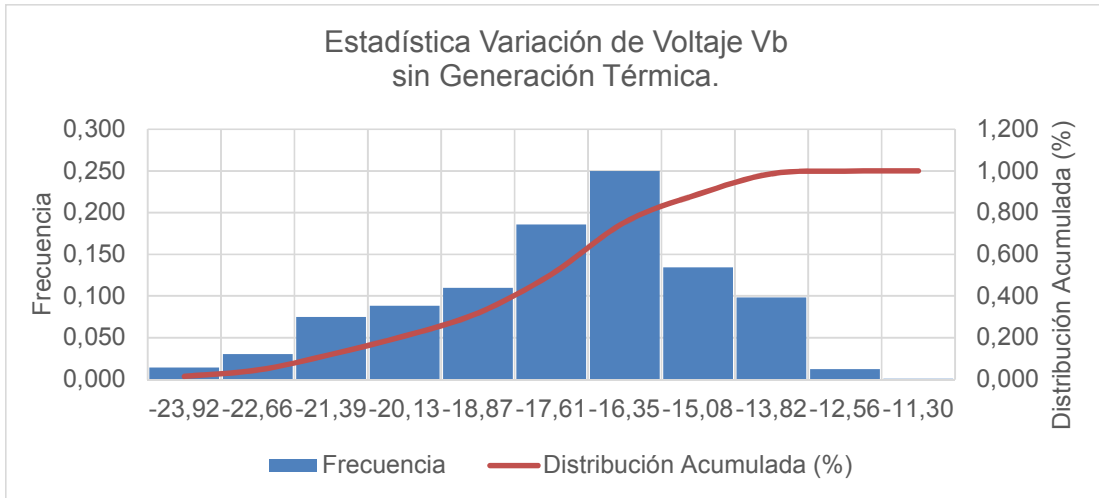
Tabla 6.5 Datos del histograma y distribución acumulada. Línea “b” sin generación.

Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Marca de clase	Frecuencia absoluta	Frec. Abs. acumulada	Frecuencia relativa	Frec. Rel. acumulada
1	-24,55	-23,29	-23,92	16	16	0,014	0,014
2	-23,29	-22,03	-22,66	34	50	0,031	0,045
3	-22,03	-20,76	-21,39	83	133	0,075	0,120
4	-20,76	-19,50	-20,13	98	231	0,088	0,208
5	-19,50	-18,24	-18,87	122	353	0,110	0,318
6	-18,24	-16,98	-17,61	206	559	0,186	0,504
7	-16,98	-15,71	-16,35	277	836	0,250	0,754
8	-15,71	-14,45	-15,08	149	985	0,134	0,888
9	-14,45	-13,19	-13,82	109	1094	0,098	0,986
10	-13,19	-11,93	-12,56	14	1108	0,013	0,999
11	-11,93	-10,66	-11,30	1	1109	0,001	1,000

Fuente: Mediciones de tomadas en la central térmica.



La Gráfica 6.5 presenta los porcentajes correspondientes a las variaciones de voltaje de la línea “b” del alimentador sin el aporte de la central de generación térmica.



Gráfica 6.5 Estadística de la variación de voltaje línea “b” sin generación térmica
Fuente: Elaboración propia

En las mediciones obtenidas, ninguna de ellas cumple con la Regulación No.- CONELEC-004/01, es decir están por debajo del -10% aceptable de variación.



6.2.2.4 Línea “b” – con generación.

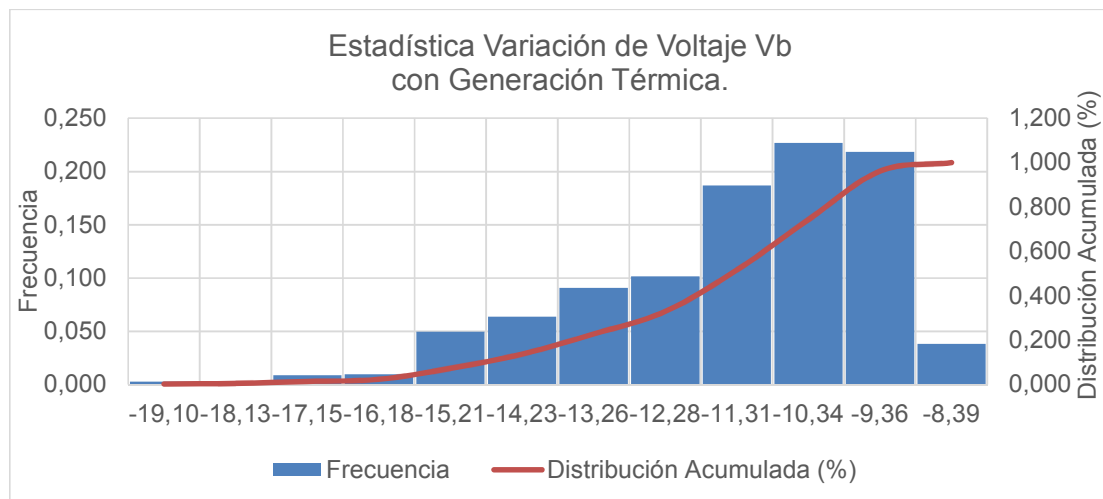
La Tabla 6.6 presenta las variaciones de voltaje de la línea “b” con generación térmica.

Tabla 6.6 Datos del histograma y distribución acumulada. Línea “b” con generación.

Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Marca de clase	Frecuencia absoluta	Frec. Abs. acumulada	Frecuencia relativa	Frec. Rel. acumulada
1	-19,59	-18,61	-19,10	4	4	0,003	0,003
2	-18,61	-17,64	-18,13	4	8	0,003	0,005
3	-17,64	-16,67	-17,15	13	21	0,009	0,014
4	-16,67	-15,69	-16,18	14	35	0,009	0,024
5	-15,69	-14,72	-15,21	74	109	0,050	0,073
6	-14,72	-13,75	-14,23	95	204	0,064	0,137
7	-13,75	-12,77	-13,26	135	339	0,091	0,228
8	-12,77	-11,80	-12,28	151	490	0,102	0,330
9	-11,80	-10,82	-11,31	278	768	0,187	0,516
10	-10,82	-9,85	-10,34	337	1105	0,227	0,743
11	-9,85	-8,88	-9,36	325	1430	0,219	0,962
12	-8,88	-7,90	-8,39	57	1487	0,038	1,000

Fuente: Mediciones de tomadas en la central térmica.

La Gráfica 6.4 presenta los porcentajes correspondientes a las variaciones de voltaje de la línea “b” del alimentador cuando se tiene el aporte de la central de generación térmica.



Gráfica 6.6 Estadística de la variación de voltaje línea “b” con generación térmica.

Fuente: Elaboración propia



De las mediciones obtenidas, el 28,65% de ellas están dentro de los parámetros de aceptación, por lo que no cumple con la Regulación No.- CONELEC-004/01.

6.2.2.5 Línea “c” – sin generación.

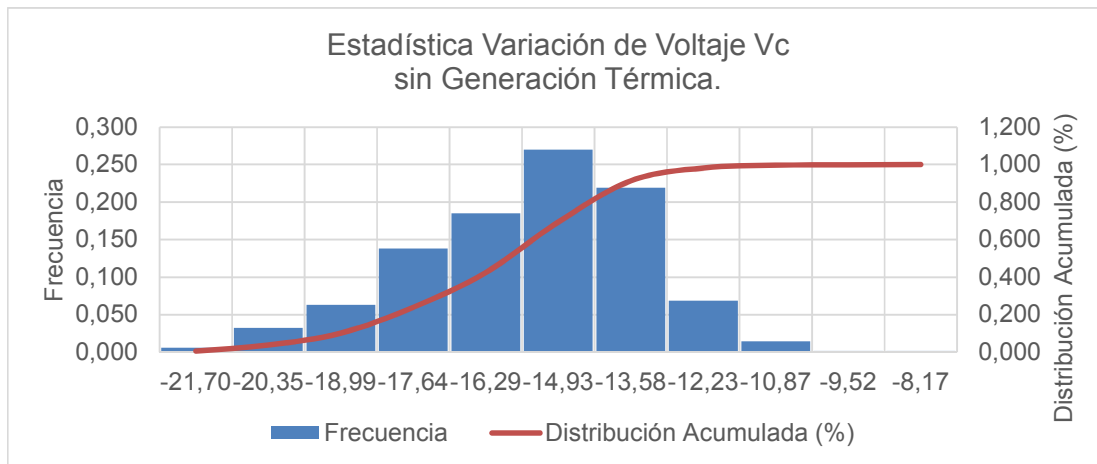
La Tabla 6.7 presenta las variaciones de voltaje de la línea “c” sin generación térmica.

Tabla 6.7 Datos del histograma y distribución acumulada. Línea “c” sin generación.

Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Marca de clase	Frecuencia absoluta	Frec. Abs. acumulada	Frecuencia relativa	Frec. Rel. acumulada
1	6184,51	6292,34	6238	7	7	0,01	0,006
2	6292,34	6400,18	6346	36	43	0,03	0,039
3	6400,18	6508,02	6454	70	113	0,06	0,102
4	6508,02	6615,86	6562	153	266	0,14	0,240
5	6615,86	6723,69	6670	205	471	0,18	0,425
6	6723,69	6831,53	6778	299	770	0,27	0,694
7	6831,53	6939,37	6885	243	1013	0,22	0,913
8	6939,37	7047,21	6993	76	1089	0,07	0,982
9	7047,21	7155,04	7101	16	1105	0,01	0,996
10	7155,04	7262,88	7209	2	1107	0,00	0,998
11	7262,88	7370,72	7317	2	1109	0,00	1,000

Fuente: Mediciones de tomadas en la central térmica.

La Gráfica 6.7 presenta los porcentajes correspondientes a las variaciones de voltaje de la línea “c” del alimentador sin el aporte de la central de generación térmica.



Gráfica 6.7 Estadística de la variación de voltaje línea “c” sin generación térmica

Fuente: Elaboración propia



De las mediciones obtenidas, el 0,36% de ellas están dentro de los parámetros de aceptación, por lo que no cumple con la Regulación No.- CONELEC-004/01.

6.2.2.6 Línea “c” – con generación.

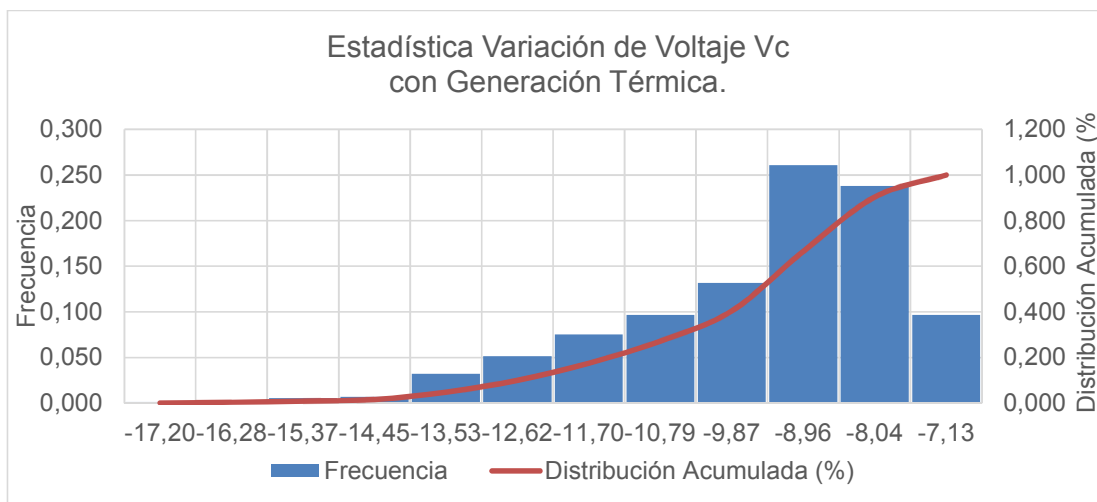
La Tabla 6.8 presenta las variaciones de voltaje de la línea “c” con generación térmica.

Tabla 6.8 Datos del histograma y distribución acumulada. Línea “c” con generación.

Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Marca de clase	Frecuencia absoluta	Frec. Abs. acumulada	Frecuencia relativa	Frec. Rel. acumulada
1	-17,65	-16,74	-17,20	2	2	0,001	0,001
2	-16,74	-15,82	-16,28	4	6	0,003	0,004
3	-15,82	-14,91	-15,37	8	14	0,005	0,009
4	-14,91	-13,99	-14,45	10	24	0,007	0,016
5	-13,99	-13,08	-13,53	48	72	0,032	0,048
6	-13,08	-12,16	-12,62	77	149	0,052	0,100
7	-12,16	-11,25	-11,70	112	261	0,075	0,176
8	-11,25	-10,33	-10,79	144	405	0,097	0,272
9	-10,33	-9,41	-9,87	196	601	0,132	0,404
10	-9,41	-8,50	-8,96	388	989	0,261	0,665
11	-8,50	-7,58	-8,04	354	1343	0,238	0,903
12	-7,58	-6,67	-7,13	144	1487	0,097	1,000

Fuente: Mediciones de tomadas en la central térmica.

La Gráfica 6.8 presenta los porcentajes correspondientes a las variaciones de voltaje de la línea “c” del alimentador cuando se tiene el apoyo de la central de generación térmica.



Gráfica 6.8 Estadística de la variación de voltaje línea “c” con generación térmica

Fuente: Elaboración propia

De las mediciones obtenidas, el 68,73% de ellas están dentro de los parámetros de aceptación, por lo que no cumple con la Regulación No.- CONELEC-004/01.

En la Figura 6.2 se muestran los valores de voltaje y corriente registrados por el equipo de medición, donde se verifica que los valores de voltaje no alcanzan al valor nominal.

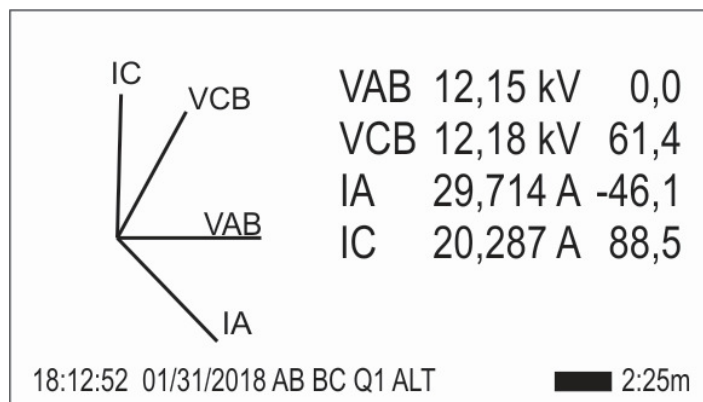


Figura 6.2 Captura de diagrama fasorial de voltajes y corrientes.

Fuente: Elaboración propia



6.2.3 Análisis de variación de factor de potencia

La Regulación No.- CONELEC-004/01 establece un límite para el factor de potencia de 0,92, es decir permite un $\pm 8\%$ como variación aceptable del factor de potencia. En las siguientes figuras se muestran las variaciones del factor de potencia registradas en el alimentador en el punto de medición de la central térmica.

6.2.3.1 Análisis de variación de factor de potencia sin generación térmica

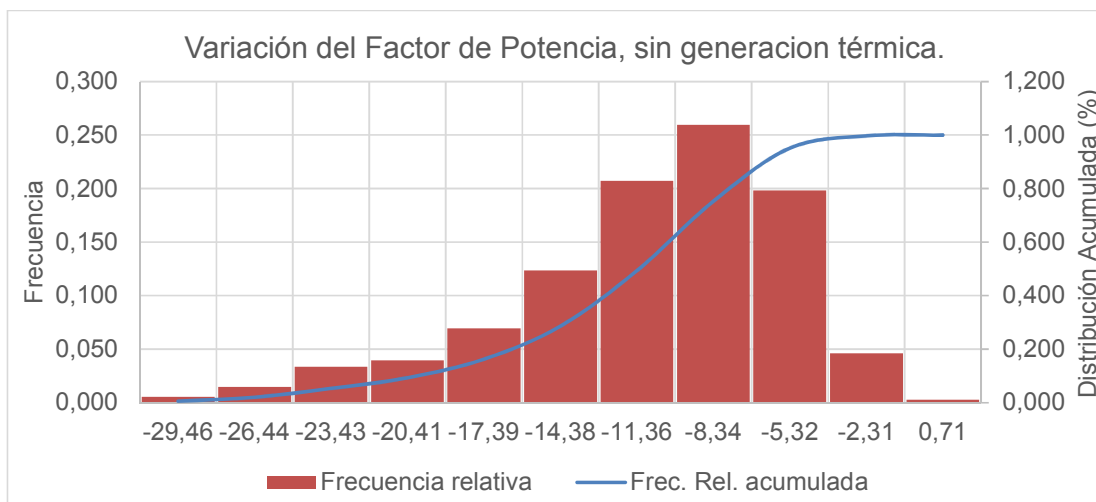
La Tabla 6.9 presenta las variaciones del factor de potencia sin generación térmica.

Tabla 6.9 Datos del histograma y distribución acumulada del Factor de Potencia sin generación térmica.

Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Marca de clase	Frecuencia absoluta	Frec. Abs. acumulada	Frecuencia relativa	Frec. Rel. acumulada
1	-30,97	-27,95	-29,46	6	6	0,005	0,005
2	-27,95	-24,94	-26,44	16	22	0,014	0,020
3	-24,94	-21,92	-23,43	37	59	0,033	0,053
4	-21,92	-18,90	-20,41	44	103	0,040	0,093
5	-18,90	-15,88	-17,39	77	180	0,069	0,162
6	-15,88	-12,87	-14,38	137	317	0,124	0,286
7	-12,87	-9,85	-11,36	230	547	0,207	0,493
8	-9,85	-6,83	-8,34	288	835	0,260	0,753
9	-6,83	-3,81	-5,32	220	1055	0,198	0,951
10	-3,81	-0,80	-2,31	51	1106	0,046	0,997
11	-0,80	2,22	0,71	3	1109	0,003	1,000

Fuente: Mediciones de tomadas en la central térmica.

La Gráfica 6.9 presenta los porcentajes correspondientes a las variaciones en el factor de potencia del alimentador cuando no se tiene el apoyo de la central de generación térmica.



Gráfica 6.9 Estadística de la variación del factor de potencia sin generación térmica.

Fuente: Elaboración propia

De las mediciones obtenidas, el 35,08% de ellas están dentro de los parámetros de aceptación, por lo que no cumple con la Regulación No.- CONELEC-004/01.

6.2.3.2 Análisis de variación de factor de potencia con generación térmica

La Tabla 6.10 presenta las variaciones del factor de potencia con generación térmica.

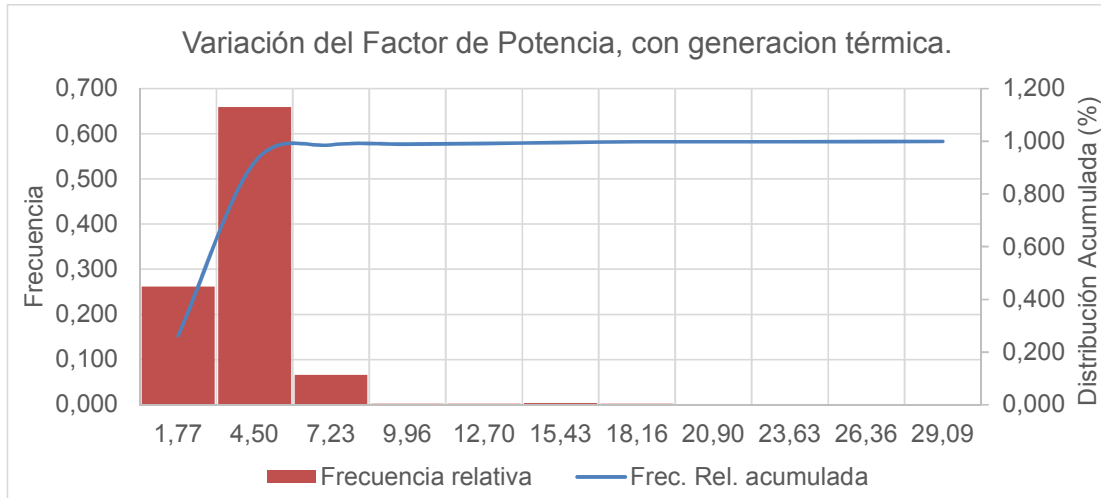
Tabla 6.10 Datos del histograma y distribución acumulada del Factor de Potencia con generación térmica.

Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Marca de clase	Frecuencia absoluta	Frec. Abs. acumulada	Frecuencia relativa	Frec. Rel. acumulada
1	0,40	3,13	1,77	290	290	0,261	0,261
2	3,13	5,87	4,50	731	1021	0,659	0,921
3	5,87	8,60	7,23	73	1094	0,066	0,986
4	8,60	11,33	9,96	3	1097	0,003	0,989
5	11,33	14,06	12,70	3	1100	0,003	0,992
6	14,06	16,80	15,43	4	1104	0,004	0,995
7	16,80	19,53	18,16	3	1107	0,003	0,998
8	19,53	22,26	20,90	0	1107	0,000	0,998
9	22,26	24,99	23,63	0	1107	0,000	0,998
10	24,99	27,73	26,36	1	1108	0,001	0,999
11	27,73	30,46	29,09	1	1109	0,001	1,000

Fuente: Mediciones de tomadas en la central térmica.



La Gráfica 6.10 presenta los porcentajes correspondientes a las variaciones en el factor de potencia del alimentador cuando se tiene el aporte de la central de generación térmica.



Gráfica 6.10 Estadística de la variación del factor de potencia con generación térmica
Fuente: Elaboración propia

De las mediciones obtenidas, el 98,38% de ellas están dentro de los parámetros de aceptación, por lo que si cumple con la Regulación No.- CONELEC-004/01.

En la Figura 6.3 corresponde a una toma de datos del medidor, con la que se confirma que el factor de potencia está dentro del rango aceptable, adicionalmente se muestra la potencia entregada en ese instante por la central de generación al sistema.



kW total	465,14
kVAR total	142,45
kVA total	486,46
PF sign total	95,62 LG
18:12:52 01/31/2018 AB BC Q1 ALT 2:09m	

Figura 6.3. Captura de pantalla de datos, kW, kVAR, kVA, FP.
Fuente: Elaboración propia.

6.2.4 Análisis de variaciones armónicas

La Regulación No.- CONELEC-004/01 establece un valor de 8% como límite aceptable para la distorsión armónica total de voltaje para sistemas menores a los 40 kV. En las tablas y figuras siguientes se presentan las THDV encontradas por cada línea del alimentador en el punto de medición.

6.2.4.1 Análisis de distorsión armónica total de Voltaje en la línea “a”.

La Tabla 6.11 presenta las variaciones de THDV de la línea “a”.

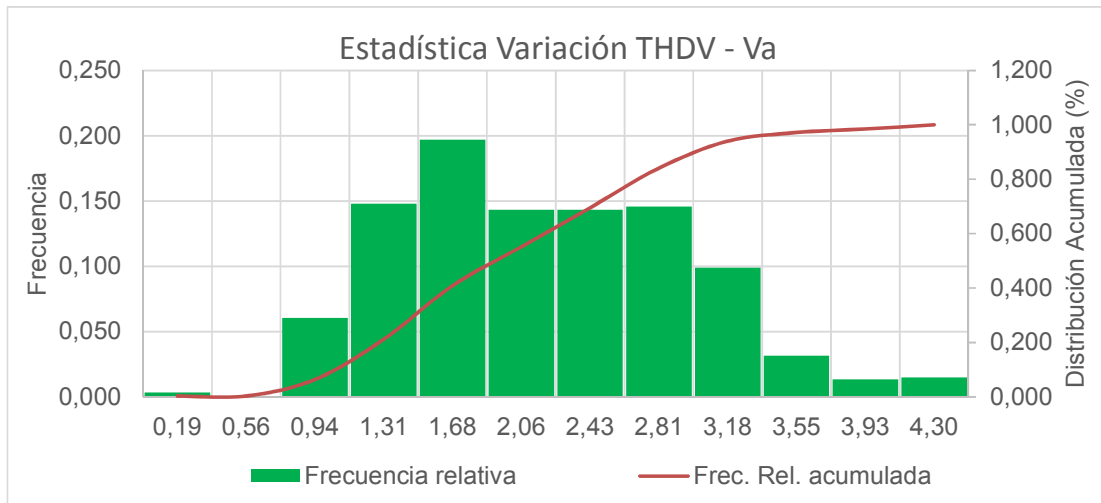
Tabla 6.11 Datos del histograma y distribución acumulada de THDV de la línea “a”.

Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Marca de clase	Frecuencia absoluta	Frec. Abs. acumulada	Frecuencia relativa	Frec. Rel. acumulada
1	0,00	0,37	0,19	9	9	0,003	0,003
2	0,37	0,75	0,56	0	9	0,000	0,003
3	0,75	1,12	0,94	158	167	0,061	0,064
4	1,12	1,50	1,31	385	552	0,148	0,212
5	1,50	1,87	1,68	513	1065	0,197	0,409
6	1,87	2,25	2,06	373	1438	0,143	0,552
7	2,25	2,62	2,43	373	1811	0,143	0,695
8	2,62	2,99	2,81	380	2191	0,146	0,841
9	2,99	3,37	3,18	258	2449	0,099	0,940
10	3,37	3,74	3,55	82	2531	0,031	0,972
11	3,74	4,12	3,93	35	2566	0,013	0,985
12	4,12	4,49	4,30	39	2605	0,015	1,000

Fuente: Mediciones de tomadas en la central térmica.



En la Tabla 6.11 se aprecia que todas variaciones registradas para los THDV de la línea “a” están dentro del límite permitido por la Regulación No.- CONELEC-004/01. La representación de los valores mostrados en la Tabla 6.11 se muestra en la Gráfica 6.11 Estadística de la variación de THDV Línea “a”.Gráfica 6.11.



Gráfica 6.11 Estadística de la variación de THDV Línea “a”.
Fuente: Elaboración propia.

La Gráfica 6.11 presenta los porcentajes correspondientes a las variaciones de THDV de la línea “a” del alimentador sin el aporte de la central de generación térmica. De las mediciones obtenidas, el 100% de ellas están dentro de los parámetros de aceptación, por lo que si cumplen con la Regulación No.- CONELEC-004/01.

La Figura 6.4 corresponde a una toma de datos realizada en el período de medición en la que se confirma el que valor de THDV para la línea “a” es menor a lo sugerido en Regulación No.- CONELEC-004/01.

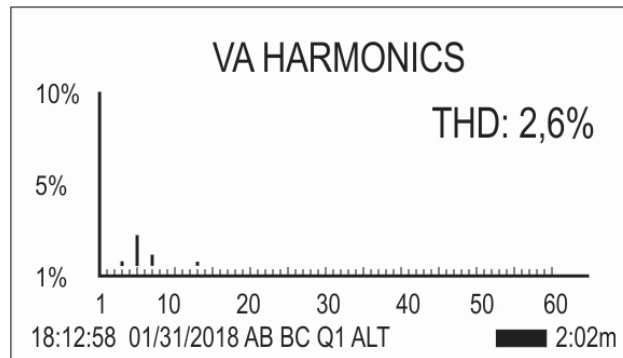


Figura 6.4. Captura de datos, THDV para la línea “a”.
Fuente: Elaboración propia.

6.2.4.2 Análisis de distorsión armónica total de Voltaje en la línea “b”.

La Tabla 6.12 presenta las variaciones de THDV de la línea “b”.

Tabla 6.12 Datos del histograma y distribución acumulada de THDV de la línea “b”

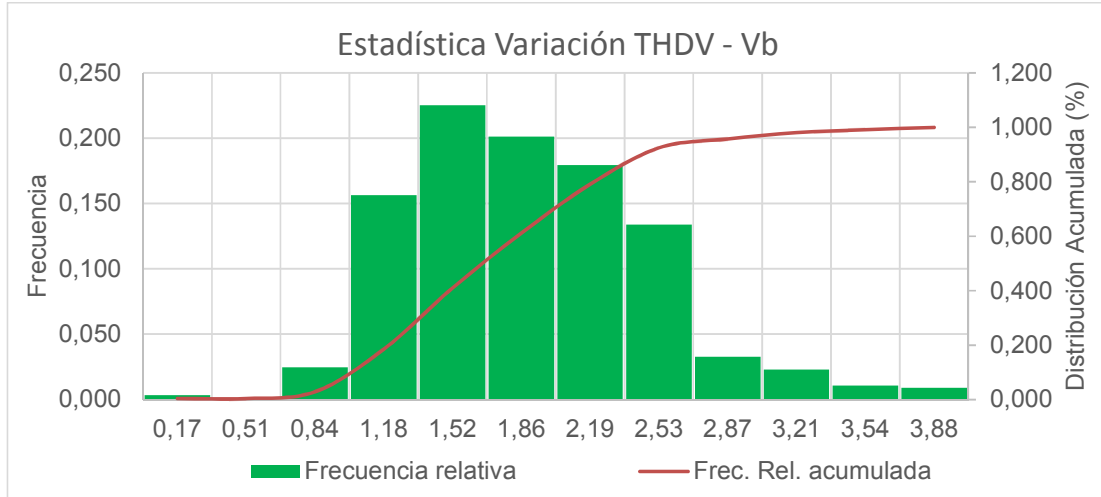
Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Marca de clase	Frecuencia absoluta	Frec. Abs. acumulada	Frecuencia relativa	Frec. Rel. acumulada
1	0,00	0,34	0,17	9	9	0,003	0,003
2	0,34	0,68	0,51	0	9	0,000	0,003
3	0,68	1,01	0,84	64	73	0,025	0,028
4	1,01	1,35	1,18	408	481	0,157	0,185
5	1,35	1,69	1,52	587	1068	0,225	0,410
6	1,69	2,03	1,86	524	1592	0,201	0,611
7	2,03	2,36	2,19	468	2060	0,180	0,791
8	2,36	2,70	2,53	349	2409	0,134	0,925
9	2,70	3,04	2,87	85	2494	0,033	0,957
10	3,04	3,38	3,21	60	2554	0,023	0,980
11	3,38	3,71	3,54	28	2582	0,011	0,991
12	3,71	4,05	3,88	23	2605	0,009	1,000

Fuente: Mediciones de tomadas en la central térmica.

De la Tabla 6.12 se observa que todas variaciones registradas para los THDV de la línea “b” están dentro del límite permitido, por lo que si cumple con la Regulación No.- CONELEC-004/01.



La representación de los valores mostrados en la Tabla 6.12 se muestra en la Gráfica 6.12.



Gráfica 6.12 Estadística de la variación de THDV Línea “b”.
Fuente: Elaboración propia.

La Figura 6.5 corresponde a una toma de datos realizada en el período de medición en la que se confirma el que valor de THDV para la línea “b” es menor a lo sugerido en Regulación No.- CONELEC-004/01.

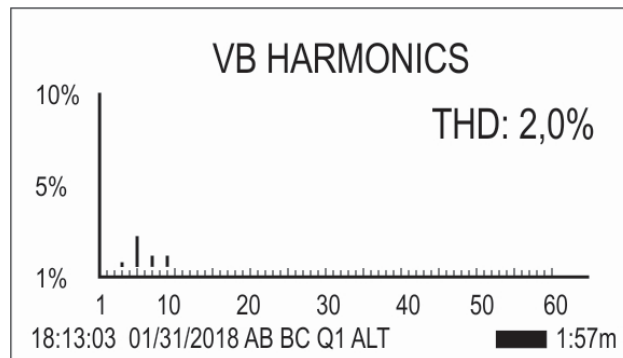


Figura 6.5 THDV para la línea “b”.
Fuente: Elaboración propia.



6.2.4.3 Análisis de distorsión armónica total de Voltaje en la línea “c”.

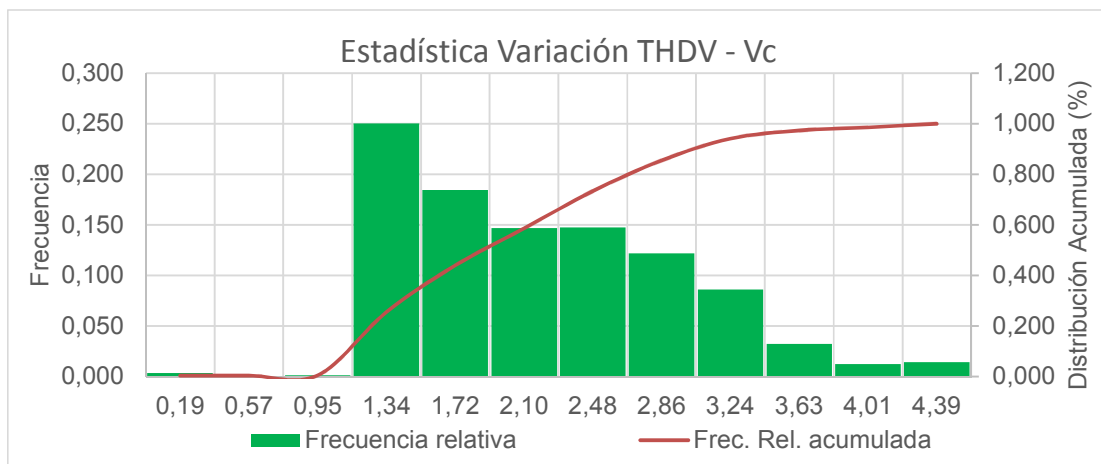
La Tabla 6.13 presenta las variaciones de THDV de la línea “c”.

Tabla 6.13 Datos del histograma y distribución acumulada de THDV de la línea “c”

Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Marca de clase	Frecuencia absoluta	Frec. Abs. acumulada	Frecuencia relativa	Frec. Rel. Acumulada
1	0,00	0,38	0,19	9	9	0,003	0,003
2	0,38	0,76	0,57	0	9	0,000	0,003
3	0,76	1,15	0,95	3	12	0,001	0,005
4	1,15	1,53	1,34	652	664	0,250	0,255
5	1,53	1,91	1,72	481	1145	0,185	0,440
6	1,91	2,29	2,10	382	1527	0,147	0,586
7	2,29	2,67	2,48	384	1911	0,147	0,734
8	2,67	3,05	2,86	317	2228	0,122	0,855
9	3,05	3,44	3,24	224	2452	0,086	0,941
10	3,44	3,82	3,63	84	2536	0,032	0,974
11	3,82	4,20	4,01	32	2568	0,012	0,986
12	4,20	4,58	4,39	37	2605	0,014	1,000

Fuente: Mediciones de tomadas en la central térmica.

De la Tabla 6.13 se observa que todas variaciones registradas para los THDV de la línea “c” están dentro del límite permitido, por lo que si cumple con la Regulación No.- CONELEC-004/01. La representación de los valores mostrados en la Tabla 6.13 se muestra en la Gráfica 6.13.



Gráfica 6.13. Estadística de la variación de THDV Línea “c”.

Fuente: Elaboración propia.



La Figura 6.6 corresponde a una toma de datos realizada en el período de medición en la que se confirma el que valor de THDV para la línea “c” es menor a lo sugerido en Regulación No.- CONELEC-004/01.

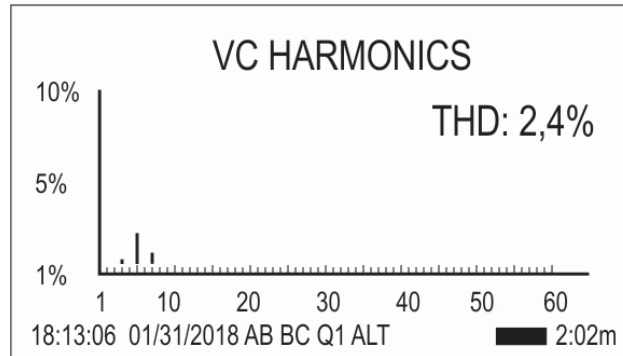


Figura 6.6 Captura de datos, THDV para la línea “c”
Fuente: Elaboración propia.



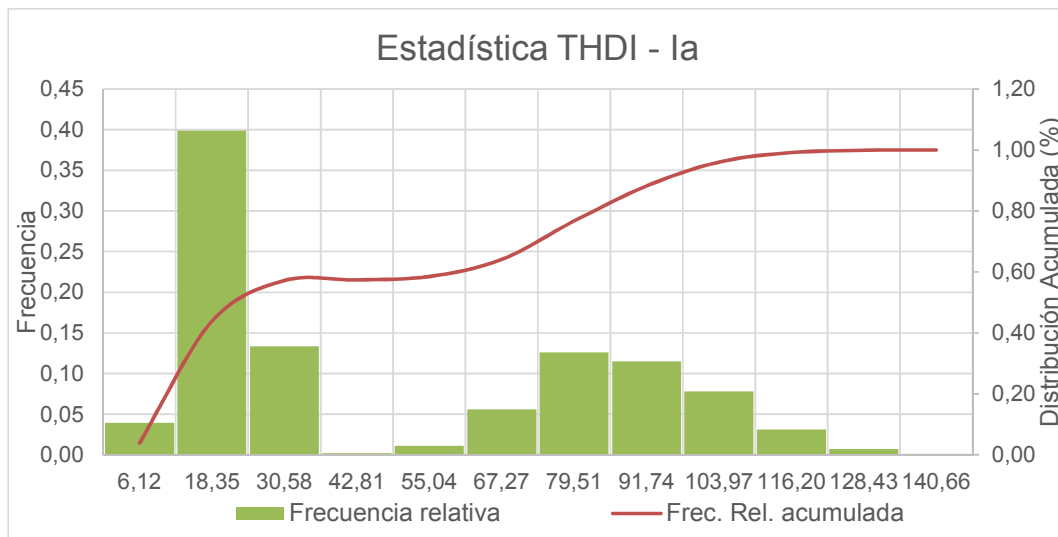
6.2.4.4 Análisis de distorsión armónica total de Corriente en la línea “a”.

Tabla 6.14 Datos del histograma y distribución acumulada de THDI de la línea “a”

Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Marca de clase	Frecuencia absoluta	Frec. Abs. acumulada	Frecuencia relativa	Frec. Rel. acumulada
1	0,00	12,23	6,12	103	103	0,040	0,040
2	12,23	24,46	18,35	1039	1142	0,399	0,438
3	24,46	36,70	30,58	348	1490	0,134	0,572
4	36,70	48,93	42,81	5	1495	0,002	0,574
5	48,93	61,16	55,04	29	1524	0,011	0,585
6	61,16	73,39	67,27	146	1670	0,056	0,641
7	73,39	85,62	79,51	328	1998	0,126	0,767
8	85,62	97,85	91,74	300	2298	0,115	0,882
9	97,85	110,09	103,97	204	2502	0,078	0,960
10	110,09	122,32	116,20	81	2583	0,031	0,992
11	122,32	134,55	128,43	19	2602	0,007	0,999
12	134,55	146,78	140,66	3	2605	0,001	1,000

Fuente: Mediciones de tomadas en la central térmica

De la Tabla 6.14, se observa que de las variaciones registradas para los THDI de la línea “a” el 99,65% están fuera del límite permitido, por lo que no cumple la Norma IEEE-519. La representación de los valores mostrados en la Tabla 6.14 se muestra en la Gráfica 6.14.



Gráfica 6.14 Estadística de la variación de THDI Línea “a”

Fuente: Elaboración propia.



La Figura 6.7 corresponde a una captura de datos del valor THDI de la línea “a”.

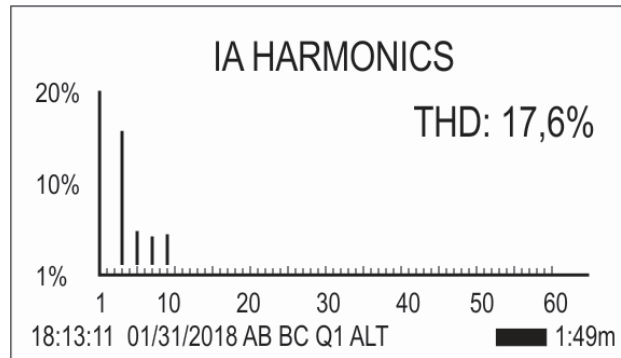


Figura 6.7. Captura de datos, THDI para la línea “a”
Fuente: Elaboración propia.

6.2.4.5 Análisis de distorsión armónica total de Corriente en la línea “b”.

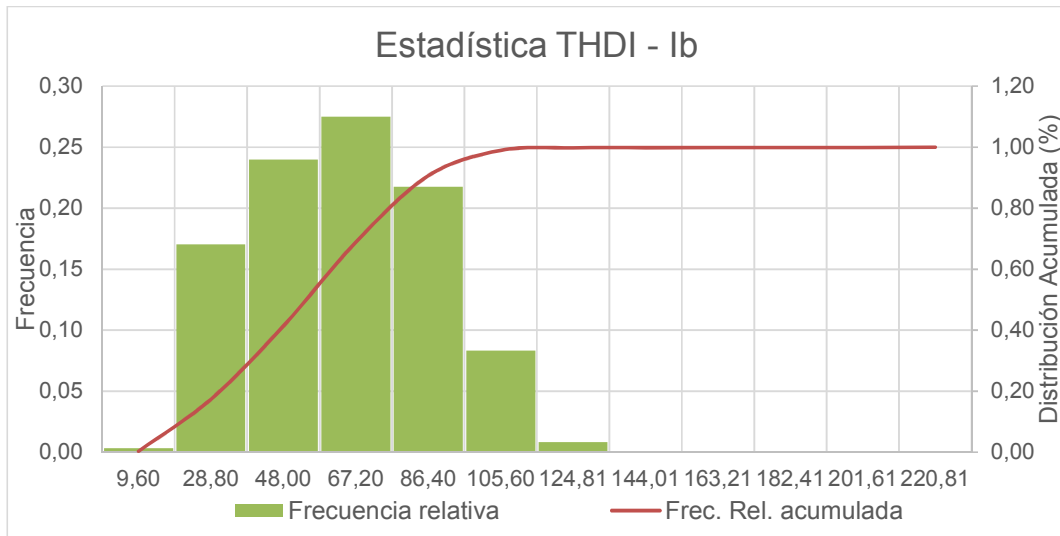
Tabla 6.15 Datos del histograma y distribución acumulada de THDI de la línea “b”

Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Marca de clase	Frecuencia absoluta	Frec. Abs. acumulada	Frecuencia relativa	Frec. Rel. acumulada
1	0,00	19,20	9,60	9	9	0,003	0,003
2	19,20	38,40	28,80	444	453	0,170	0,174
3	38,40	57,60	48,00	625	1078	0,240	0,414
4	57,60	76,80	67,20	716	1794	0,275	0,689
5	76,80	96,00	86,40	567	2361	0,218	0,906
6	96,00	115,21	105,60	217	2578	0,083	0,990
7	115,21	134,41	124,81	22	2600	0,008	0,998
8	134,41	153,61	144,01	1	2601	0,000	0,998
9	153,61	172,81	163,21	1	2602	0,000	0,999
10	172,81	192,01	182,41	1	2603	0,000	0,999
11	192,01	211,21	201,61	0	2603	0,000	0,999
12	211,21	230,41	220,81	2	2605	0,001	1,000

Fuente: Mediciones de tomadas en la central térmica

De la Tabla 6.15, se observa que de las variaciones registradas de los THDI de la línea “b” el 99,65% están fuera del límite permitido, por lo que no cumple la Norma IEEE-519.

La representación de los valores mostrados en la Tabla 6.15 se muestra en la Gráfica 6.15.



Gráfica 6.15 Estadística de la variación de THDI Línea "b"
Fuente: Elaboración propia.

La Figura 6.8 corresponde a una captura de datos del valor THDI de la línea "b".

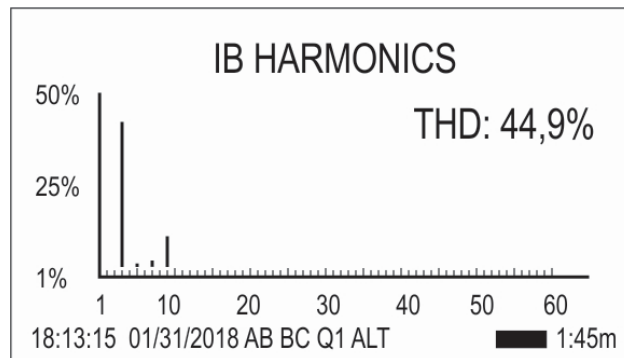


Figura 6.8. Captura de datos, THDI para la línea "b"
Fuente: Elaboración propia



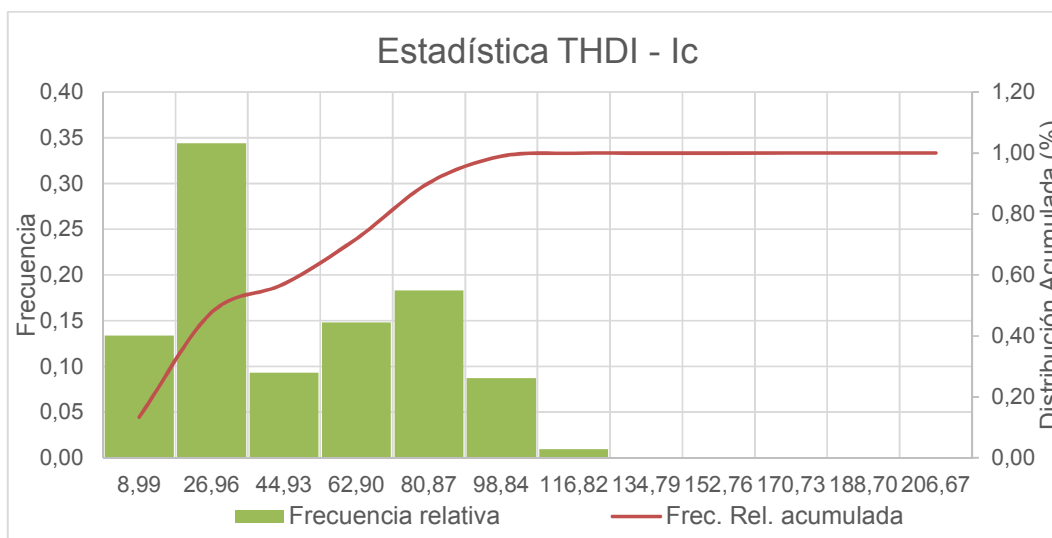
6.2.4.6 Análisis de distorsión armónica total de Corriente en la línea “c”.

Tabla 6.16 Datos del histograma y distribución acumulada de THDI de la línea “c”

Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Marca de clase	Frecuencia absoluta	Frec. Abs. acumulada	Frecuencia relativa	Frec. Rel. acumulada
1	0,00	17,97	8,99	348	348	0,134	0,134
2	17,97	35,94	26,96	896	1244	0,344	0,478
3	35,94	53,92	44,93	243	1487	0,093	0,571
4	53,92	71,89	62,90	386	1873	0,148	0,719
5	71,89	89,86	80,87	477	2350	0,183	0,902
6	89,86	107,83	98,84	227	2577	0,087	0,989
7	107,83	125,80	116,82	25	2602	0,010	0,999
8	125,80	143,77	134,79	1	2603	0,000	0,999
9	143,77	161,75	152,76	0	2603	0,000	0,999
10	161,75	179,72	170,73	1	2604	0,000	1,000
11	179,72	197,69	188,70	0	2604	0,000	1,000
12	197,69	215,66	206,67	1	2605	0,000	1,000

Fuente: Mediciones de tomadas en la central térmica

De la Tabla 6.16, se observa que las variaciones registradas para los THDI de la línea “c” el 99,65% están fuera del límite permitido, por lo que no cumple la Norma IEEE-519. La representación de los valores mostrados en la Tabla 6.16 se muestra en la Gráfica 6.16.



Gráfica 6.16 Estadística de la variación de THDI Línea “c”

6.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS CYMDIST

6.3.1 Simulación del alimentador sin generación térmica.

Para realizar el análisis se debe separar el alimentador del conjunto de redes que conforman el sistema administrado por la empresa de distribución, La cabecera está representada por la subestación Payamino, como una demanda cuyos parámetros se muestran en la Tabla 6.17 y que corresponden a los valores promedios en el período de toma de datos.

Tabla 6.17 *Parámetros de Demanda en la Subestación Payamino.*

Parámetro	Valor	Unidad
Voltaje	14,2	kV
Potencia Activa	2100,0	kW
Factor de Potencia	94,0	%

Fuente: Datos de operación de la Subestación Payamino.

La Figura 6.9 muestra la ubicación de la subestación Payamino dentro del alimentador, junto con los valores de demanda con los que se realiza la presente simulación.

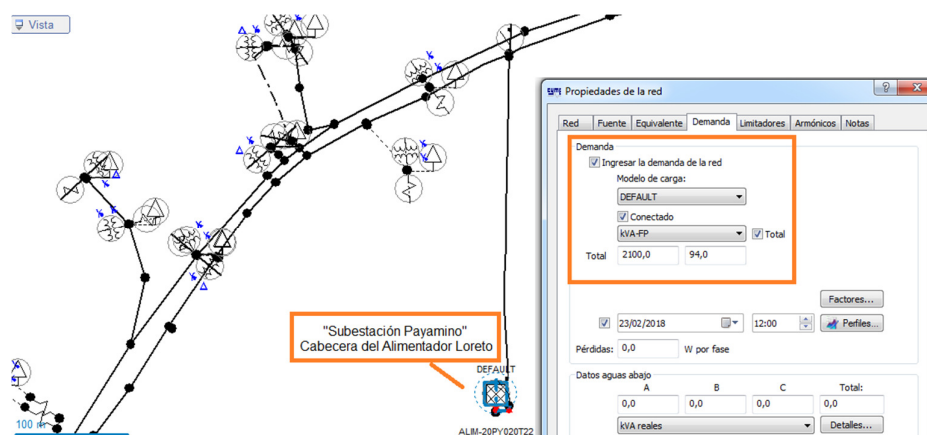


Figura 6.9 Cabecera del alimentador con parámetros de demanda.

Fuente: Elaboración propia.

El primer paso a realizar dentro de la simulación es crear los elementos que representen a la central térmica en el punto exacto dentro del alimentador. Estos elementos se los aprecia en la Figura 6.10 y corresponden a un Generador Síncrono de 1,0 MVA y un Transformador trifásico de 2,5 MVA.

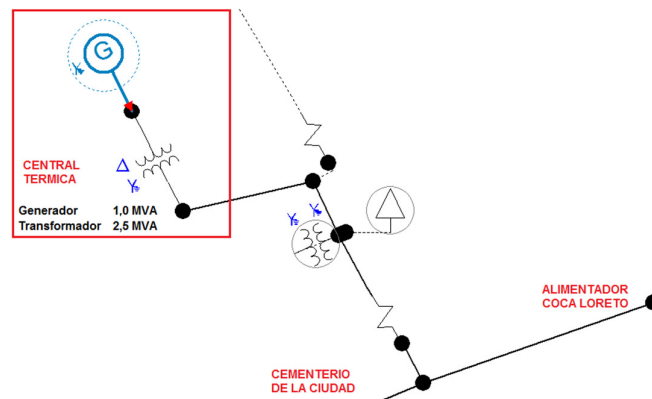


Figura 6.10 Representación de la central térmica.

Fuente: Elaboración propia.

Estos elementos solo se los conectará a la red cuando se necesite realizar simulaciones del alimentador con el aporte de generación térmica.

Posteriormente se debe realizar una “distribución de carga”, proceso en el cual el software distribuye el valor de la demanda colocada en la cabecera a lo largo de los equipos instalados en el alimentador y finalmente se utiliza el proceso de “Flujo de Carga” para conseguir que el software calcule los valores de todos los parámetros en cada uno de los puntos del alimentador.

Los resultados calculados se los visualiza en la pantalla o a través de tablas de reportes. Para el caso de visualización de datos en la pantalla, se selecciona un punto en el diagrama del alimentador y se presiona el comando “CTRL+V”. Este comando muestra una ventana con los valores calculados por el sistema, la Figura 6.11 es un ejemplo de este proceso.



	V base	kVLL	kVLN	i(A)	kVA	kW	kVAR
A							
B							
C	101,2		6,7	0,1	0,7	0,7	0,2
Total:					1	1	0

Figura 6.11 Cuadro de flujo de carga en un punto del alimentador.
Fuente: Elaboración Propia.

Para el caso de los reportes, el sistema Cyme-Cymdist tiene una gran variedad de tipos de reportes con las variables más utilizadas al momento de realizar la simulación. Estos reportes una vez obtenidos en pantalla pueden ser exportados a formato de hoja electrónica para una mejor manipulación.

Reporte Sumario – Flujo de carga del alimentador sin generación térmica. Una vez ejecutado el flujo de carga, se obtiene el reporte sumario, el cual nos permite obtener una visión general del alimentador, de este reporte se obtienen varios datos como la potencia activa, reactiva, aparente, factor de potencia y pérdidas generales calculadas por el software.

La Figura 6.12 corresponde al reporte sumario del flujo de carga del alimentador sin considerar el aporte de la central térmica.



**UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

Load Flow - Summary Report

Study Parameters	
Study Name	SinGeneracion.xst
Date	Tue Jun 30 2018
Time	21h34m32s
Project Name	New
Calculation Method	Voltage Drop - Unbalanced
Tolerance	0,1 %
Load Factors	Global (P=100,00%, Q=100,00%)
Motor Factors	As defined
Generator Factors	As defined
Shunt Capacitors	On
Sensitivity Load Model	From Library

Total Summary	kW	kvar	kVA	PF(%)
Sources (Swing)	2056,62	773,6	2197,3	93,6
Generators	0	0	0	0
Total Generation	2056,62	773,6	2197,3	93,6
Load read (Non-adjusted)	2424,96	839,65	2566,21	94,5
Load used (Adjusted)	1738,2	601,62	1839,37	94,5
Shunt capacitors (Adjusted)	0	0	0	0
Shunt reactors (Adjusted)	0	0	0	0
Motors	0	0	0	0
Total Loads	1738,2	601,62	1839,37	94,5
Cable Capacitance	0	-2,69	2,69	0
Line Capacitance	0	-143,27	143,27	0
Total Shunt Capacitance	0	-145,96	145,96	0
Line Losses	261,21	281,1	383,73	68,07
Cable Losses	0,08	0,06	0,1	79
Transformer Load Losses	9,17	36,8	37,93	24,17
Transformer No-Load Losses	47,96	0	47,96	100
Total Losses	318,42	317,97	449,99	70,76

Abnormal Conditions	Phase	Count	Worst Condition	Value
Overload	A	5	I101837_MTA	168,83 %
	B	11	I101947_MTA	167,67 %
	C	5	I18122_MTA	150,35 %
Under-Voltage	A	7025	I107074_MTA	60,25 %
	B	3658	I8116_MTA	80,56 %
	C	5096	I100196_MTA	77,45 %
Over-Voltage	A	0	3	102,90 %
	B	0	3	102,90 %
	C	0	1287_MTS	102,90 %

Figura 6.12 Reporte sumario del flujo de carga del alimentador.
Fuente: Datos de la simulación del alimentador con sistema Cyme-Cymdist.

Perfil de Voltaje del alimentador. El perfil de voltaje brinda una mejor perspectiva de la pérdida del voltaje conforme se aleja de la fuente. Como se aprecia en la Figura 6.13, la fase “a” es la línea que tiene mayor pérdida de voltaje.

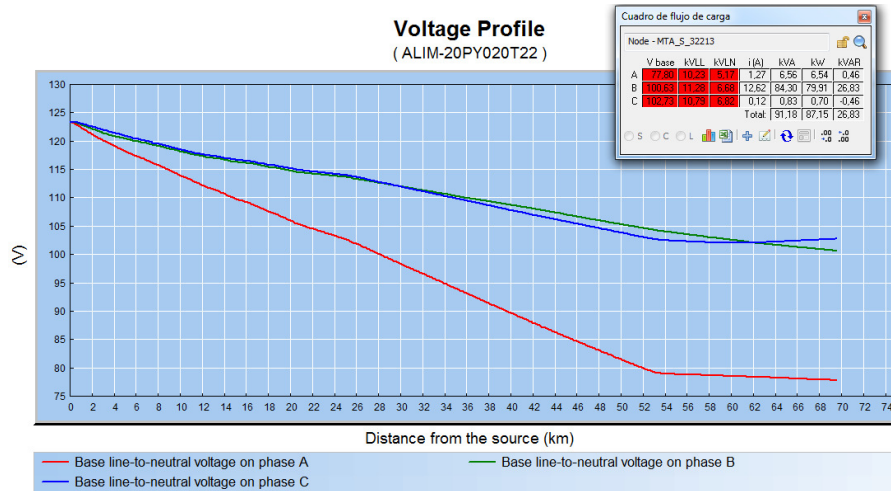


Figura 6.13 Perfil de voltaje del alimentador sin generación.
Fuente: Simulador Cyme-Cymdist.

Otra herramienta que dispone el software, es la presentación del alimentador a través de capas de colores; se ha utilizado la capa de “nivel de voltaje” para visualizar las variaciones del voltaje a lo largo del alimentador.

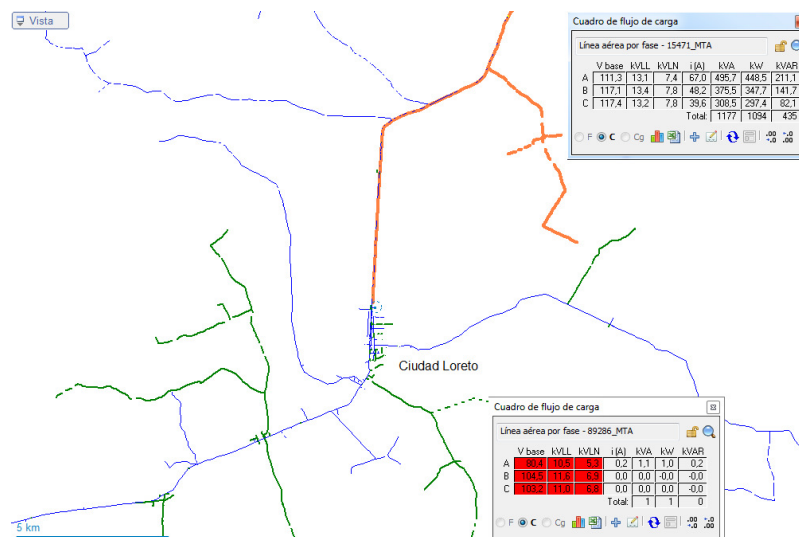


Figura 6.14 Representación de los voltajes del alimentador en escala de colores.
Fuente: Simulador Cyme-Cymdist.



6.3.2 Simulación del alimentador con generación térmica.

Para la simulación incluyendo la generación térmica, se agregó un generador y un transformador en el punto intermedio del alimentador, los parámetros de generación se presentan en la Tabla 6.18.

Tabla 6.18 *Parámetros de generación.*

Parámetros del Generador	Valor	Unidad
Potencia Nominal	1000	kW
Voltaje Nominal	480	V
Potencia Activa	600,0	kW
Factor de Potencia	98,0	%

Fuente: Datos de generación promedio de la central térmica.

Reporte Sumario – Flujo de carga del alimentador con generación térmica. Una vez ejecutado el flujo de carga con la generación térmica incluida, el simulador emite el respectivo “Reporte Sumario”; este reporte se lo puede comparar con los resultados obtenidos en la simulación del alimentador sin generación térmica, de esta comparación se presentan los siguientes resultados.

- La potencia que necesita la subestación para mantener la demanda se reduce en 436,81 kVA.
- De la comparación del valor de factor de potencia entre los reportes sumarios obtenidos, se observa que éste mejora en un 1,17% para las fuentes de generación.
- Para las cargas el factor de potencia se mantiene.
- El valor más significativo se lo obtiene en las pérdidas de potencia a lo largo del alimentador, con la generación térmica las pérdidas se reducen en 163,23 kVA.



En la Figura 6.15 se muestra el resultado sumario obtenido en la simulación con generación térmica incluida.

Load Flow - Summary Report

Study Parameters	
Study Name	ConGeneracion.xst
Date	Tue Jun 30 2018
Time	22h22m51s
Project Name	New
Calculation Method	Voltage Drop - Unbalanced
Tolerance	0,1 %
Load Factors	Global (P=100,00%, Q=100,00%)
Motor Factors	As defined
Generator Factors	As defined
Shunt Capacitors	On
Sensitivity Load Model	From Library

Total Summary	kW	kvar	kVA	PF(%)
Sources (Swing)	1642,67	633,21	1760,49	93,31
Generators	600,48	122,45	612,84	97,98
Total Generation	2243,15	755,66	2367,01	94,77
Load read (Non-adjusted)	2424,96	839,65	2566,21	94,5
Load used (Adjusted)	2045,8	708,57	2165,03	94,49
Shunt capacitors (Adjusted)	0	0	0	0
Shunt reactors (Adjusted)	0	0	0	0
Motors	0	0	0	0
Total Loads	2045,8	708,57	2165,03	94,49
Cable Capacitance	0	-2,83	2,83	0
Line Capacitance	0	-156,77	156,77	0
Total Shunt Capacitance	0	-159,59	159,59	0
Line Losses	131,02	143,61	194,4	67,4
Cable Losses	0,05	0,04	0,07	79,35
Transformer Load Losses	13,49	63,04	64,46	20,92
Transformer No-Load Losses	52,79	0	52,79	100
Total Losses	197,34	206,69	285,77	69,06

Abnormal Conditions	Phase	Count	Worst Condition	Value
Overload	A	10	I101837_MTA	167,83 %
	B	11	I4902_MTA	186,24 %
	C	5	I4901_MTA	167,05 %
Under-Voltage	A	6723	I107074_MTA	69,69 %
	B	3252	I8116_MTA	84,75 %
	C	4348	I100196_MTA	84,89 %
Over-Voltage	A	0	I287_MTS	102,90 %
	B	0	I287_MTS	102,90 %
	C	0	I287_MTS	102,90 %

Figura 6.15 Reporte sumario del flujo de carga del alimentador con generación.

Fuente: Datos de la simulación del alimentador con sistema Cyme-Cymdist.

Perfil de Voltaje del alimentador. El perfil de voltaje del alimentador en la simulación que incluye la generación térmica, muestra una recuperación de voltaje en sus fases, en especial para las zonas intermedias del alimentador.

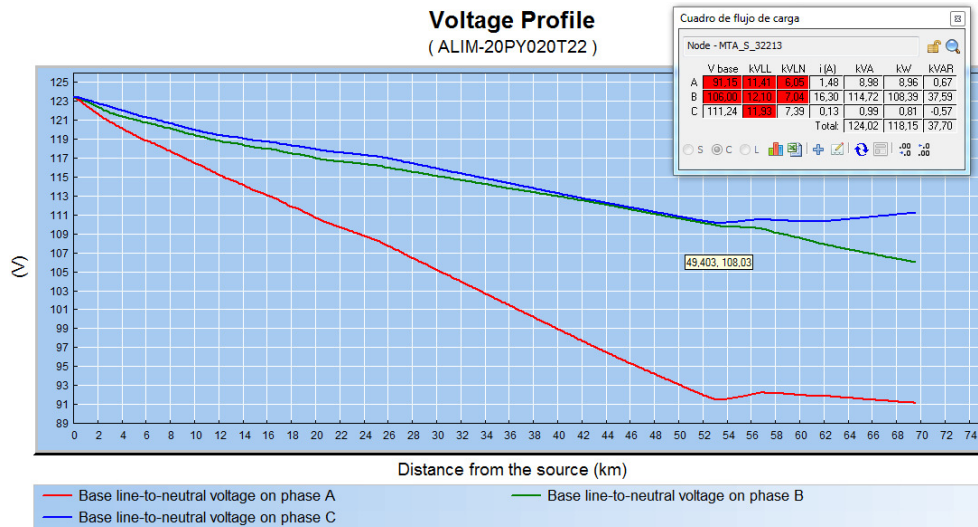


Figura 6.16 Perfil de voltaje del alimentador con generación
Fuente: Simulador Cyme-Cymdist.

De igual manera el software de simulación representa al alimentador con la capa de color para los niveles de voltaje. Como se aprecia en la Figura 6.17 el alimentador en sus zonas periféricas finales no tiene una coloración verde o azul propia de niveles muy bajos de voltaje.

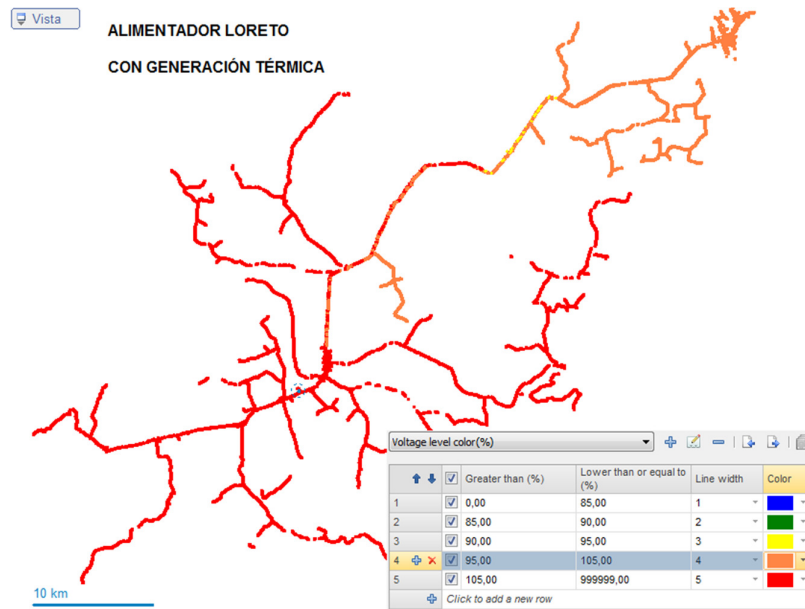


Figura 6.17 Representación de los voltajes del alimentador en escala de colores.
Fuente: Simulador Cyme-Cymdist.

6.3.3 Análisis del Voltaje y Factor de Potencia entre simulaciones.

Para verificar los parámetros de voltaje y factor de potencia se toman dentro del alimentador tres zonas para compararlas, estas son: una zona cercana a la cabecera, otra en el intermedio del alimentador, puntos cercanos a la ciudad de Loreto, y la tercera zona corresponde a varios puntos alejados de la fuente o periféricos del alimentador.

La Figura 6.18 muestra la ubicación de los puntos evaluados.

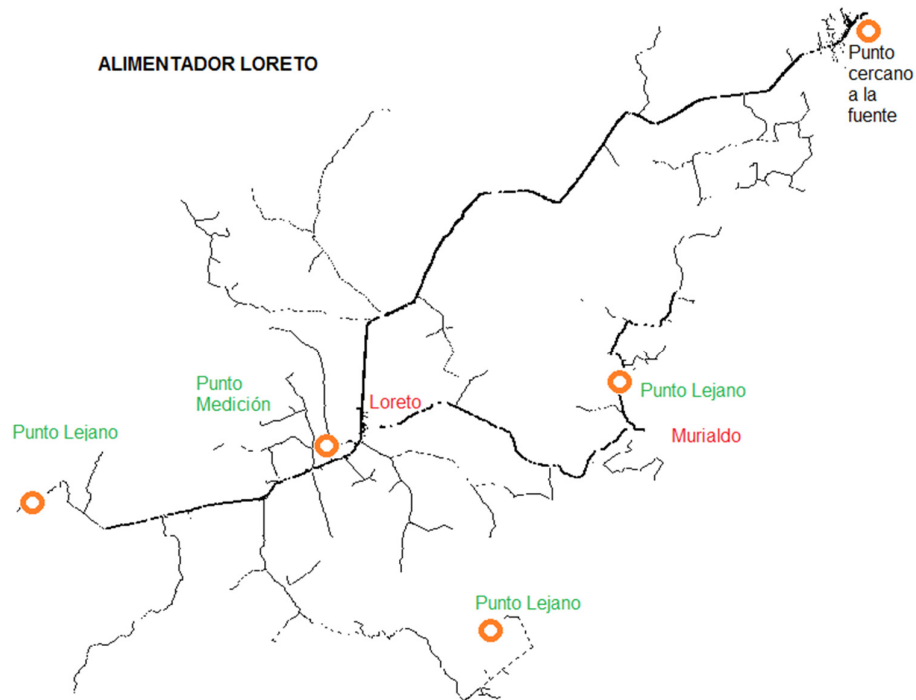


Figura 6.18 Puntos seleccionados para evaluación dentro de Cyme-Cymdist.
Fuente: Simulador Cyme-Cymdist.

En cada zona evaluada se tomaron algunos de los resultados entregados por el sistema a través de sus reportes, estos resultados se los presentan en las siguientes tablas para cada una de las zonas escogidas.

El resultado de las simulaciones se los expone en los Anexos 1 y 2.



6.3.3.1 Puntos cercanos a la fuente.

De la zona cercana a la fuente se tomaron siete puntos del alimentador, los parámetros de voltajes y factores de potencia de estos puntos se los presenta en la Tabla 6.19.

Tabla 6.19 Valores de voltaje y fp de los puntos cercanos a la fuente.

Nodo	Fase	Sin Generación				Con Generación				Variación	
		V base	kVLL	kVLN	FP	V base	kVLL	kVLN	FP	Voltaje	FP
9411_MTA	A	122,96	14,16	8,16	95,19	123,05	14,16	8,17	95,19	0,08	0,00
	B	123,24	14,17	8,18	95,20	123,28	14,17	8,19	95,21	0,03	0,01
	C	123,30	14,17	8,19	95,13	123,35	14,18	8,19	95,14	0,04	0,01
MTA_S_17851	A	122,96	14,16	8,16	95,04	123,05	14,16	8,17	95,03	0,08	-0,01
	B	123,24	14,17	8,18	95,04	123,29	14,17	8,19	95,04	0,04	0,00
	C	123,31	14,17	8,19	94,98	123,35	14,18	8,19	94,98	0,03	0,00
MTA_S_1310	A	123,03	14,16	8,17	91,96	123,11	14,17	8,17	92,39	0,07	0,43
	B	123,27	14,17	8,18	93,22	123,31	14,18	8,19	92,74	0,03	-0,48
	C	123,33	14,17	8,19	96,54	123,37	14,18	8,19	95,69	0,03	-0,85
MTA_S_18012	A	122,51	14,12	8,13	90,79	122,69	14,13	8,15	90,98	0,15	0,19
	B	122,99	14,14	8,17	92,16	123,08	14,15	8,17	91,22	0,08	-0,94
	C	123,11	14,13	8,17	95,90	123,21	14,15	8,18	94,55	0,08	-1,35
MTA_S_817	A	122,87	14,15	8,16	98,18	122,96	14,16	8,16	98,18	0,07	0,00
	B	123,25	14,17	8,18	98,87	123,29	14,17	8,19	98,87	0,03	0,00
	C	123,31	14,17	8,19	-97,99	123,35	14,17	8,19	-97,98	0,03	0,01
MTA_S_827	A	122,84	14,15	8,16	98,17	122,93	14,16	8,16	98,17	0,08	0,00
	B	123,25	14,16	8,18	98,85	123,29	14,17	8,19	98,86	0,03	0,01
	C	123,31	14,17	8,19	-98,05	123,35	14,17	8,19	-98,04	0,03	0,01
MTA_S_12264	A	121,59	14,03	8,07	90,26	121,98	14,07	8,10	90,26	0,33	0,00
	B	122,42	14,08	8,13	92,19	122,62	14,10	8,14	91,19	0,17	-1,00
	C	122,70	14,06	8,15	95,91	122,92	14,10	8,16	94,50	0,18	-1,41

Fuente: Datos de la simulación del alimentador con el sistema Cyme-Cymdist.

Los resultados muestran que los parámetros de voltaje para los puntos cercanos a la fuente están dentro de los valores de aceptación de la Regulación No.- CONELEC-004/01 indistintamente si la central está aportando o no al alimentador. En estos puntos la variación en el voltaje es muy pequeña cuando la central térmica está generando energía. Para el factor de potencia se presentan ciertos valores que no están dentro de los parámetros de aceptación de la Regulación No.- CONELEC-004/01 ya sea cuando esté o no generando la central térmica.



6.3.3.2 Puntos intermedios del alimentador.

De la zona intermedia del alimentador se tomaron siete puntos, los parámetros de voltajes y factores de potencia de estos puntos se los presenta en la Tabla 6.20.

Tabla 6.20 Valores de voltaje y fp de los puntos intermedios al alimentador.

Nodo	Fase	Sin Generación				Con Generación				Variación	
		V base	kVLL	kVLN	FP	V base	kVLL	kVLN	FP	Voltaje	FP
MTA_S_14548	A	87,46	11,15	5,81	94,08	97,35	12,01	6,46	91,18	8,24	2,90
	B	107,86	12,03	7,16	94,70	112,40	12,66	7,46	90,30	3,78	4,40
	C	106,74	11,54	7,09	96,25	112,61	12,38	7,48	91,90	4,89	4,35
MTA_S_11622	A	83,44	10,80	5,54	94,34	94,47	11,77	6,27	90,23	9,19	4,11
	B	106,13	11,78	7,05	95,04	111,20	12,49	7,38	90,38	4,23	4,66
	C	104,80	11,24	6,96	96,27	111,42	12,18	7,40	91,64	5,52	4,63
MTA_S_18707	A	80,15	10,51	5,32	94,94	92,15	11,57	6,12	90,39	10,00	4,55
	B	104,73	11,58	6,95	95,33	110,22	12,35	7,32	90,49	4,58	4,84
	C	103,15	10,99	6,85	96,29	110,43	12,02	7,33	91,38	6,07	4,91
MTA_S_28686	A	79,21	10,43	5,26	95,33	91,52	11,52	6,08	87,08	10,26	8,25
	B	104,29	11,52	6,92	95,31	109,91	12,31	7,30	88,41	4,68	6,90
	C	102,67	10,92	6,82	96,87	110,17	11,97	7,31	90,19	6,25	6,68
MTA_S_5085	A	78,84	10,40	5,23	96,55	91,22	11,49	6,06	96,48	10,32	0,07
	B	104,09	11,50	6,91	98,58	109,71	12,29	7,28	97,63	4,68	0,95
	C	102,55	10,89	6,81	-99,64	110,11	11,95	7,31	-99,93	6,30	0,29
MTA_S_12902	A	78,85	10,38	5,23	97,26	91,79	11,53	6,09	99,13	10,78	1,87
	B	103,76	11,48	6,89	95,03	109,71	12,31	7,28	-96,97	4,96	1,94
	C	102,36	10,87	6,80	97,62	110,32	11,98	7,32	99,98	6,63	2,36
MTA_S_12913	A	78,74	10,36	5,23	97,16	92,22	11,57	6,12	99,01	11,23	1,85
	B	103,34	11,45	6,86	94,99	109,57	12,33	7,28	-97,25	5,19	2,26
	C	102,21	10,85	6,79	97,64	110,57	12,00	7,34	99,99	6,97	2,35

Fuente: Datos de la simulación del alimentador con el sistema Cyme-Cymdist.

Los resultados muestran que los parámetros de voltaje para los puntos intermedios del alimentador están fuera de los valores de aceptación de la Regulación No.- CONELEC-004/01 indistintamente si la central está aportando o no al alimentador, En especial en la fase “a” donde se llega a tener variaciones de hasta un 20% por debajo del promedio de las fases en ese instante y sin el aporte de generación térmica. El aporte de la generación térmica en el voltaje es de hasta 10 V sobre cada una de las fases, y reduce el desbalance de carga entre fases llegando al 15% en la fase “a” bajo el promedio de las mismas. Es decir, la generación térmica mejora en un 5% el desbalance de voltaje entre fases.



Para el factor de potencia se presentan ciertos valores que no están dentro de los parámetros de aceptación de la Regulación No.- CONELEC-004/01 y su variación es notoria cuando la central aporta energía. Varios puntos registran disminución de su fp debido al movimiento de los flujos de potencia que ahora soporta el alimentador mientras se tienen dos puntos de suministro de energía.

6.3.3.3 Puntos periféricos del alimentador.

De la zona periférica del alimentador se tomaron siete puntos alejados de la fuente del alimentador, los parámetros de voltajes y factores de potencia de estos puntos se los presenta en la Tabla 6.21.

Tabla 6.21 Valores de voltaje y fp de los puntos periféricos del alimentador.

Nodo	Fase	Sin Generación				Con Generación				Variación	
		V base	kVLL	kVLN	FP	V base	kVLL	kVLN	FP	Voltaje	FP
8140_MTA	A									0,00	0,00
	B	99,26		6,59	93,81	104,42		6,93	93,86	4,30	0,05
	C									0,00	0,00
9696_MTA	A	77,62		5,15	99,35	90,93		6,04	99,33	11,09	-0,02
	B									0,00	0,00
	C									0,00	0,00
79830_MTA	A									0,00	0,00
	B									0,00	0,00
	C	100,16		6,65	97,45	107,75		7,15	96,92	6,33	-0,53
11462_MTA	A	74,98	10,14	4,98	96,00	86,74	11,17	5,76	95,92	9,80	-0,08
	B	103,64	11,40	6,88	97,43	108,82	12,16	7,23	96,52	4,32	-0,91
	C	102,44	10,73	6,80	-93,98	109,98	11,76	7,30	-96,61	6,28	-2,63
104123_MTA	A	84,73		5,63	99,99	95,26		6,32	99,99	8,78	0,00
	B									0,00	0,00
	C									0,00	0,00
12374_MTA	A	85,79		5,70	97,99	96,00		6,37	97,96	8,51	-0,03
	B									0,00	0,00
	C									0,00	0,00
25791_MTA	A	73,61		4,89	96,84	85,15		5,65	96,78	9,62	-0,06
	B									0,00	0,00
	C									0,00	0,00

Fuente: Datos de la simulación del alimentador con el sistema Cyme-Cymdist.

Los resultados muestran que los parámetros de voltaje para los puntos periféricos del alimentador están fuera de los valores de aceptación de la Regulación No.-

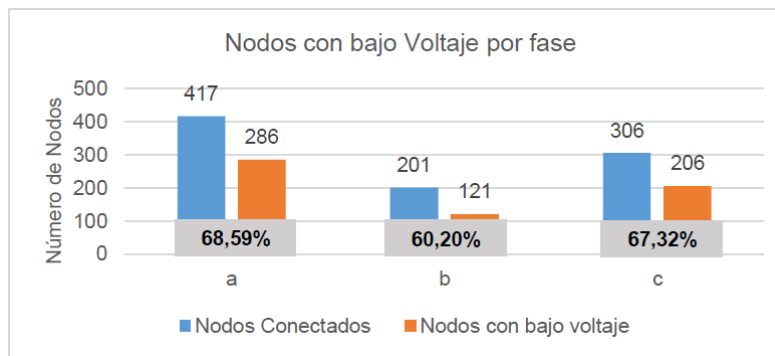


CONELEC-004/01 indistintamente si la central está aportando o no al alimentador. El aporte de la central térmica permite elevar hasta 10 V en cada fase pero sin llegar a los valores que acepta la norma. En cuanto al factor de potencia, se registran variaciones pequeñas no significativas y que se encuentran dentro de la norma.

6.3.3.4 Nodos con Bajo Voltaje

Del reporte de flujo de carga emitido por el simulador, se obtiene el detalle de los nodos con sus respectivos voltajes. De este detalle se pudo observar que el número de nodos que presentan bajos voltajes es alto.

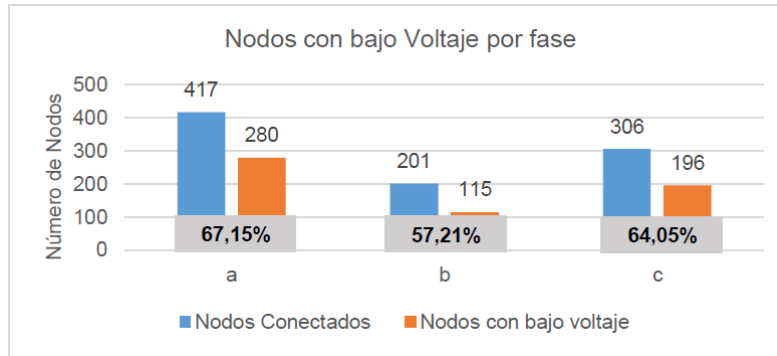
Resumen de la simulación sin considerar la generación de la central.



Gráfica 6.17 Nodos conectados con bajo voltaje y sin generación térmica.

Al realizar la simulación considerando la generación de la central térmica se obtuvo que el porcentaje disminuye, en un 1,44% para la fase “a”, en un 2,99% para la base “b” y para la fase “c” en un 3,27%.

Resumen de la simulación considerando la generación de la central.



Gráfica 6.18 Nodos conectados con bajo voltaje con generación térmica.

Los resultados de las simulaciones se adjuntan en los Anexos 3 y 4.

Debido a la gran cantidad de escenarios, datos y reportes que emite el software de simulación, tan solo se realizó las simulaciones para evaluar los voltajes, potencias, y factor de potencia del alimentador. Se menciona que el software es muy útil en el análisis de armónicos, cálculo de fallas, sobrecargas de transformadores, etc., en cada uno de los elementos del alimentador, pero que se deja como inquietud a quienes deseen incursionar en el uso de este software de simulación.



6.4 PRINCIPALES FALLAS DEL ALIMENTADOR COCA LORETO

Las principales fallas que se observaron a lo largo del tiempo de funcionamiento de la central se pueden clasificar a las fallas del alimentador en dos tipos:

6.4.1 Propias de la Distribución.

Dentro de las fallas más relevantes que se observan en el alimentador son:

Fallas Ambientales. La lluvia y las descargas atmosféricas es el factor principal al momento de evaluar las fallas del alimentador. La zona oriental del país presenta altos niveles de lluvia, según el Ministerio de Agricultura a través de su boletín de Precipitación y Temperatura del 2017 la provincia de Orellana alcanzó los 255 mm (255 litros por metro cuadrado), con un aumento del 35% con respecto al año anterior de 189 mm (189 litros por metro cuadrado).



Figura 6.19. Lluvia y descargas atmosféricas.
Fuente: Elaboración propia.

Las descargas atmosféricas inciden sobre las líneas de forma directa ya que no se dispone de cable de guarda. La Figura 6.19 muestra la ausencia de cable de guarda en el alimentador.



Fallas Internas del Alimentador. Estas fallas son provocadas por el deterioro de los elementos que componen el alimentador, como por ejemplo: cables que se rompen por diversas causas, como viento, construcciones inapropiadas de los pobladores, vegetación abundante que no es controlada a tiempo, pobladores que al realizar la tala de árboles rompen las líneas de distribución, accidentes de tránsito que rompen las bases de los postes y provocan cortocircuitos, aves que se posan sobre las líneas de transmisión, etc. La Figura 6.20 es un ejemplo de la vegetación que se apodera de las estructuras de soporte del alimentador.



Figura 6.20. Vegetación cercana a las estructuras del alimentador.
Fuente: Elaboración propia.

Fallas Ajenas del Alimentador. Estas fallas aparecen como consecuencia de otras suscitadas en subestaciones aledañas o por fallas en las líneas de transmisión, como por ejemplo las presentadas en las líneas de interconexión Puyo-Tena o Tena-Coca, las cuales dejan sin servicio a las subestaciones conectadas aguas abajo.

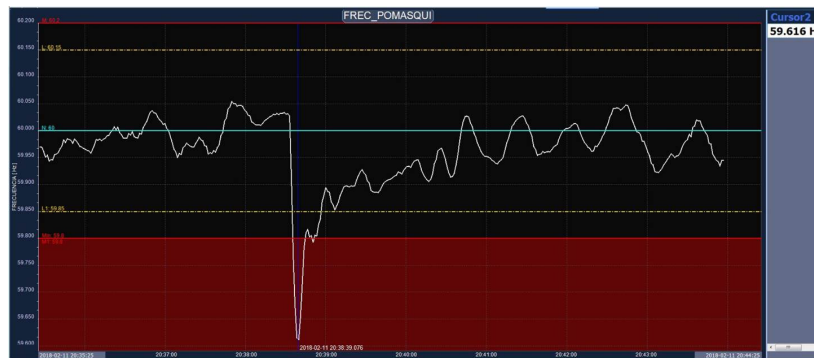


Figura 6.21. Evento de baja frecuencia registrada en SNI.
Fuente: Elaboración propia.

La Figura 6.21 muestra la falla registrada en el SNI por baja frecuencia, la causa se debió a la salida de la Central Albán de 350 MW en el sistema de interconexión con Colombia pero que no causó afectaciones al Sistema Nacional.

6.4.2 Propias de la Generación.

Las fallas en el proceso de generación pueden ser de diversa índole, entre estas están:

Fallas mecánicas. Las unidades de generación por componerse de muchos elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos son susceptibles a diversos tipos de fallas. Entre las fallas que pueden suscitarse en un generador son: fallas en el motor, fallas en el alternador, fallas en los transformadores de potencia.

De las fallas en el motor se tiene principalmente:

- Fallas en el sistema de inyección de combustible.
- Fallas en la calibración en válvulas.
- Falta de mantenimiento o reemplazo de elementos cuya vida útil está terminada.
- Combustibles de mala calidad o fallas en el sistema de distribución.



Fallas eléctricas. Las partes eléctricas que ocasionan fallas al momento de generación son:

- Terminales en transformadores defectuosas.
- Cables deteriorados o no adecuados.
- Interruptores sensibles a fallas instantáneas o mal calibrados.
- Fallas externas propias de la red que fuerzan a los elementos como diodos o terminales de los alternadores.
- Cables y pernos que se sueltan por vibración de los equipos.
- Fallas por problemas de sistemas de tierra débil.
- Sistemas de control del motor con deficiencias.



Figura 6.22 Terminal dañado en transformador.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6.22 se puede apreciar el daño sobre un terminal del transformador por efecto de la lluvia y la mala impermeabilización del mismo.

Fallas en Operación. Las unidades de generación pueden sufrir por la mala manipulación de parámetros por parte del personal técnico. En algunas oportunidades el llevar a las unidades de generación al máximo de su capacidad, hace que se presenten daños severos en la parte mecánica. De igual manera el



operar un generador con potencia menor al 30% del nominal provoca daños por la mala combustión y degrada más rápido el aceite que utiliza en la lubricación.

6.5 PROPUESTA PARA LA MEJORA DEL SERVICIO

Debido a que una central térmica tiene una potencia nominal fija, y si no se consideró adecuadamente el crecimiento del número de usuarios, se vuelve evidente que la central no podrá abastecer la nueva demanda ni tampoco corregir los problemas encontrados, principalmente los voltajes de la red, por lo que es necesario la implementación de una solución de mayor infraestructura.

La solución que permitirá una mejora radical en el alimentador es la creación de una subestación eléctrica nueva, que cree un nuevo nodo en la red de distribución y que considere de mejor manera el incremento de demanda en el sector.

Loreto es una población que tiene la línea de alta tensión de 138 kV que une las subestaciones de Orellana y Tena a menos de 1 km de distancia y se debe aprovechar esta característica de mejor manera.



Figura 6.23 Líneas de 138 kV y 13,8 kV en las cercanías de Loreto.
Fuente: Elaboración propia.



Las principales ventajas de una subestación nueva son:

- La demanda actual del alimentador se divide entre dos subestaciones.
- Las distancias de líneas trifásicas y monofásicas se reorganizan.
- Se considera una demanda futura de expansión.
- Se mejora los niveles de voltajes de cada una de las fases.
- Al reorganizar sus cargas se obtiene un mejor balance entre sus fases.
- Se eliminan gastos por producción de energía térmica.
- Se evita la contaminación ambiental.



CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

El alimentador Coca-Loreto presenta una dependencia muy alta de los sistemas principales de generación ubicadas en el centro del país, y su dependencia se evidencia cuando la línea que une la provincia sufre daños en cualquiera de sus tramos. Es imprescindible dotar a la red de transmisión de un nuevo nodo de interconexión con las nuevas centrales hidroeléctricas creadas en el norte del país.

Se concluye que la regulación la Regulación No.- CONELEC-004/01 es insuficiente debido a que no se determina los valores límites de los THDI (Distorsión total armónica de la corriente) y se debe recurrir a la norma IEEE-519, para su aplicación.

Conforme a los resultados obtenidos en el análisis, el parámetro más crítico encontrado es la variación de voltaje existente a lo largo del alimentador, llegando a obtenerse valores de voltaje tan bajos en los puntos periféricos que impiden que los equipos eléctricos de los usuarios funcionen adecuadamente, con posibilidades de daños irreparables. Este efecto se acentúa en la fase “a” debido a la distribución de carga existente, siendo ésta la que presenta un nivel de desbalance cercano al 5% y 10% por debajo de las otras fases.

Adicionalmente, se observa que el nivel de voltaje en el punto de medición no cumple con la Regulación No.- CONELEC-004/01 ya que sobrepasa el 5% del tiempo sugerido como aceptable en el período de medición.



Con respecto al factor de potencia, el alimentador sin generación térmica no cumple con los límites establecidos en la Regulación No.- CONELEC-004/01, si bien el factor de potencia se deriva de los usuarios, se debe afirmar que es el distribuidor quien realiza el balance de usuarios sobre las líneas del alimentador. Las líneas monofásicas de alta tensión que se derivan del alimentador central y que brindan servicio a las comunidades son extensas y sus cargas no son equitativas entre sí. Un mejor balance de cargas entre las fases del alimentador permitirá que los usuarios dispongan de un mejor voltaje.

Incorporar una central térmica al sistema de distribución, es una solución rápida para compensar el nivel de voltaje en las zonas que presentan deficiencias, pero no se convierte en una solución definitiva ya que el crecimiento de consumidores es permanente. Si la central térmica no es potenciada periódicamente, es decir, se aumenta su capacidad de generación, el problema de la caída de voltaje nuevamente afectará a los usuarios del alimentador.

El mantenimiento adecuado de las unidades de generación permite mejorar los índices respuesta ante fallas. Mantener los sistemas eléctricos en perfectas condiciones evitará que las unidades disparen o pierdan el acoplamiento con la red. Para ello es importante conocer los parámetros y equipos que gobiernan a la unidad de generación para poder dar respuestas oportunas ante eventos imprevistos.

Por problemas de almacenamiento en el equipo de respaldo, la información recuperada no dispone de valores para el parámetro de flicker por lo que se omitió su análisis en el presente documento.



7.2 RECOMENDACIONES

Un grupo electrógeno tiene una limitación relacionada con el tiempo máximo de funcionamiento con una potencia mínima de generación determinada por el fabricante, este límite de tiempo dependerá del grupo electrógeno y debe ser considerado al momento de solicitar el acoplamiento del grupo a una red sin mayores deficiencias de voltaje. Entregar energía con un grupo electrógeno en mínima potencia por largo tiempo deteriora la parte mecánica del equipo y reduce su vida útil.

La central térmica asociada al alimentador en estudio cuenta con dos grupos electrógenos de 1 MVA cada uno, la demanda máxima registrada en los datos históricos de operación alcanzan los 1.280 kW. Se recomienda utilizar las dos unidades de generación en paralelo para poder mejorar el voltaje de la red, en especial en las horas de mayor demanda.

La central térmica a través de los reportes de operación emitidos por sus operadores y técnicos muestra información adicional sobre el comportamiento de la red en un instante determinado. Se recomienda tomar en cuenta esta información en los casos donde la planificación de la demanda no considera incrementos temporales, como por ejemplo, cuando se presentan festejos en cada población o se tienen fallas en la red de distribución.

Adicionalmente, se recomienda transformar las líneas de alta tensión monofásicas extensas en líneas trifásicas, esto permitirá balancear el número de usuarios y cargas conectadas en cada una de las fases.



BIBLIOGRAFÍA

- [1] CONELEC, «Regulación 004/01,» 2001. [En línea]. Disponible:
<http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/02/Regulacion-No.-CONELEC-004-01.pdf>.
- [2] T. M. Blooming y D. J. Carnovale, Application of IEE std 519-1992 Harmonic Limits, 2004.
- [3] CONELEC, «Regulación 007/00,» 09 08 2000. [En línea]. Disponible:
<http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/02/Regulacion-No.-CONELEC-007-00.pdf>.
- [4] ARCONEL Agencia de Regulación y Control de Electricidad, «Balance Nacional de Energía-Abril 2018.,» Quito, 2018.
- [5] W. Jara Tirapequi, Introducción a las Energías Renovables No convencionales, Santiago de Chile: Endesa, 2006.
- [6] J. Fernández, «Energía de la Biomasa,» 2005. [En línea]. Disponible:
www.accion-solar.org/images_home/coleccinrenovables/cuaderno_biomasa.pdf.
- [7] Global Combustion Systems Ltd, «Fuel Oil Properties,» 2018. [En línea].
Disponible: <http://www.globalcombustion.com/contact/>.
- [8] INEN Instituto Ecuatoriano de Normalización, «Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 028:2011 - Combustibles,» Quito, 2011.
- [9] T. HAZEL, Producción de energía eléctrica integrada en emplazamientos industriales y edificios comerciales, Barcelona: Schneider Electric España S.A., 2001.
- [10] CONELEC, «Procedimientos de Despacho y Operación,» 09 08 2000. [En



línea]. Disponible: <http://www.regulacioneolica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/10/ProcedimientosDespacho.pdf>.

[11] CELEC EP UN Transelectric, «CELEC EP Transelectric,» 2018. [En línea].

Disponible:

https://www.celec.gob.ec/transelectric/index.php?option=com_content&view=article&id=89&Itemid=198&lang=es.

[12] CELEC EP UN Transelectric, «Rendición de Cuentas 2017,» 2017. [En línea].

Disponible:

https://www.celec.gob.ec/transelectric/images/stories/baners_home/rendicion%20ocuentas/Rendicion%20de%20cuentas%202017%20rev%20SG.pdf.

[13] CELEC EP UN Transelectric, «Plan de Expansión,» 2013. [En línea]. Disponible:

https://www.celec.gob.ec/transelectric/images/stories/baners_home/Plan%20expansion/parte%201.pdf.

[14] CENACE Operador Nacional de Electricidad, «Publicación Unifilares,» 12 2017.

[En línea]. Disponible:

http://www.cenace.org.ec/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=7:phocatunifsni&Itemid=50.

[15] CNEL EP, «Quienes Somos,» 2018. [En línea]. Disponible:

<https://www.cnelep.gob.ec/quienes-somos/>.

[16] CNEL EP UN Sucumbíos, «Rendición de Cuentas 2017,» 2018. [En línea].

Disponible: <https://www.cnelep.gob.ec/rendicion-cuentas-2017/>.

[17] INEC, «Base de Datos-Censo de Poblacion y Vivienda 2010,» 2010. [En línea].

Disponible: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-de-datos-censo-de->



poblacion-y-vivienda/.

- [18] Schneider Electric, «Medidor de tablero de distribución de energía y de calidad de Energía,» 2011. [En línea]. Disponible: <https://www.schneider-electric.com.co/es/>.
- [19] Association, Copper Development, «Voltage Disturbances,» Julio 2004. [En línea]. Disponible: <http://copperalliance.org.uk/>.
- [20] Power Standards Lab, «Power Quality Measurement Methods,» July 2013. [En línea]. Disponible: <https://www.powerstandards.com/>.
- [21] CYME International, «CYME Software, Análisis de sistemas de distribución.,» 2018. [En línea]. Disponible: <http://www.cyme.com/es/>.
- [22] CELEC EP UN TRANSELECTRIC, «Boletín Líneas 4ed.,» Diciembre 2017. [En línea]. Disponible: https://www.celec.gob.ec/transelectric/index.php?option=com_content&view=article&id=570&Itemid=613&lang=es.
- [23] ARCONEL Agencia de Regulación y Control de Electricidad, «Atlas del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2016,» Julio 2017. [En línea]. Disponible: http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/08/Atlas2016BajaV6_baja_113_2da_parte.pdf.
- [24] CONELEC, «Regulación 006/00,» 2000. [En línea]. Disponible: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/10/ProcedimientosDespacho.pdf>.
- [25] INEN Instituto Ecuatoriano de Normalización, «Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1489:2012,» Quito, 2012.



ÍNDICE

FIGURAS

Figura 2.1 PCC para usuarios industriales y comerciales	27
Figura 3.1 Diagrama de potencias activa/reactiva y sus límites de funcionamiento.	39
Figura 3.2 Operación de sistemas aislados.	42
Figura 3.3 Efectos del cambio de variables sobre un generador en sistema aislado.	43
Figura 3.4 Operación de generadores en paralelo	44
Figura 3.5 Operación de generadores con una red de potencia infinita.	44
Figura 3.6 Efectos del cambio de variables sobre un generador en barra infinita. ...	45
Figura 3.7 Procedimiento Arranque y Parada Generador General Motors.....	49
Figura 4.1 Sistema Nacional de Transmisión.....	51
Figura 4.2 Diagrama unifilar del SNI zona nororiental.	52
Figura 4.3 Área de servicio de CNEL EP UN Sucumbíos.	54
Figura 4.4 Exterior de la Subestación Payamino.	57
Figura 4.5 Transformador Subestación Payamino 69/13,8 kV.	59
Figura 4.6 Ubicación del cantón Loreto y sus parroquias.....	60
Figura 4.7 Parroquias atendidas por el alimentador Loreto.....	61
Figura 4.8 Tablero de control del alimentador Loreto.....	62
Figura 4.9 Ciudad de Loreto.....	62
Figura 4.10 Zonas periféricas del alimentador.	62
Figura 5.1 Medidor ION PowerLogic 8650.	63
Figura 5.2 Diagrama de conexiones y sus elementos.....	66
Figura 5.3 Interfaz del software Cyme – Cymdist.....	67
Figura 6.1 Período de generación de la central térmica Loreto.....	72



Figura 6.2 Captura de diagrama fasorial de voltajes y corrientes.	80
Figura 6.3. Captura de pantalla de datos, kW, kVAR, kVA, FP.....	84
Figura 6.4. Captura de datos, THDV para la línea “a”.....	86
Figura 6.5 THDV para la línea “b”.	87
Figura 6.6 Captura de datos, THDV para la línea “c”	89
Figura 6.7. Captura de datos, THDI para la línea “a”	91
Figura 6.8. Captura de datos, THDI para la línea “b”	92
Figura 6.9 Cabecera del alimentador con parámetros de demanda.	94
Figura 6.10 Representación de la central térmica.....	95
Figura 6.11 Cuadro de flujo de carga en un punto del alimentador.....	96
Figura 6.12 Reporte sumario del flujo de carga del alimentador.	97
Figura 6.13 Perfil de voltaje del alimentador sin generación.	98
Figura 6.14 Representación de los voltajes del alimentador en escala de colores. .	98
Figura 6.15 Reporte sumario del flujo de carga del alimentador con generación...	100
Figura 6.16 Perfil de voltaje del alimentador con generación.....	101
Figura 6.17 Representación de los voltajes del alimentador en escala de colores.	102
Figura 6.18 Puntos seleccionados para evaluación dentro de Cyme-Cymdist.....	103
Figura 6.19. Lluvia y descargas atmosféricas.	109
Figura 6.20. Vegetación cercana a las estructuras del alimentador.....	110
Figura 6.21. Evento de baja frecuencia registrada en SNI.....	111
Figura 6.22 Terminal dañado en transformador.	112
Figura 6.23 Líneas de 138 kV y 13,8 kV en las cercanías de Loreto.	113



GRAFICAS

Gráfica 6.1 Estadística de la variación de voltaje de barra en la cabecera del primario.	70
Gráfica 6.2 Estadística de la variación del factor de potencia en barra de la cabecera del primario.	71
Gráfica 6.3 Estadística de la variación de voltaje línea “a” sin generación térmica	73
Gráfica 6.4 Estadística de la variación de voltaje línea “a” con generación térmica.	75
Gráfica 6.5 Estadística de la variación de voltaje línea “b” sin generación térmica	76
Gráfica 6.6 Estadística de la variación de voltaje línea “b” con generación térmica	77
Gráfica 6.7 Estadística de la variación de voltaje línea “c” sin generación térmica	78
Gráfica 6.8 Estadística de la variación de voltaje línea “c” con generación térmica	80
Gráfica 6.9 Estadística de la variación del factor de potencia sin generación térmica.....	82
Gráfica 6.10 Estadística de la variación del factor de potencia con generación térmica.....	83
Gráfica 6.11 Estadística de la variación de THDV Línea “a”.	85
Gráfica 6.12 Estadística de la variación de THDV Línea “b”.	87
Gráfica 6.13 Estadística de la variación de THDV Línea “c”.	88
Gráfica 6.14 Estadística de la variación de THDI Línea “a”.....	90

Gonzalo Vinicio Guamán Tulcanaza



Gráfica 6.15 Estadística de la variación de THDI Línea “b”	92
Gráfica 6.16 Estadística de la variación de THDI Línea “c”	93
Gráfica 6.17 Nodos conectados con bajo voltaje y sin generación térmica.....	107
Gráfica 6.18 Nodos conectados con bajo voltaje con generación térmica	108



TABLAS

Tabla 2.1 Límites permitidos para la Variación de Voltaje.....	24
Tabla 2.2 Tolerancias permitidas para V_i y THD.....	25
Tabla 2.3 IEEE estándar 519-1992. Límite Harmónicos de Corriente, $V_n < 69kV$	26
Tabla 2.4 Potencia Nominal en Generación de Energía Eléctrica.....	34
Tabla 3.1 Propiedades de los Fuel Oil.	36
Tabla 4.1 Infraestructura instalada de CNEL EP UN Sucumbíos.....	55
Tabla 4.2 Subestaciones de la CNEL EP UN Sucumbíos.....	55
Tabla 4.3 Líneas de Subtransmisión de CNEL EP UN Sucumbíos.....	56
Tabla 4.4 Características de la Subestación Payamino.	57
Tabla 4.5 Datos del transformador de la subestación Payamino.	58
Tabla 4.6 Características del Cantón Loreto.....	59
Tabla 6.1 Datos del histograma y distribución acumulada de las variaciones de voltaje en barra del primario.....	69
Tabla 6.2 Datos del histograma y distribución acumulada de las variaciones del factor de potencia en barra del primario.....	70
Tabla 6.3 Datos del histograma y distribución acumulada. Línea “a” sin generación térmica.....	73
Tabla 6.4 Datos del histograma y distribución acumulada. Línea “a” con generación térmica.....	74
Tabla 6.5 Datos del histograma y distribución acumulada. Línea “b” sin generación térmica.....	75
Tabla 6.6 Datos del histograma y distribución acumulada. Línea “b” con generación térmica.....	77



Tabla 6.7 Datos del histograma y distribución acumulada. Línea “c” sin generación térmica.....	78
Tabla 6.8 Datos del histograma y distribución acumulada. Línea “c” con generación térmica.....	79
Tabla 6.9 Datos del histograma y distribución acumulada del Factor de Potencia sin generación térmica.	81
Tabla 6.10 Datos del histograma y distribución acumulada del Factor de Potencia con generación térmica.	82
Tabla 6.11 Datos del histograma y distribución acumulada de THDV de la línea “a”.....	84
Tabla 6.12 Datos del histograma y distribución acumulada de THDV de la línea “b”.....	86
Tabla 6.13 Datos del histograma y distribución acumulada de THDV de la línea “c”.....	88
Tabla 6.14 Datos del histograma y distribución acumulada de THDI de la línea “a”.....	90
Tabla 6.15 Datos del histograma y distribución acumulada de THDI de la línea “b”.....	91
Tabla 6.16 Datos del histograma y distribución acumulada de THDI de la línea “c”.....	93
Tabla 6.17 Parámetros de Demanda en la Subestación Payamino.	94
Tabla 6.18 Parámetros de generación.	99
Tabla 6.19 Valores de voltaje y fp de los puntos cercanos a la fuente.....	104
Tabla 6.20 Valores de voltaje y fp de los puntos intermedios al alimentador.	105



Tabla 6.21 Valores de voltaje y fp de los puntos periféricos del
alimentador. 106



ANEXOS

Anexo 1: Reporte sumario simulación sin generación térmica.

Load Flow - Summary Report

Study Parameters	
Study Name	SinGeneracion.xst
Date	Tue Jun 30 2018
Time	21h34m32s
Project Name	New
Calculation Method	Voltage Drop - Unbalanced
Tolerance	0,1 %
Load Factors	Global (P=100,00%, Q=100,00%)
Motor Factors	As defined
Generator Factors	As defined
Shunt Capacitors	On
Sensitivity Load Model	From Library

Total Summary	kW	kvar	kVA	PF(%)
Sources (Swing)	2056,62	773,6	2197,3	93,6
Generators	0	0	0	0
Total Generation	2056,62	773,6	2197,3	93,6
Load read (Non-adjusted)	2424,96	839,65	2566,21	94,5
Load used (Adjusted)	1738,2	601,62	1839,37	94,5
Shunt capacitors (Adjusted)	0	0	0	0
Shunt reactors (Adjusted)	0	0	0	0
Motors	0	0	0	0
Total Loads	1738,2	601,62	1839,37	94,5
Cable Capacitance	0	-2,69	2,69	0
Line Capacitance	0	-143,27	143,27	0
Total Shunt Capacitance	0	-145,96	145,96	0
Line Losses	261,21	281,1	383,73	68,07
Cable Losses	0,08	0,06	0,1	79
Transformer Load Losses	9,17	36,8	37,93	24,17
Transformer No-Load Losses	47,96	0	47,96	100
Total Losses	318,42	317,97	449,99	70,76

Abnormal Conditions	Phase	Count	Worst Condition	Value
Overload	A	5	101837_MTA	168,83 %
	B	11	101947_MTA	167,67 %
	C	5	118122_MTA	150,35 %
Under-Voltage	A	7025	107074_MTA	60,25 %
	B	3658	108116_MTA	80,56 %
	C	5096	100196_MTA	77,45 %
Over-Voltage	A	0	3	102,90 %
	B	0	3	102,90 %
	C	0	1287_MTS	102,90 %

Annual Cost of System Losses	kW	MW-h/year	k\$/year
Line Losses	261,21	2288,19	68,65
Cable Losses	0,08	0,72	0,02
Transformer Load Losses	9,17	80,31	2,41
Transformer No-Load Losses	47,96	420,11	12,60
Total Losses	318,42	2789,34	83,68



**UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

Anexo 2: Reporte sumario simulación con generación térmica.

Load Flow - Summary Report

Study Parameters	
Study Name	ConGeneracion.xst
Date	Tue Jun 30 2018
Time	22h22m51s
Project Name	New
Calculation Method	Voltage Drop - Unbalanced
Tolerance	0,1 %
Load Factors	Global (P=100,00%, Q=100,00%)
Motor Factors	As defined
Generator Factors	As defined
Shunt Capacitors	On
Sensitivity Load Model	From Library

Total Summary	kW	kvar	kVA	PF(%)
Sources (Swing)	1642,67	633,21	1760,49	93,31
Generators	600,48	122,45	612,84	97,98
Total Generation	2243,15	755,66	2367,01	94,77
Load read (Non-adjusted)	2424,96	839,65	2566,21	94,5
Load used (Adjusted)	2045,8	708,57	2165,03	94,49
Shunt capacitors (Adjusted)	0	0	0	0
Shunt reactors (Adjusted)	0	0	0	0
Motors	0	0	0	0
Total Loads	2045,8	708,57	2165,03	94,49
Cable Capacitance	0	-2,83	2,83	0
Line Capacitance	0	-156,77	156,77	0
Total Shunt Capacitance	0	-159,59	159,59	0
Line Losses	131,02	143,61	194,4	67,4
Cable Losses	0,05	0,04	0,07	79,35
Transformer Load Losses	13,49	63,04	64,46	20,92
Transformer No-Load Losses	52,79	0	52,79	100
Total Losses	197,34	206,69	285,77	69,06

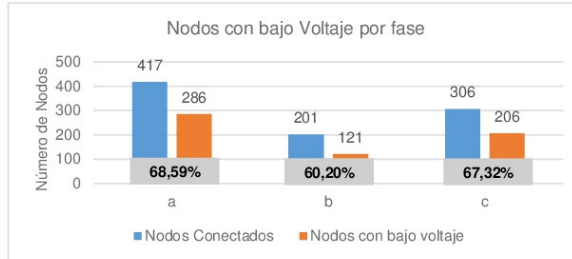
Abnormal Conditions	Phase	Count	Worst Condition	Value
Overload	A	10	I101837_MTA	167,83 %
	B	11	I4902_MTA	186,24 %
	C	5	I4901_MTA	167,05 %
Under-Voltage	A	6723	I107074_MTA	69,69 %
	B	3252	I8116_MTA	84,75 %
	C	4348	I100196_MTA	84,89 %
Over-Voltage	A	0	I287_MTS	102,90 %
	B	0	I287_MTS	102,90 %
	C	0	I287_MTS	102,90 %

Annual Cost of System Losses	kW	MW-h/year	k\$/year
Line Losses	131,02	1147,71	34,43
Cable Losses	0,05	0,48	0,01
Transformer Load Losses	13,49	118,13	3,54
Transformer No-Load Losses	52,79	462,42	13,87
Total Losses	197,34	1728,74	51,86



Anexo 3: Reporte flujo de cargas simulación sin generación térmica.

Load Flow - Loads



	a	b	c
Conectados	417	201	306
Menor a 110,4V	286	121	206
	68,59%	60,20%	67,32%
Máx	122,8	123	123
Mín	72,3	96,7	92,9

Equipment No	VA (V)	VB (V)	VC (V)
MTA_L_100132	122,7		
MTA_L_100138	122,4		
MTA_L_100140	122,7	122,8	122,9
MTA_L_15144	122,4		
MTA_L_15145	122,3		
MTA_L_15146	122,3		
MTA_L_15149	122,3		
MTA_L_14678	122,3		
MTA_L_9069	122,3		
MTA_L_14677	122,3		
MTA_L_15148	122,3		
MTA_L_15147	122,3		
MTA_L_17628		123	
MTA_L_18125			123
MTA_L_101765			123
MTA_L_104992	122,4		
MTA_L_16074		123	
MTA_L_14093			122,6
MTA_L_13638			122,6
MTA_L_13526			122,6
MTA_L_13527			122,6
MTA_L_13636			122,6
MTA_L_13637			122,6
MTA_L_13172			122,6
MTA_L_99991			122,6
MTA_L_100682			122,6
MTA_L_83900			122,7
MTA_L_100008	122,6		
MTA_L_16844		123	
MTA_L_90326	122,5		
MTA_L_16073		123	
MTA_L_16845	122,5		
MTA_L_16839		123	
MTA_L_104181	122,4		
MTA_L_16835	122,4		
MTA_L_16072		123	
MTA_L_16071			123
MTA_L_16069	122,7	122,9	122,8
MTA_L_16834	122,4		
MTA_L_44285	122,4		
MTA_L_32314	122,4		
MTA_L_44280	122,4		
MTA_L_32313	122,4		



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

MTA_L_46644	122,4		
MTA_L_46661	122,4		
MTA_L_15013	122,4		
MTA_L_15014	122,4		
MTA_L_32318		123	
MTA_L_32315		122,9	
MTA_L_32316		122,9	
MTA_L_32317		122,9	
MTA_L_32322		122,9	
MTA_L_32321		122,9	
MTA_L_32323		122,9	
MTA_L_32324		122,9	
MTA_L_32639		122,9	
MTA_L_32640		122,9	
MTA_L_32641		122,9	
MTA_L_32319		122,9	
MTA_L_32320		122,9	
MTA_L_46649	122,4		
MTA_L_32650	122,4		
MTA_L_104990	122,4		
MTA_L_108202	122,4		
MTA_L_46651	122,3		
MTA_L_46650	122,3		
MTA_L_32654	122,3		
MTA_L_108200	122,3		
MTA_L_32653	122,3		
MTA_L_108198	122,3		
MTA_L_32652	122,3		
MTA_L_62082	122,4		
MTA_L_32644	122,4		
MTA_L_32642	122,4		
MTA_L_32645	122,4		
MTA_L_32647	122,4		
MTA_L_32646	122,4		
MTA_L_32649	122,4		
MTA_L_108196	122,4		
MTA_L_32648	122,4		
MTA_L_33551		122,9	
MTA_L_33550		122,9	
MTA_L_33553		122,9	
MTA_L_33552		122,9	
MTA_L_33554		122,9	
MTA_L_33555		122,9	
MTA_L_33556		122,9	
MTA_L_33693		122,9	
MTA_L_33698		122,9	
MTA_L_33694		122,9	
MTA_L_46646		122,9	
MTA_L_33697		122,9	
MTA_L_33696		122,9	
MTA_L_33695		122,9	
MTA_L_33549			123
MTA_L_33844		123	
MTS_L_14728	122,6	122,8	122,8
MTA_L_17212			123
MTA_L_18021	122,7		
MTA_L_17214	122,8	122,9	122,9
MTA_L_17216	122,7		
MTA_L_17218	122,8	122,9	122,9
MTA_L_100134	122,7	122,8	122,8
MTA_L_7487	120,5		
MTA_L_100650	119,9		
MTA_L_32311	119,9		
MTA_L_46642	119,9		
MTA_L_18120	119,5		
MTA_L_7632	119,5		
MTA_L_7631	119,5		



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

MTA_L_7630	119,5		
MTA_L_18121	119,5		
MTA_L_7629	119,5		
MTA_L_7634	119,5		
MTA_L_100712			121,3
MTA_L_18122			118,5
MTA_L_99948			121,3
MTA_L_99952			121,3
MTA_L_99942			121,3
MTA_L_102027			121,3
MTA_L_99956		120,5	
MTA_L_100142		120,4	
MTA_L_99960		117,7	
MTA_L_17763	118		
MTA_L_99969	115		
MTA_L_8926			120,3
MTA_L_101903	117,3		
MTA_L_99983	117,3		
MTA_L_14649			120
MTA_L_14651			120
MTA_L_99987			120
MTS_L_11919	117,4	118,8	117,9
MTA_L_18127			119,2
MTA_L_18128		118,5	
MTA_L_14653	116,5	118,1	117,1
MTA_L_101695			118,2
MTA_L_101761			117,9
MTA_L_101795			117,4
MTA_L_16068		116,9	
MTA_L_100678	110,5		
MTA_L_109141		113,2	
MTA_L_101891	98,8		
MTA_L_13192	92,5		
MTA_L_100146	91,4		
MTA_L_13193			108,4
MTA_L_13194			107,5
MTA_L_13195	88,4		
MTA_L_13196	85,9		
MTA_S_101948		106,5	
MTA_L_100006	83,5		
MTA_L_13642		105,9	
MTA_L_100648	82,7		
MTA_L_100158	80,2		
MTA_L_7401		104,6	
MTA_L_11744	91,1	100,4	95,3
MTA_L_100634			102,8
MTA_L_101991			102,8
MTA_L_100630	91,2	100,5	95,4
MTA_L_6645	79,7		
MTA_L_100170		104,2	
MTA_L_101863		104,2	
MTA_L_29745		104,2	
MTA_L_29740		104,2	
MTA_L_100652	79,3		
MTA_L_29744	79,3		
MTA_L_100632	79,3		
MTA_L_100164	79,3		
MTA_L_102009	79,3		
MTA_L_6638	79,3		
MTA_L_6639	79,3		
MTA_L_101961	79,3		
MTA_L_6642	79,3		
MTA_L_100162	90,7	100,1	94,9
MTA_L_100030	79,3		
MTA_L_6635	79,3		
MTA_L_100010			102,6
MTA_L_6636	79,3		



**UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

MTA_L_101973	79,1		
MTA_L_101645	79,1		
MTA_L_35528	77,3		
MTA_L_89603	79,1		
MTA_L_102031			102,5
MTA_L_100014	77,3		
MTA_L_100168		104,1	
MTA_L_101841		104,1	
MTA_L_16622		104,1	
MTA_L_15396		104,1	
MTA_L_15393	90,5	100	94,8
MTA_L_101869		104,1	
MTA_L_7404		104,1	
MTA_L_7403	90,5	100	94,8
MTA_L_60300		104,1	
MTA_L_101951	90,4	99,9	94,7
MTA_L_101959	79		
MTA_L_4896	79		
MTA_L_4897	77,2		
MTA_L_100210	77,2		
MTA_L_100628	78,9		
MTA_L_100646	78,8		
MTA_L_102096			102,2
MTA_L_101929			102,2
MTA_L_100128	78,7		
MTA_L_4912	78,7		
MTA_L_5535	76,9		
MTA_L_100220	78,6		
MTA_L_113985	78,6		
MTA_L_100624	78,6		
MTA_L_60418	78,5		
MTA_L_60302	78,5		
MTA_L_60420	78,5		
MTA_L_60358	78,5		
MTA_L_60430	78,5		
MTA_L_60296	78,5		
MTA_L_60826	78,5		
MTA_L_5674	78,6		
MTA_L_5673	78,6		
MTA_L_5671	78,6		
MTA_L_5670	78,7		
MTA_L_10499	78,7		
MTA_L_100242	78,7		
MTA_L_5686	78,7		
MTA_L_100130	78,6		
MTA_L_10500	90	99,4	94,2
MTA_L_101583			101,9
MTA_L_101565	78,5		
MTA_L_101567	78,5		
MTA_L_101655	78,5		
MTA_L_27705			101,8
MTA_L_23160			101,8
MTA_L_101659			101,8
MTA_L_101549			101,8
MTA_L_101551			101,8
MTA_L_4917			101,8
MTA_L_5032			101,8
MTA_L_5033			101,8
MTA_L_5034			101,8
MTA_L_87461			101,8
MTA_L_87466			101,8
MTA_L_101589			101,8
MTA_L_27684			101,8
MTA_L_27683			101,8
MTA_L_101591			101,8
MTA_L_5040			101,7
MTA_L_82254			101,7



**UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

MTA_L_5039				101.7
MTA_L_5038				101.7
MTA_L_5037				101.7
MTA_L_101545				101.7
MTA_L_101815				101.7
MTA_L_101523				101.7
MTA_L_101535				101.7
MTA_L_101527				101.7
MTA_L_101531				101.7
MTA_L_101539				101.7
MTA_L_5036				101.7
MTA_L_5035				101.8
MTA_L_101797				101.8
MTA_L_101801				101.7
MTA_L_101805				101.7
MTA_L_101809				101.7
MTA_L_101811				101.7
MTA_L_101813				101.7
MTA_L_5669				101.7
MTA_L_60414				101.7
MTA_L_105606				101.7
MTA_L_101661	78.3			
MTA_L_101665				101.8
MTA_L_101689				101.8
MTA_L_101561	78.3			
MTA_L_101671	78.2			
MTA_L_101467	78.2			
MTA_L_101471	78.2			
MTA_L_101505	76.5			
MTA_L_101513	78.2			
MTA_L_101667	78.2			
MTA_L_5041				101.8
MTA_L_101519				101.8
MTA_L_88270				101.8
MTA_L_101677		101.4		
MTA_L_101683	78			
MTA_L_5466	78			
MTA_L_101679	77.8			
MTA_L_101603	77.7			
MTA_L_101687				102.3
MTA_L_101593	88.8	97.9		93.6
MTA_L_5307		100.5		
MTA_L_101595	77.6			
MTA_L_101597				102.5
MTA_L_101631		100.4		
MTA_L_101633		100.4		
MTA_L_5469	88.8	97.8		93.6
MTA_L_101601		100.3		
MTA_L_32205		100.3		
MTA_L_101819		100.3		
MTA_L_7980		100.1		
MTA_L_7981		100		
MTA_L_101607		99.8		
MTA_L_101609		99.8		
MTA_L_54150		99.8		
MTA_L_101613		99.8		
MTA_L_101611		99.8		
MTA_L_101623		99.7		
MTA_L_101621		99.7		
MTA_L_109158		99.7		
MTA_L_83958		99.6		
MTA_L_7986		99.6		
MTA_L_76481		99.6		
MTA_L_54102		99.6		
MTA_L_54101		99.6		
MTA_L_54100		99.6		
MTA_L_8113		99		



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

MTA_L_8114		98.9	
MTA_L_8115		98.9	
MTA_L_8116		96.7	
MTS_L_325		99	
MTA_L_8112		99.1	
MTA_L_8111		99.2	
MTA_L_8110		99.3	
MTA_L_8109		99.4	
MTA_L_7987		99.5	
MTA_L_7984		99.7	
MTA_L_102092		99.8	
MTA_L_101619		99.8	
MTA_L_101617		99.8	
MTA_L_101635		98.2	
MTA_L_101637		100.4	
MTA_L_101821	77.6		
MTA_L_101831	77.6		
MTA_L_101827	77.5		
MTA_L_8122	77.5		
MTA_L_8125	77.5		
MTA_L_8126	77.4		
MTA_L_8297	77.4		
MTA_L_8298	77.4		
MTA_L_8291	77.4		
MTA_L_8290	77.4		
MTA_L_8289	77.4		
MTA_L_8288	77.4		
MTA_L_8299	77.4		
MTA_L_101823	77.5		
MTA_L_101825	77.5		
MTA_L_101625		100.4	
MTA_L_101629		100.4	
MTA_L_101627		100.4	
MTA_L_101599		100.4	
MTA_L_87619	77.8		
MTA_L_5468			102.2
MTA_L_84847	89	98.1	93.6
MTA_L_5467			102.1
MTA_L_88244		101.7	
MTA_L_88249		101.7	
MTA_L_101675		101.7	
MTA_L_88254		101.7	
MTA_L_88191		101.7	
MTA_L_101521			101.8
MTA_L_109136			101.4
MTA_L_5044			101.4
MTA_L_101691			101.4
MTA_L_101473			101.3
MTA_L_101475			101.1
MTA_L_5534			101.1
MTA_L_5533			101.1
MTA_L_5532			101.1
MTA_L_5531			101.2
MTA_L_101479			101.1
MTA_L_101481			101
MTA_L_101483			101
MTA_L_88676			101
MTA_L_101485			101
MTA_L_109126			101
MTA_L_101487			101
MTA_L_101489			101
MTA_L_5681			101
MTA_L_5680			101
MTA_L_101150			100.8
MTA_L_5470			100.8
MTA_L_101491			100.8
MTA_L_101495			100.8



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

MTA_L_101499			100,8
MTA_L_5471			100,8
MTA_L_5472			100,8
MTA_L_5473			100,7
MTA_L_5474			100,6
MTA_L_5475			100,6
MTA_L_101465			100,5
MTA_L_27302			100,5
MTA_L_5476			100,5
MTA_L_5477			100,4
MTA_L_5478			100,4
MTA_L_5479			100,3
MTA_L_5480			100,3
MTA_L_5481			100,2
MTA_L_101447			100,1
MTA_L_5482			100
MTA_L_101445			100
MTA_L_5485			100
MTA_L_101451			99,9
MTA_L_79843			99,9
MTA_L_79841			99,9
MTA_L_79839			99,9
MTA_L_79837			99,9
MTA_L_101457			99,9
MTA_L_101461			99,9
MTA_L_5484			100
MTA_L_88644			99,9
MTA_L_88638			99,9
MTA_L_88640			99,9
MTA_L_88634			99,9
MTA_L_88642			99,9
MTA_L_88632			99,9
MTA_L_88628			99,9
MTA_L_88648			100
MTA_L_88456			100
MTA_L_5483			100
MTA_L_101442			100
MTA_L_5526			100,9
MTA_L_5521			101,2
MTA_L_5046			101,3
MTA_L_5043			101,4
MTA_L_5042			101,5
MTA_L_10502			101,6
MTA_L_101692			101,7
MTA_L_88236			101,7
MTA_L_88322			101,8
MTA_L_82981		101,9	
MTA_L_10501		101,9	
MTA_L_4915	78,4		
MTA_L_101639			101,8
MTA_L_101553			101,8
MTA_L_101555			101,8
MTA_L_101559			101,8
MTA_L_89841	78,5		
MTA_L_89288		103,1	
MTA_L_10378		103,3	
MTA_L_11068	78,6		
MTA_L_101571	78,6		
MTA_L_101573	78,6		
MTA_L_101575	78,6		
MTA_L_101579	78,6		
MTA_L_101587	78,6		
MTA_L_47998	78,6		
MTA_L_101581	78,6		
MTA_L_101585	78,6		
MTA_L_27032	90,1	99,6	94,4
MTA_L_100236	78,7		



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

MTA_L_100226	78,7			
MTA_L_4913				102,2
MTA_L_100218	78,7			
MTA_L_9580	78,7			
MTA_L_78409				102,2
MTA_L_100060				102,1
MTA_L_100101				102,1
MTA_L_100104				102,1
MTA_L_100110				102,1
MTA_L_100114				102,1
MTA_L_100119				102,1
MTA_L_100108				102,1
MTA_L_100214				102,1
MTA_L_100062				102,1
MTA_L_100064				102,1
MTA_L_100066				102,1
MTA_L_100068				102
MTA_L_100078				102
MTA_L_100082				102
MTA_L_100086				102
MTA_L_100090				102
MTA_L_100094				102
MTA_L_100070				102
MTA_L_100074				102
MTA_L_105012				102
MTA_L_14443				102,1
MTA_L_14445				102,1
MTA_L_11742				102,2
MTA_L_4911				102,2
MTA_L_60838				102,2
MTA_L_74571	90,3	99,8		94,5
MTA_L_60324				100,1
MTA_L_100166				102,3
MTA_L_84990				102,3
MTA_L_9837	78,8			
MTA_L_100040				102,3
MTA_L_110455				102,3
MTA_L_100048				102,3
MTA_L_9836				102,3
MTA_L_35527	90,3	99,8		94,6
MTA_L_100674				102,3
MTA_L_102120	78,8			
MTA_L_11746	90,3	99,8		94,5
MTA_L_101877		101,5		
MTA_L_4901				100
MTA_L_60438	78,8			
MTA_L_4902		101,5		
MTA_L_4903		103,8		
MTA_L_100178		103,8		
MTA_L_9832		103,8		
MTA_L_4904		101,5		
MTA_L_100032		103,8		
MTA_L_4905		103,8		
MTA_L_100174		103,8		
MTA_L_102007	77			
MTA_L_100172	78,8			
MTA_L_4909	78,7			
MTA_L_10496	78,7			
MTA_L_100182	90,2	99,8		94,5
MTA_L_101885	90,2	99,7		94,5
MTA_L_100188	78,5			
MTA_L_5529	78,5			
MTA_L_100190	78,5			
MTA_L_100698	78,5			
MTA_L_8296				102,3
MTA_L_101893	77,9			
MTA_L_12406		103,7		



**UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

MTA_L_101883	77,4		
MTA_L_100050	77		
MTA_L_12408	76,9		
MTA_L_100702	76,9		
MTA_L_100054	76,7		
MTA_L_100718	76,6		
MTA_L_101927		103,5	
MTA_L_13479	75,7		
MTA_L_13480			102,2
MTA_L_13604		103,4	
MTA_L_13605		103,4	
MTA_L_13606		103,4	
MTA_L_13607		103,4	
MTA_L_13608		103,4	
MTA_L_13609		103,4	
MTA_L_13610		103,4	
MTA_L_13611		103,4	
MTA_L_13612		103,3	
MTA_L_14638		103,3	
MTA_L_100196	87,8	98,8	92,9
MTA_L_111055			102,2
MTA_L_13487			102,2
MTA_L_101925	73,9		
MTA_L_100200	73,8		
MTA_L_101895	73,8		
MTA_L_103721	73,8		
MTA_L_14637	73,8		
MTA_L_14635	73,9		
MTA_L_14640	73,8		
MTA_L_100204	73,8		
MTA_L_100642	73,8		
MTA_L_100696	73,7		
MTA_L_106889		103,4	
MTA_L_100688	73,7		
MTA_L_100690	73,7		
MTA_L_101865	73,7		
MTA_L_101997	73,6		
MTA_L_101921	73,6		
MTA_L_100708	73,5		
MTA_L_100206	73,5		
MTA_L_14321	73,5		
MTA_L_100208	73,5		
MTA_L_14431	73,5		
MTA_L_14432	73,5		
MTA_L_102005	73,5		
MTA_L_109121	73,5		
MTA_L_101931	73,5		
MTA_L_14436	73,5		
MTA_L_14440	73,4		
MTA_L_101847	73,4		
MTA_L_25798	73,4		
MTA_L_25797	73,4		
MTA_L_25796	73,4		
MTA_L_25795	73,4		
MTA_L_14439	73,5		
MTA_L_14438	73,5		
MTA_L_14435	73,5		
MTA_L_14434	73,5		
MTA_L_100638		103,5	
MTA_L_100058	73,6		
MTA_L_100622	73,6		
MTA_L_14318	73,6		
MTA_L_106571	73,7		
MTA_L_106887	73,7		
MTA_L_106575	73,7		
MTA_L_106883	73,7		
MTA_L_106885	73,7		



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

MTA_L_106891	73,7		
MTA_L_106895	73,7		
MTA_L_13486		103,3	
MTA_L_107076		101	
MTA_L_107078	73,9		
MTA_L_107074	72,3		
MTA_L_13488	72,3		
MTA_L_13485		103,3	
MTA_L_13484			102,2
MTA_L_101978		103,4	
MTA_L_13482			102,2
MTA_L_13481	75,3		
MTA_L_13489	75,4		
MTA_L_100216	75,4		
MTA_L_14209	75,4		
MTA_L_14208	75,4		
MTA_L_14207	75,4		
MTA_L_100122	75,3		
MTA_L_100124	75,3		
MTA_L_100126	75,3		
MTA_L_101993	75,3		
MTA_L_100656	75,3		
MTA_L_14632	75,3		
MTA_L_14631	75,3		
MTA_L_14206	75,3		
MTA_L_13490	75,4		
MTA_L_13478		103,5	
MTA_L_13477			102,2
MTA_L_13475	76,4		
MTA_L_100052	76,8		
MTA_L_109148		103,6	
MTA_L_105170			102,2
MTA_L_109131			102,2
MTA_L_13603			102,2
MTA_L_13602			102,2
MTA_L_13601			102,2
MTA_L_13491			102,2
MTA_L_94088	90,1	99,7	94,4
MTA_L_5528		103,8	
MTA_L_5527	78,6		
MTA_L_100186	78,7		
MTA_L_5685	78,8		
MTA_L_91410	90,3	99,8	94,6
MTA_L_4992	77,1		
MTA_L_88572	77,2		
MTA_L_9582	77,2		
MTA_L_93522			102,4
MTA_L_93524			102,4
MTA_L_30596			100,2
MTA_L_30595	79,2		
MTA_L_56322		104,2	
MTA_L_9587	90,8	100,2	95
MTA_L_100018	79,6		
MTA_L_29724	79,6		
MTA_L_6643	77,8		
MTA_L_100020	79,6		
MTA_L_100022	79,6		
MTA_L_100026	79,6		
MTA_L_11745	79,6		
MTA_L_87651	80,9		
MTA_L_13202	81		
MTA_L_14078	81,6		
MTA_L_13201			103,9
MTA_L_13643			104,6
MTA_L_13197	84,3		
MTA_L_13640			105,3
MTA_L_13205	84,7		



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

MTA_L_13206	84,7		
MTA_L_13207	84,7		
MTA_L_13208	84,7		
MTA_L_13209	84,6		
MTA_L_13210	84,6		
MTA_L_13331	84,6		
MTA_L_100154	84,6		
MTA_L_13523	84,6		
MTA_L_13524	84,6		
MTA_L_101953	84,6		
MTA_L_13525	84,6		
MTA_L_104082	84,6		
MTA_L_104086	84,6		
MTA_L_104104	84,5		
MTA_L_104102	84,5		
MTA_L_104108	84,5		
MTA_L_104112	84,5		
MTA_L_104122	84,5		
MTA_L_104120	84,5		
MTA_L_104128	84,5		
MTA_L_104126	84,5		
MTA_L_104116	84,5		
MTA_L_104092	84,5		
MTA_L_104098	84,5		
MTA_L_104096	84,5		
MTA_L_104090	84,6		
MTA_L_13204	84,8		
MTA_L_13203	84,8		
MTA_L_13649	85,8		
MTA_L_14063	85,8		
MTA_L_14064	85,7		
MTA_L_14067	85,7		
MTA_L_14069	85,7		
MTA_L_14068	85,7		
MTA_L_14065	85,7		
MTA_L_100150	85,7		
MTA_L_14066	85,7		
MTA_L_13173	85,7		
MTA_L_13179	85,6		
MTA_L_13180	85,6		
MTA_L_13644	85,6		
MTA_L_100002	85,6		
MTA_L_99995	85,6		
MTA_L_13645	85,7		
MTA_L_13646	85,6		
MTA_L_13648	85,6		
MTA_L_100684	85,6		
MTA_L_101849	85,6		
MTA_L_100716	85,6		
MTA_L_100660	85,6		
MTA_L_100680	85,6		
MTA_L_100004	85,6		
MTA_L_14076	85,6		
MTA_L_82039	85,6		
MTA_L_14074	85,6		
MTA_L_87613	86,8		
MTA_L_87616	87,4		
MTA_S_14092		109,1	
MTA_L_14091		109,9	
MTA_L_303		109,9	
MTA_L_302			110
MTA_L_16843			110,6
MTA_L_16842			111,1
MTA_L_24812			111,4
MTA_L_16075			112,7
MTA_L_16840		110,1	
MTA_L_16838			114,6



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

MTA_L_16837		114,7	
MTA_L_101971	106,6		
MTA_L_101975	106,6		
MTA_L_16064	106,6		
MTA_L_100658	106,6		
MTA_L_16846	106,6		
MTA_L_16076		114,9	
MTA_L_16836	107,7		
MTA_L_16833			117,6
MTA_L_101769			117,8
MTA_L_101771			117,5
MTA_L_101775			117,4
MTA_L_18134			117,3
MTA_L_16829			117,1
MTA_L_16830			117
MTA_L_101785			116,9
MTA_L_101791			116,9
MTA_L_101793			116,9
MTA_L_101787			116,9
MTA_L_101789			116,9
MTA_L_101777			116,9
MTA_L_101779			116,9
MTA_L_101781			116,9
MTA_L_101783			116,9
MTA_L_9170			116,9
MTA_L_16832			117
MTA_L_16831			117
MTA_L_16067			117,1
MTA_L_18258			117,2
MTA_L_18259			117,1
MTA_L_12089			117
MTA_L_18262			117
MTA_L_16066			117
MTA_L_18261			117
MTA_L_31722			117
MTA_L_31723			117
MTA_L_31724			117
MTA_L_31729			116,9
MTA_L_102788			116,9
MTA_L_102824			116,9
MTA_L_102822			116,9
MTA_L_102828			116,9
MTA_L_103044			116,9
MTA_L_103048			116,9
MTA_L_103054			116,9
MTA_L_102798			116,9
MTA_L_102792			116,9
MTA_L_31864			116,9
MTA_L_31868			116,9
MTA_L_30142			116,9
MTA_L_31867			116,9
MTA_L_14654			117
MTA_L_18260			117,1
MTA_L_18135			117,2
MTA_L_18133			117,5
MTA_L_18132			117,6
MTA_L_18131		117,5	
MTA_L_18130		117,7	
MTA_L_18129		118	
MTA_L_17629	114,4		
MTA_L_18126		119,1	
MTA_L_99979	117,4		
MTA_L_99973	117,7		
MTA_L_99967	118,2		
MTA_L_88696	118,7		
MTA_L_88693	118,7		
MTA_L_88686	118,7		



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

MTA_L_18123			121,1
MTA_L_91283	120	120,7	120,4
MTA_L_9071	120,2	120,8	120,5
MTA_L_32312		121,1	
MTA_L_100714		118,2	
MTA_L_101853		120,8	
MTA_L_30549		120,8	
MTA_L_86896		120,8	
MTA_L_99931		120,8	
MTA_L_99923		120,8	
MTA_L_99927		120,8	
MTA_L_30550		120,8	
MTA_L_86870		120,8	
MTA_L_99919		120,8	
MTA_L_99935		120,8	
MTA_L_101947		118,1	
MTA_L_5874		118,1	
MTA_L_99915		120,9	
MTA_L_4871		121	
MTA_L_17762	120,8	121,3	121,1
MTA_L_101837	117,3		
MTA_L_18119	120		
MTA_L_17639	120,6		
MTA_L_18118	120,6		
MTA_L_17627	120,8		
MTA_L_101861	120,9		
MTA_L_17636	120,9		
MTA_L_99913	121,2		
MTA_L_9209		122,2	
MTA_L_101915	121,5		
MTA_L_13735		122,4	
MTA_L_101845	121,6		
MTA_L_101833		122,4	
MTA_L_99904	121,6		
MTA_L_101875			122,6
MTA_L_16139			122,6
MTA_L_101987			122,6
MTA_L_101983	121,6		
MTA_L_102011	121,6		
MTA_L_13007	121,6		
MTA_L_13009	121,6		
MTA_L_102001	121,6		
MTA_L_13619	121,6		
MTA_L_13632	121,5		
MTA_L_101941	121,5		
MTA_L_13295	121,5		
MTA_L_13296	121,5		
MTA_L_13297	121,5		
MTA_L_49573	121,5		
MTA_L_49571	121,5		
MTA_L_101923	121,5		
MTA_L_49542	121,5		
MTA_L_101889	121,5		
MTA_L_101839	121,5		
MTA_L_100720	121,5		
MTA_L_49554	121,5		
MTA_L_49558	121,5		
MTA_L_49586	121,5		
MTA_L_49540	121,5		
MTA_L_49572	121,5		
MTA_L_101943	121,5		
MTA_L_13626	121,6		
MTA_L_100666	121,6		
MTA_L_13008	121,6		
MTA_L_49472	121,6		
MTA_L_14149		122,4	
MTA_L_13299	121,8		



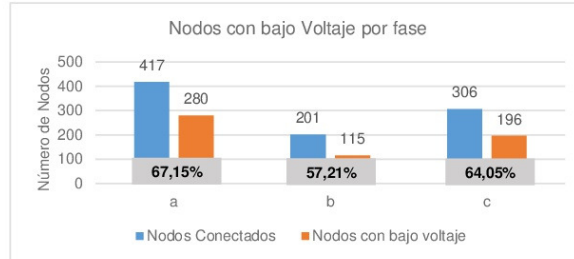
UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

MTA_L_17537	122,2		
MTA_L_100654	122,2		
MTA_L_100692	122,2		
MTA_L_14682	122,2		
MTA_L_100136	122,4		
MTA_L_14668	122,6	122,8	122,7
MTA_L_18022	122,5		
MTA_L_17211	122,8	122,9	122,9
MTS_L_11541	122,7	122,8	122,8



Anexo 4: Reporte flujo de cargas simulación con generación térmica.

Load Flow - Loads



	a	b	c
Conectados	417	201	306
Menor a 110,4V	280	115	196
	67,15%	57,21%	64,05%
Máx	122,9	123,1	123,1
Min	83,6	101,7	101,9

Equipment No	VA (V)	VB (V)	VC (V)
MTA_L_100132	122,8		
MTA_L_100138	122,5		
MTA_L_100140	122,7	122,9	122,9
MTA_L_15144	122,5		
MTA_L_15145	122,4		
MTA_L_15146	122,4		
MTA_L_15149	122,4		
MTA_L_14678	122,4		
MTA_L_9069	122,4		
MTA_L_14677	122,4		
MTA_L_15148	122,4		
MTA_L_15147	122,4		
MTA_L_104992	122,5		
MTA_L_100008	122,7		
MTA_L_90326	122,6		
MTA_L_16845	122,6		
MTA_L_104181	122,5		
MTA_L_16835	122,5		
MTA_L_16069	122,7	122,9	122,9
MTA_L_16834	122,5		
MTA_L_44285	122,5		
MTA_L_32314	122,4		
MTA_L_44280	122,4		
MTA_L_32313	122,4		
MTA_L_46644	122,5		
MTA_L_46661	122,5		
MTA_L_15013	122,5		
MTA_L_15014	122,5		
MTA_L_46649	122,5		
MTA_L_32650	122,5		
MTA_L_104990	122,4		
MTA_L_108202	122,4		
MTA_L_46651	122,4		
MTA_L_46650	122,4		
MTA_L_32654	122,4		
MTA_L_108200	122,4		
MTA_L_32653	122,4		
MTA_L_108198	122,4		
MTA_L_32652	122,4		
MTA_L_62082	122,4		
MTA_L_32644	122,4		
MTA_L_32642	122,4		
MTA_L_32645	122,4		



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

MTA_L_32647	122.4		
MTA_L_32646	122.4		
MTA_L_32649	122.5		
MTA_L_108196	122.5		
MTA_L_32648	122.5		
MTS_L_14728	122.7	122.8	122.9
MTA_L_18021	122.8		
MTA_L_17214	122.9	123	123
MTA_L_17216	122.8		
MTA_L_17218	122.9	123	123
MTA_L_100134	122.8	122.9	122.9
MTA_L_7487	121		
MTA_L_100650	120.6		
MTA_L_32311	120.6		
MTA_L_46642	120.6		
MTA_L_18120	120.3		
MTA_L_7632	120.3		
MTA_L_7631	120.3		
MTA_L_7630	120.3		
MTA_L_18121	120.3		
MTA_L_7629	120.3		
MTA_L_7634	120.3		
MTA_L_17763	119.3		
MTA_L_99969	116.3		
MTA_L_101903	118.7		
MTA_L_99983	118.7		
MTS_L_11919	118.8	119.8	119.4
MTA_L_14653	118.2	119.4	118.8
MTA_L_100678	113.9		
MTA_L_101971	111.1		
MTA_L_101975	111.1		
MTA_L_16064	111.1		
MTA_L_100658	111.1		
MTA_L_16846	111.1		
MTA_L_16836	111.9		
MTA_L_17629	116.7		
MTA_L_99979	118.8		
MTA_L_99973	119		
MTA_L_99967	119.4		
MTA_L_88696	119.8		
MTA_L_88693	119.8		
MTA_L_88686	119.8		
MTA_L_91283	120.7	121.3	121.2
MTA_L_9071	120.8	121.3	121.2
MTA_L_17762	121.3	121.7	121.6
MTA_L_101837	118		
MTA_L_18119	120.7		
MTA_L_17639	121.1		
MTA_L_18118	121.1		
MTA_L_17627	121.3		
MTA_L_101861	121.4		
MTA_L_17636	121.4		
MTA_L_99913	121.6		
MTA_L_101915	121.9		
MTA_L_101845	121.9		
MTA_L_99904	121.9		
MTA_L_101983	121.9		
MTA_L_102011	121.9		
MTA_L_13007	121.9		
MTA_L_13009	121.9		
MTA_L_102001	121.9		
MTA_L_13619	121.9		
MTA_L_13632	121.9		
MTA_L_101941	121.9		
MTA_L_13295	121.9		
MTA_L_13296	121.8		
MTA_L_13297	121.8		



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

MTA_L_49573	121,8		
MTA_L_49571	121,8		
MTA_L_101923	121,8		
MTA_L_49542	121,8		
MTA_L_101889	121,8		
MTA_L_101839	121,8		
MTA_L_100720	121,8		
MTA_L_49554	121,8		
MTA_L_49558	121,8		
MTA_L_49586	121,8		
MTA_L_49540	121,8		
MTA_L_49572	121,8		
MTA_L_101943	121,8		
MTA_L_13626	121,9		
MTA_L_100666	121,9		
MTA_L_13008	121,9		
MTA_L_49472	121,9		
MTA_L_13299	122		
MTA_L_17537	122,4		
MTA_L_100654	122,4		
MTA_L_100692	122,4		
MTA_L_14682	122,4		
MTA_L_100136	122,5		
MTA_L_14668	122,7	122,8	122,8
MTA_L_18022	122,6		
MTA_L_17211	122,9	123	123
MTS_L_11541	122,8	122,9	122,9
MTA_L_17628		123	
MTA_L_18125			123
MTA_L_101765			123
MTA_L_16074		123,1	
MTA_L_14093			122,6
MTA_L_13638			122,6
MTA_L_13526			122,6
MTA_L_13527			122,6
MTA_L_13636			122,6
MTA_L_13637			122,6
MTA_L_13172			122,6
MTA_L_99991			122,6
MTA_L_100682			122,6
MTA_L_83900			122,7
MTA_L_16844		123,1	
MTA_L_16073		123,1	
MTA_L_16839		123,1	
MTA_L_16072		123,1	
MTA_L_16071			123
MTA_L_32318		123	
MTA_L_32315		123	
MTA_L_32316		123	
MTA_L_32317		123	
MTA_L_32322		123	
MTA_L_32321		123	
MTA_L_32323		123	
MTA_L_32324		123	
MTA_L_32639		123	
MTA_L_32640		123	
MTA_L_32641		123	
MTA_L_32319		123	
MTA_L_32320		123	
MTA_L_33551		123	
MTA_L_33550		123	
MTA_L_33553		123	
MTA_L_33552		123	
MTA_L_33554		123	
MTA_L_33555		123	
MTA_L_33556		123	
MTA_L_33693		123	



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

MTA_L_33698		123	
MTA_L_33694		123	
MTA_L_46646		123	
MTA_L_33697		123	
MTA_L_33696		123	
MTA_L_33695		123	
MTA_L_33549			123,1
MTA_L_33844		123	
MTA_L_17212			123,1
MTA_L_100712			121,8
MTA_L_18122			119,1
MTA_L_99948			121,8
MTA_L_99952			121,8
MTA_L_99942			121,8
MTA_L_102027			121,8
MTA_L_99956		121	
MTA_L_100142		121	
MTA_L_99960		118,2	
MTA_L_8926			121,2
MTA_L_14649			120,9
MTA_L_14651			120,9
MTA_L_99987			120,9
MTA_L_18127			120,4
MTA_L_18128		119,6	
MTA_L_101695			119,7
MTA_L_101761			119,5
MTA_L_101795			119,2
MTA_L_16068		118,5	
MTA_L_109141		115,8	
MTA_L_101891	105,4		
MTA_L_13192	100,9		
MTA_L_100146	100,1		
MTA_L_13193			113,6
MTA_L_13194			113
MTA_L_13195	98		
MTA_L_13196	96,2		
MTA_S_101948		111,5	
MTA_L_100006	94,4		
MTA_L_13642		110,9	
MTA_L_100648	93,8		
MTA_L_100158	92,1		
MTA_L_7401		110	
MTA_L_11744	100,3	107,1	104,2
MTA_L_100634			110,1
MTA_L_101991			110
MTA_L_100630	100,4	107,2	104,3
MTA_L_6645	91,7		
MTA_L_100170		109,7	
MTA_L_101863		109,7	
MTA_L_29745		109,7	
MTA_L_29740		109,7	
MTA_L_100652	91,5		
MTA_L_29744	91,5		
MTA_L_100632	91,5		
MTA_L_100164	91,5		
MTA_L_102009	91,5		
MTA_L_6638	91,5		
MTA_L_6639	91,5		
MTA_L_101961	91,5		
MTA_L_6642	91,5		
MTA_L_100162	100,1	106,9	104
MTA_L_100030	91,5		
MTA_L_6635	91,5		
MTA_L_100010			109,9
MTA_L_6636	91,5		
MTA_L_101973	91,4		
MTA_L_101645	91,3		



**UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

MTA_L_35528	89,3		
MTA_L_89603	91,3		
MTA_L_102031			109,9
MTA_L_100014	89,3		
MTA_L_100168		109,6	
MTA_L_101841		109,6	
MTA_L_16622		109,6	
MTA_L_15396		109,6	
MTA_L_15393	99,9	106,8	103,9
MTA_L_101869		109,6	
MTA_L_7404		109,6	
MTA_L_7403	99,9	106,8	103,9
MTA_L_60300		109,6	
MTA_L_101951	99,9	106,8	103,8
MTA_L_101959	91,3		
MTA_L_4896	91,3		
MTA_L_4897	89,2		
MTA_L_100210	89,2		
MTA_L_100628	91,2		
MTA_L_100646	91,2		
MTA_L_102096			109,9
MTA_L_101929			109,9
MTA_L_100128	91,4		
MTA_L_4912	91,4		
MTA_L_5535	89,3		
MTA_L_100220	91,3		
MTA_L_113985	91,3		
MTA_L_100624	91,3		
MTA_L_60418	91,2		
MTA_L_60302	91,2		
MTA_L_60420	91,2		
MTA_L_60358	91,2		
MTA_L_60430	91,2		
MTA_L_60296	91,2		
MTA_L_60826	91,2		
MTA_L_5674	91,2		
MTA_L_5673	91,3		
MTA_L_5671	91,3		
MTA_L_5670	91,4		
MTA_L_10499	91,4		
MTA_L_100242	91,4		
MTA_L_5686	91,5		
MTA_L_100130	91,7		
MTA_L_10500	100,2	106,9	104
MTA_L_101583			110,2
MTA_L_101565	92		
MTA_L_101567	92		
MTA_L_101655	91,9		
MTA_L_27705			110,1
MTA_L_23160			110,1
MTA_L_101659			110,1
MTA_L_101549			110,1
MTA_L_101551			110,1
MTA_L_4917			110,1
MTA_L_5032			110
MTA_L_5033			110
MTA_L_5034			110
MTA_L_87461			110
MTA_L_87466			110,1
MTA_L_101589			110,1
MTA_L_27684			110,1
MTA_L_27683			110,1
MTA_L_101591			110,1
MTA_L_5040			109,9
MTA_L_82254			109,9
MTA_L_5039			109,9
MTA_L_5038			109,9



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

MTA_L_5037				109,9
MTA_L_101545				109,9
MTA_L_101815				109,9
MTA_L_101523				109,9
MTA_L_101535				109,9
MTA_L_101527				109,9
MTA_L_101531				109,9
MTA_L_101539				109,9
MTA_L_5036				110
MTA_L_5035				110
MTA_L_101797				110
MTA_L_101801				110
MTA_L_101805				109,9
MTA_L_101809				109,9
MTA_L_101811				109,9
MTA_L_101813				109,9
MTA_L_5669				109,9
MTA_L_60414				109,9
MTA_L_105606				109,9
MTA_L_101661	91,8			
MTA_L_101665				110
MTA_L_101689				110
MTA_L_101561	91,7			
MTA_L_101671	91,7			
MTA_L_101467	91,7			
MTA_L_101471	91,7			
MTA_L_101505	89,6			
MTA_L_101513	91,6			
MTA_L_101667	91,7			
MTA_L_5041				110
MTA_L_101519				110
MTA_L_88270				110
MTA_L_101677		107		
MTA_L_101683	91,4			
MTA_L_5466	91,4			
MTA_L_101679	91,2			
MTA_L_101603	91,1			
MTA_L_101687				110,7
MTA_L_101593	99	105,1		103,5
MTA_L_5307		105,8		
MTA_L_101595	90,9			
MTA_L_101597				110,9
MTA_L_101631		105,7		
MTA_L_101633		105,7		
MTA_L_5469	98,9	105		103,5
MTA_L_101601		105,6		
MTA_L_32205		105,5		
MTA_L_101819		105,5		
MTA_L_7980		105,3		
MTA_L_7981		105,2		
MTA_L_101607		105		
MTA_L_101609		104,9		
MTA_L_54150		104,9		
MTA_L_101613		104,9		
MTA_L_101611		104,9		
MTA_L_101623		104,9		
MTA_L_101621		104,9		
MTA_L_109158		104,8		
MTA_L_83958		104,8		
MTA_L_7986		104,7		
MTA_L_76481		104,7		
MTA_L_54102		104,7		
MTA_L_54101		104,7		
MTA_L_54100		104,7		
MTA_L_8113		104,1		
MTA_L_8114		104		
MTA_L_8115		103,9		



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

MTA_L_8116			101,7	
MTS_L_325			104,1	
MTA_L_8112			104,2	
MTA_L_8111			104,3	
MTA_L_8110			104,4	
MTA_L_8109			104,5	
MTA_L_7987			104,6	
MTA_L_7984			104,8	
MTA_L_102092			104,9	
MTA_L_101619			104,9	
MTA_L_101617			104,9	
MTA_L_101635			102,4	
MTA_L_101637			105,6	
MTA_L_101821	90,9			
MTA_L_101831	90,9			
MTA_L_101827	90,8			
MTA_L_8122	90,8			
MTA_L_8125	90,7			
MTA_L_8126	90,7			
MTA_L_8297	90,7			
MTA_L_8298	90,7			
MTA_L_8291	90,7			
MTA_L_8290	90,7			
MTA_L_8289	90,7			
MTA_L_8288	90,7			
MTA_L_8299	90,7			
MTA_L_101823	90,8			
MTA_L_101825	90,8			
MTA_L_101625			105,7	
MTA_L_101629			105,7	
MTA_L_101627			105,7	
MTA_L_101599			105,7	
MTA_L_87619	91,1			
MTA_L_5468				110,6
MTA_L_84847	99,2	105,3		103,5
MTA_L_5467				110,5
MTA_L_88244			107,4	
MTA_L_88249			107,4	
MTA_L_101675			107,4	
MTA_L_88254			107,4	
MTA_L_88191			107,4	
MTA_L_101521				110
MTA_L_109136				109,5
MTA_L_5044				109,5
MTA_L_101691				109,5
MTA_L_101473				109,3
MTA_L_101475				109,1
MTA_L_5534				109,1
MTA_L_5533				109,1
MTA_L_5532				109,1
MTA_L_5531				109,1
MTA_L_101479				109,1
MTA_L_101481				108,9
MTA_L_101483				108,9
MTA_L_88676				108,9
MTA_L_101485				108,9
MTA_L_109126				108,9
MTA_L_101487				108,9
MTA_L_101489				108,9
MTA_L_5681				108,9
MTA_L_5680				108,9
MTA_L_101150				108,7
MTA_L_5470				108,7
MTA_L_101491				108,7
MTA_L_101495				108,6
MTA_L_101499				108,6
MTA_L_5471				108,7



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

MTA_L_5472			108,6
MTA_L_5473			108,5
MTA_L_5474			108,4
MTA_L_5475			108,3
MTA_L_101465			108,2
MTA_L_27302			108,2
MTA_L_5476			108,2
MTA_L_5477			108,1
MTA_L_5478			108
MTA_L_5479			108
MTA_L_5480			107,9
MTA_L_5481			107,8
MTA_L_101447			107,7
MTA_L_5482			107,6
MTA_L_101445			107,6
MTA_L_5485			107,5
MTA_L_101451			107,5
MTA_L_79843			107,4
MTA_L_79841			107,4
MTA_L_79839			107,4
MTA_L_79837			107,4
MTA_L_101457			107,4
MTA_L_101461			107,4
MTA_L_5484			107,5
MTA_L_88644			107,5
MTA_L_88638			107,5
MTA_L_88640			107,5
MTA_L_88634			107,5
MTA_L_88642			107,5
MTA_L_88632			107,5
MTA_L_88628			107,5
MTA_L_88648			107,5
MTA_L_88456			107,5
MTA_L_5483			107,5
MTA_L_101442			107,6
MTA_L_5526			108,8
MTA_L_5521			109,2
MTA_L_5046			109,3
MTA_L_5043			109,5
MTA_L_5042			109,6
MTA_L_10502			109,8
MTA_L_101692			109,9
MTA_L_88236			110
MTA_L_88322			110
MTA_L_82981		107,7	
MTA_L_10501		107,7	
MTA_L_4915	91,9		
MTA_L_101639			110,1
MTA_L_101553			110,1
MTA_L_101555			110,1
MTA_L_101559			110,1
MTA_L_89841	92		
MTA_L_89288		109,3	
MTA_L_10378		109,3	
MTA_L_11068	91,8		
MTA_L_101571	91,8		
MTA_L_101573	91,8		
MTA_L_101575	91,8		
MTA_L_101579	91,8		
MTA_L_101587	91,8		
MTA_L_47998	91,8		
MTA_L_101581	91,8		
MTA_L_101585	91,7		
MTA_L_27032	100	106,8	103,9
MTA_L_100236	91,4		
MTA_L_100226	91,4		
MTA_L_4913			109,9



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

MTA_L_100218	91,4		
MTA_L_9580	91,4		
MTA_L_78409			109,9
MTA_L_100060			109,8
MTA_L_100101			109,8
MTA_L_100104			109,7
MTA_L_100110			109,7
MTA_L_100114			109,7
MTA_L_100119			109,7
MTA_L_100108			109,7
MTA_L_100214			109,8
MTA_L_100062			109,8
MTA_L_100064			109,7
MTA_L_100066			109,7
MTA_L_100068			109,7
MTA_L_100078			109,7
MTA_L_100082			109,7
MTA_L_100086			109,7
MTA_L_100090			109,6
MTA_L_100094			109,6
MTA_L_100070			109,7
MTA_L_100074			109,7
MTA_L_105012			109,7
MTA_L_14443			109,7
MTA_L_14445			109,7
MTA_L_11742			109,9
MTA_L_4911			109,9
MTA_L_60838			109,9
MTA_L_74571	99,9	106,8	103,8
MTA_L_60324			106,7
MTA_L_100166			109,8
MTA_L_84990			109,8
MTA_L_9837	91,2		
MTA_L_100040			109,8
MTA_L_110455			109,8
MTA_L_100048			109,8
MTA_L_9836			109,8
MTA_L_35527	99,8	106,7	103,7
MTA_L_100674			109,8
MTA_L_102120	91,2		
MTA_L_11746	99,8	106,7	103,7
MTA_L_101877		106,3	
MTA_L_4901			106,7
MTA_L_60438	91,2		
MTA_L_4902		106,3	
MTA_L_4903		109,4	
MTA_L_100178		109,4	
MTA_L_9832		109,4	
MTA_L_4904		106,3	
MTA_L_100032		109,4	
MTA_L_4905		109,4	
MTA_L_100174		109,4	
MTA_L_102007	89,1		
MTA_L_100172	91,1		
MTA_L_4909	91,1		
MTA_L_10496	91,1		
MTA_L_100182	99,7	106,7	103,7
MTA_L_101885	99,6	106,6	103,7
MTA_L_100188	90,9		
MTA_L_5529	90,9		
MTA_L_100190	90,9		
MTA_L_100698	90,8		
MTA_L_8296			109,7
MTA_L_101893	90,1		
MTA_L_12406		109,1	
MTA_L_101883	89,5		
MTA_L_100050	89,1		



**UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

MTA_L_12408	89		
MTA_L_100702	89		
MTA_L_100054	88,7		
MTA_L_100718	88,6		
MTA_L_101927		108,8	
MTA_L_13479	87,5		
MTA_L_13480			109,6
MTA_L_13604		108,5	
MTA_L_13605		108,5	
MTA_L_13606		108,5	
MTA_L_13607		108,5	
MTA_L_13608		108,5	
MTA_L_13609		108,5	
MTA_L_13610		108,5	
MTA_L_13611		108,5	
MTA_L_13612		108,4	
MTA_L_14638		108,4	
MTA_L_100196	96,7	105,4	101,9
MTA_L_111055			109,7
MTA_L_13487			109,7
MTA_L_101925	85,4		
MTA_L_100200	85,4		
MTA_L_101895	85,4		
MTA_L_103721	85,4		
MTA_L_14637	85,4		
MTA_L_14635	85,4		
MTA_L_14640	85,4		
MTA_L_100204	85,4		
MTA_L_100642	85,4		
MTA_L_100696	85,3		
MTA_L_106889		108,5	
MTA_L_100688	85,2		
MTA_L_100690	85,2		
MTA_L_101865	85,2		
MTA_L_101997	85,2		
MTA_L_101921	85,1		
MTA_L_100708	85		
MTA_L_100206	85		
MTA_L_14321	85		
MTA_L_100208	85		
MTA_L_14431	85		
MTA_L_14432	85		
MTA_L_102005	85		
MTA_L_109121	85		
MTA_L_101931	85		
MTA_L_14436	85		
MTA_L_14440	85		
MTA_L_101847	85		
MTA_L_25798	84,9		
MTA_L_25797	84,9		
MTA_L_25796	84,9		
MTA_L_25795	84,9		
MTA_L_14439	85		
MTA_L_14438	85		
MTA_L_14435	85		
MTA_L_14434	85		
MTA_L_100638		108,6	
MTA_L_100058	85,1		
MTA_L_100622	85,1		
MTA_L_14318	85,1		
MTA_L_106571	85,3		
MTA_L_106887	85,3		
MTA_L_106575	85,2		
MTA_L_106883	85,2		
MTA_L_106885	85,2		
MTA_L_106891	85,3		
MTA_L_106895	85,3		



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

MTA_L_13486		108,3	
MTA_L_107076		105,2	
MTA_L_107078	85,5		
MTA_L_107074	83,6		
MTA_L_13488	83,6		
MTA_L_13485		108,4	
MTA_L_13484			109,7
MTA_L_101978		108,5	
MTA_L_13482			109,6
MTA_L_13481	87,2		
MTA_L_13489	87,2		
MTA_L_100216	87,2		
MTA_L_14209	87,2		
MTA_L_14208	87,2		
MTA_L_14207	87,2		
MTA_L_100122	87,2		
MTA_L_100124	87,2		
MTA_L_100126	87,2		
MTA_L_101993	87,1		
MTA_L_100656	87,1		
MTA_L_14632	87,1		
MTA_L_14631	87,2		
MTA_L_14206	87,2		
MTA_L_13490	87,2		
MTA_L_13478		108,7	
MTA_L_13477			109,6
MTA_L_13475	88,4		
MTA_L_100052	88,9		
MTA_L_109148		109	
MTA_L_105170			109,6
MTA_L_109131			109,6
MTA_L_13603			109,6
MTA_L_13602			109,6
MTA_L_13601			109,6
MTA_L_13491			109,6
MTA_L_94088	99,5	106,6	103,6
MTA_L_5528		109,4	
MTA_L_5527	91		
MTA_L_100186	91,1		
MTA_L_5685	91,1		
MTA_L_91410	99,8	106,7	103,8
MTA_L_4992	89,2		
MTA_L_88572	89,2		
MTA_L_9582	89,2		
MTA_L_93522			109,8
MTA_L_93524			109,8
MTA_L_30596			106,8
MTA_L_30595	91,4		
MTA_L_56322		109,7	
MTA_L_9587	100,1	107	104
MTA_L_100018	91,7		
MTA_L_29724	91,6		
MTA_L_6643	89,6		
MTA_L_100020	91,7		
MTA_L_100022	91,7		
MTA_L_100026	91,7		
MTA_L_11745	91,7		
MTA_L_87651	92,6		
MTA_L_13202	92,7		
MTA_L_14078	93,1		
MTA_L_13201			110,7
MTA_L_13643			111,1
MTA_L_13197	95		
MTA_L_13640			111,6
MTA_L_13205	95,3		
MTA_L_13206	95,2		
MTA_L_13207	95,2		



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

MTA_L_13208	95,2		
MTA_L_13209	95,2		
MTA_L_13210	95,1		
MTA_L_13331	95,1		
MTA_L_100154	95,1		
MTA_L_13523	95,1		
MTA_L_13524	95,1		
MTA_L_101953	95,1		
MTA_L_13525	95,1		
MTA_L_104082	95,1		
MTA_L_104086	95,1		
MTA_L_104104	95		
MTA_L_104102	95		
MTA_L_104108	95		
MTA_L_104112	95		
MTA_L_104122	95		
MTA_L_104120	95		
MTA_L_104128	95		
MTA_L_104126	95		
MTA_L_104116	95		
MTA_L_104092	95,1		
MTA_L_104098	95,1		
MTA_L_104096	95,1		
MTA_L_104090	95,1		
MTA_L_13204	95,3		
MTA_L_13203	95,3		
MTA_L_13649	96		
MTA_L_14063	96		
MTA_L_14064	95,9		
MTA_L_14067	95,9		
MTA_L_14069	95,9		
MTA_L_14068	95,9		
MTA_L_14065	95,9		
MTA_L_100150	95,9		
MTA_L_14066	95,9		
MTA_L_13173	95,8		
MTA_L_13179	95,8		
MTA_L_13180	95,8		
MTA_L_13644	95,8		
MTA_L_100002	95,8		
MTA_L_99995	95,8		
MTA_L_13645	95,8		
MTA_L_13646	95,8		
MTA_L_13648	95,8		
MTA_L_100684	95,8		
MTA_L_101849	95,8		
MTA_L_100716	95,8		
MTA_L_100660	95,8		
MTA_L_100680	95,7		
MTA_L_100004	95,7		
MTA_L_14076	95,7		
MTA_L_82039	95,7		
MTA_L_14074	95,8		
MTA_L_87613	96,8		
MTA_L_87616	97,2		
MTA_S_14092		113,2	
MTA_L_14091		113,6	
MTA_L_303		113,6	
MTA_L_302			114,6
MTA_L_16843			115
MTA_L_16842			115,3
MTA_L_24812			115,5
MTA_L_16075			116,3
MTA_L_16840		112,9	
MTA_L_16838			117,5
MTA_L_16837		116,9	
MTA_L_16076		117	



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

MTA_L_16833			119,3
MTA_L_101769			119,4
MTA_L_101771			119,1
MTA_L_101775			119
MTA_L_18134			118,9
MTA_L_16829			118,7
MTA_L_16830			118,6
MTA_L_101785			118,6
MTA_L_101791			118,5
MTA_L_101793			118,5
MTA_L_101787			118,5
MTA_L_101789			118,5
MTA_L_101777			118,5
MTA_L_101779			118,5
MTA_L_101781			118,5
MTA_L_101783			118,5
MTA_L_9170			118,6
MTA_L_16832			118,6
MTA_L_16831			118,6
MTA_L_16067			118,7
MTA_L_18258			118,8
MTA_L_18259			118,8
MTA_L_12089			118,7
MTA_L_18262			118,7
MTA_L_16066			118,7
MTA_L_18261			118,7
MTA_L_31722			118,6
MTA_L_31723			118,6
MTA_L_31724			118,6
MTA_L_31729			118,6
MTA_L_102788			118,5
MTA_L_102824			118,5
MTA_L_102822			118,5
MTA_L_102828			118,5
MTA_L_103044			118,5
MTA_L_103048			118,5
MTA_L_103054			118,5
MTA_L_102798			118,5
MTA_L_102792			118,5
MTA_L_31864			118,6
MTA_L_31868			118,6
MTA_L_30142			118,5
MTA_L_31867			118,6
MTA_L_14654			118,6
MTA_L_18260			118,7
MTA_L_18135			118,8
MTA_L_18133			119,1
MTA_L_18132			119,2
MTA_L_18131		118,9	
MTA_L_18130		119	
MTA_L_18129		119,2	
MTA_L_18126		120	
MTA_L_18123			121,7
MTA_L_32312		121,5	
MTA_L_100714		118,6	
MTA_L_101853		121,2	
MTA_L_30549		121,2	
MTA_L_86896		121,2	
MTA_L_99931		121,2	
MTA_L_99923		121,2	
MTA_L_99927		121,2	
MTA_L_30550		121,2	
MTA_L_86870		121,2	
MTA_L_99919		121,2	
MTA_L_99935		121,2	
MTA_L_101947		118,5	
MTA_L_5874		118,5	



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

MTA_L_99915		121,3	
MTA_L_4871		121,4	
MTA_L_9209		122,4	
MTA_L_13735		122,5	
MTA_L_101833		122,5	
MTA_L_101875			122,7
MTA_L_16139			122,7
MTA_L_101987			122,7
MTA_L_14149		122,5	