



UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Eléctrica

“Análisis de factibilidad para transferencia de carga desde subestación Lago Agrio a subestaciones adyacentes pertenecientes a CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos”.

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

Autores:

Carlos Aníbal Cuenca Alulima. C.I. 1103998959

César Augusto Yaguache Ordóñez C.I. 1104017817

Director:

Ing. Patricio Alcides Astudillo Salinas, M.Sc. C.I. 1400588628

Tutor:

Ing. Jorge Enrique Estrada Centeno C.I. 0501599401

Cuenca – Ecuador

2018



RESUMEN

El sistema eléctrico de distribución de la CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos que presta servicio a la ciudad de Nueva Loja y sectores adyacentes está conformado por las subestaciones Celso Castellanos y Lago Agrio.

El presente trabajo lleva a cabo el análisis del comportamiento de dicho sistema en caso de presentarse la salida de servicio del transformador de las subestaciones ya sea por emergencia o mantenimiento es decir desconexión total de la subestación. Este análisis comprende: selección de la troncal de transferencia basándose en criterios técnico – económicos, comportamiento térmico de la troncal a demandas máximas, evaluación de las características eléctricas de la troncal de transferencia. Se hizo uso del Software CYME 7.1, con la base de datos de redes y equipos de CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos.

La valoración económica del proyecto está enfocada en brindar una solución técnica confiable para el sistema eléctrico y la vez que sea viable para su implementación por parte de CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos.

Como complemento al análisis del comportamiento en estado de emergencia y la valoración económica se realizó un plan de maniobras para la transferencia de carga de la S/E Celso Castellano a la S/E Lago Agrio y viceversa, considerando las características particulares de cada una de ellas.

Palabras Clave.

Topología de la red, demanda máxima, límite térmico, troncal de transferencia, CYME 7.1, reconectador, fibra óptica, subestaciones, flujo de carga, sobrecarga, nivel de voltaje, estado de emergencia, plan de maniobras.



ABSTRACT

The power distribution system of the CNEL EP Sucumbíos that serves the city of Nueva Loja and its adjacent sectors is formed by Celso Castellanos substation as well as Lago Agrio substation.

The present work focuses on performing an analysis of the behaviour of the aforementioned system in case of a power transformer disconnection in any of the above-mentioned substations either by emergency or maintenance (i.e. total disconnection of the substation).

This analysis includes: selection of the transfer trunk based on technical - economic criteria, thermal behaviour of the trunk on peak demand, and the evaluation of the electrical characteristics of the transfer trunk. As a tool for the analysis, CYME 7.1 Software is used alongside the CNEL Business Unit Sucumbíos database and equipment. The economic analysis of the project is focused on providing both, a reliable technical solution as well economical viability for implementation by CNEL Business Unit Sucumbíos.

As a complement to the analysis of the behaviour in a state of emergency and economic valuation, a manoeuvre plan was made for the transfer of load from Celso Castellano substation to Lago Agrio substation and vice versa, while also taking into account the characteristics of each electrical substation.

Key words.

Network topology, maximum demand, thermal limit, conductor temperature, transfer trunk, CYME 7.1, recloser, communication, fiber optics, substations, load flow, overload, voltage level, emergency status, maneuver plan.



INDICE

Capítulo 1 25

 1.1 Antecedentes..... 25

 1.2 Planteamiento del Problema..... 26

 1.3. Formulación del problema. 26

 1.4. Objetivos. 27

 1.4.1. Objetivo General. 27

 1.4.2. Objetivos Específicos..... 27

 1.5. Justificación..... 27

Capítulo 2 29

 2. Marco Teórico..... 29

 2.1. Sistemas eléctricos de potencia. 29

 2.2. Sistemas de distribución de energía eléctrica. 30

 2.3. Elementos de un sistema de distribución 31

 2.3.1. Subestación de distribución. 31

 2.3.2. Alimentadores primarios de distribución. 31

 2.3.3. Transformadores de distribución..... 31

 2.3.4 Redes secundarias. 31

 2.4. Calidad del Producto en sistemas de distribución. 32

 2.4.1. Nivel de Voltaje 32

 2.4.1.1 Variación de voltaje. 32

 2.4.1.2. Mediciones. 33

 2.4.1.3 Límites 34

 2.4.2. Factor de Potencia 34

 2.4.2.1 Índice de Calidad..... 34

 2.4.2.2 Medición 34



2.5	Calidad del Servicio Técnico.	35
2.5.1	Registro y Clasificación de las Interrupciones.....	36
2.5.2.	Control del Servicio Técnico en la Subetapa 1.....	36
2.5.2.1	Índices	36
2.6	Reconectador Automático.	38
2.7.	Límite térmico de un conductor.	39
2.8.	Software utilizado en el estudio.....	41
2.8.1.	CYME	41
2.8.1.1.	Aplicaciones	42
2.8.1.2.	Distribución de carga.....	42
2.9.1.2.	Flujo de carga.	43
2.9.	Plan de Expansión de Transmisión.	44
2.9.1	Costo de la energía no suministrada.....	45
Capítulo 3	47
3.1	Antecedentes y Recopilación de la Información.....	47
3.2	Topología actual de la red.....	48
3.4.	Subestación Celso Castellanos (Laguna).....	53
3.4.1.	Alimentador Laguna 1.....	57
3.4.2.	Alimentador Laguna 2.....	58
3.4.3.	Alimentador Laguna 3.....	60
3.4.4.	Alimentador Laguna 4.....	61
3.5	Subestación Lago Agrio.....	62
3.5.1.	Alimentador Vía a Quito.....	65
3.5.2.	Alimentador Lago 2.....	66
3.5.3.	Alimentador Lago 1.....	67
3.5.4.	Alimentador Vía Jivino.....	69
3.5.5.	Alimentador Hospital.....	70



3.6	Subestación Lumbaqui.	71
3.6.1.	Alimentador Lumbaqui.	74
3.6.2.	Alimentador Cascales.	75
3.6.3.	Alimentador Reventador.	76
Capítulo 4	78
4.	Sistema de distribución de la Unidad de Negocio Sucumbíos.	78
4.1.	Estado normal.	78
4.1.1.	Subestación Celso Castellanos.....	78
4.1.1.1	Características del Alimentador Primario Laguna 2.....	79
4.1.1.2	Características del Alimentador Primario Laguna 1.....	80
4.1.2.	Subestación Lago Agrio.	81
4.1.2.1	Características del Alimentador Primario Lago 1.....	81
4.1.2.2	Características del Alimentador Primario Vía a Jivino.	82
4.2.	Estado de Emergencia.	83
4.2.1	Elección de la troncal de transferencia en Estado de Emergencia.	84
4.2.2.	Equipo y procedimiento de transferencia de carga.	86
4.2.2.1	Equipo de transferencia.....	86
4.2.3	Procedimiento general de transferencia de carga.....	89
4.2.4	Esquemas de las subestaciones, puntos de apertura y cierre de alimentadores.....	93
4.2.5	Límite térmico de la troncal de transferencia.....	94
4.2.6.	Subestación Celso Castellanos fuera de servicio.	96
4.2.6.1	Resultados de las simulaciones.	97
4.2.6.2	Demanda enero 2018.....	97
4.2.6.3	Comportamiento térmico del conductor en función de la corriente cuando está fuera de servicio la subestación Celso Castellanos.	98



4.2.6.4	Demanda septiembre 2017.	101
4.2.6.5	Comportamiento térmico del conductor en función de la corriente cuando está fuera de servicio la subestación Celso Castellanos.	102
4.2.7.	Subestación Lago Agrio fuera de servicio.	104
4.2.7.1	Resultados de las simulaciones.	105
4.2.7.2	Demanda enero 2018.	105
4.2.7.3	Comportamiento térmico del conductor en función de la corriente cuando está fuera de servicio la subestación Lago Agrio.	106
4.2.7.4	Demanda septiembre 2017.	108
4.2.7.5	Comportamiento térmico del conductor en función de la corriente cuando está fuera de servicio la subestación Lago Agrio.	109
4.3	Plan de Maniobras de Transferencia de Carga.	111
4.3.1	Subestación Celso Castellanos – Lago Agrio.	113
4.3.2	Cronograma para la transferencia de carga S/E Celso Castellanos – Lago Agrio.	115
4.3.3	Subestación Lago Agrio - Celso Castellanos.	116
4.3.4	Cronograma para la transferencia de carga S/E Lago Agrio - Celso Castellanos.	118
Capítulo 5	120
5.	ANÁLISIS ECONOMICO DE LA PROPUESTA.	120
5.1	Tasa Interna de Retorno (TIR).....	120
5.2	Valor Actual Neto (VAN).....	121
5.3	Calculo de la energía no suministrada(CENS) de las S/E Lago Agrio y Celso castellanos.	122
5.4	Presupuesto de la Instalación del sistema de Transferencia	



de Carga.....	123
5.5 Evaluación Económica.	124
Capítulo 6	127
6. Conclusiones y Recomendaciones.....	127
6.1 Conclusiones.....	127
6.2. Recomendaciones.....	129
BIBLIOGRAFIA.....	130
ANEXOS	131
Anexo 1. Resultados Simulación enero 2018 cuando la subestación Celso Castellanos fuera de servicio.....	131
Anexo 2. Resultados simulación demanda septiembre 2017 cuando queda fuera de servicio la subestación Celso Castellanos	134
Anexo 3. Resultados simulación demanda enero 2018 cuando queda fuera de servicio la subestación Lago Agrio.	138
Anexo 4. Resultados simulación demanda septiembre 2017 cuando queda fuera de servicio la subestación Lago Agrio.	141
Anexo 5. Diagrama ortogonal de la S/E Lago Agrio y Celso Castellanos.	145
Anexo 6. Plano para el tendido de la fibra óptica.	146
Anexo 7. Ubicación de seccionadores para la transferencia de carga.	147
Anexo 8. Troncal de transferencia.....	148



INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Límites de voltaje.	34
Tabla 2.2. Límites del FMIk, TTik	38
Tabla 3.1 Subestaciones que forman parte del sistema eléctrico de CNEL Sucumbíos.....	48
Tabla 3.2. Líneas de subtransmisión a 69 kV del sistema eléctrico de CNEL EP Sucumbíos.	48
Tabla 3.3. Características de la S/E Laguna.....	54
Tabla 3.4. Características de las protecciones de la S/E Laguna.....	54
Tabla 3.5. Energía de la S/E Laguna.....	54
Tabla 3.6. Demandas Máximas de la S/E Laguna.....	55
Tabla 3.7. Corrientes de la S/E Laguna.	55
Tabla 3.8. Factores de Carga de la S/E Laguna.	56
Tabla 3.9. Factor de Potencia de la S/E Laguna.	56
Tabla 3.10. Características del alimentador Laguna 1.....	57
Tabla 3.11. Índices de FMIk Y TTik del alimentador Laguna 1.....	58
Tabla 3.12. Características del alimentador Laguna 2.....	59
Tabla 3.13. Índices de FMIk Y TTik del alimentador Laguna 2.....	59
Tabla 3.14. Características del alimentador Laguna 3.....	60
Tabla 3.15. Índices de FMIk Y TTik del alimentador Laguna 3.....	60
Tabla 3.16. Características del alimentador Laguna 4.....	61
Tabla 3.17. Índices de FMIk Y TTik del alimentador Laguna 4.....	61
Tabla 3.18. Características de la S/E Lago Agrio.	62
Tabla 3.19. Características de las protecciones de la S/E Lago Agrio.	63
Tabla 3.20. Energía de la S/E Lago Agrio.....	63
Tabla 3.21. Demanda máxima de la S/E Lago Agrio.	64
Tabla 3.22. Corrientes de la S/E Lago Agrio.....	64
Tabla 3.23. Factores de potencia de la S/E Lago Agrio.....	65
Tabla 3.24. Características del Alimentador Vía a Quito.	65
Tabla 3.25. Índices del FMIk Y TTik del Alimentador Vía a Quito.....	66
Tabla 3.26. Características del Alimentador Lago 2.	66
Tabla 3.27. Índices de FMIk y TTik del Alimentador Lago 2.	67
Tabla 3.28. Características del Alimentador Lago 1.	68
Tabla 3.29. Índices del FMIk y TTik del Alimentador Lago 1.	68



Tabla 3.30. Características del Alimentador Vía Jivino.....	69
Tabla 3.31. Índices de FMIk y TTik del Alimentador Vía Jivino.	69
Tabla 3.32. Características del Alimentador Hospital.	70
Tabla 3.33. Índices de FMIk y TTik del Alimentador Hospital.....	70
Tabla 3.34. Características de la S/E Lumbaqui.....	71
Tabla 3.35. Protecciones de la S/E Lumbaqui.....	71
Tabla 3.36. Energía de la S/E Lumbaqui.	71
Tabla 3.37. Demandas Máximas de la S/E Lumbaqui.	72
Tabla 3.38. Corrientes de la S/E Lumbaqui.	73
Tabla 3.39. Factores de Potencia de la S/E Lumbaqui.....	73
Tabla 3.40 Características del alimentador Lumbaqui.....	74
Tabla 3.41 Índices de FMIk y TTik del alimentador Lumbaqui.....	74
Tabla 3.42 Características del alimentador Cascales.....	75
Tabla 3.43 Índices de FMIk y TTik del alimentador Cascales.....	75
Tabla 3.44 Características del Alimentador Reventador.....	76
Tabla 3.45 Índices de FMIk y TTik del Alimentador Reventador.	77
Tabla 4.1. Características eléctricas del alimentador Laguna 2.....	79
Tabla 4.2. Características eléctricas del alimentador Laguna 1.....	80
Tabla 4.3. Características eléctricas del alimentador Lago 1.....	81
Tabla 4.4. Características eléctricas del alimentador Vía a Jivino.	82
Tabla 4.5. Características de las rutas analizadas.	84
Tabla 4.6. Características del Reconectador.....	87
Tabla 4.7. Límite Térmico de la troncal de transferencia.	96
Tabla 4.8. Límite térmico troncal de transferencia cuando queda fuera de servicio la subestación Celso Castellanos con la demanda enero 2018.	99
Tabla 4.9. Límite térmico troncal de transferencia cuando está fuera de servicio la subestación Celso Castellanos con la demanda septiembre 2017.....	102
Tabla 4.10. Límite térmico troncal de transferencia cuando está fuera de servicio la subestación Lago Agrio con la demanda Enero 2018.....	106
Tabla 4.11. Límite térmico troncal de transferencia cuando está fuera de servicio la subestación Lago Agrio con la demanda septiembre 2017.	109
Tabla 5.1. Calculo de la energía no suministrada.....	122
Tabla 5.2. Presupuesto para la transferencia de carga.	124



Tabla 5.3 Flujo de inversión.....	125
-----------------------------------	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Sistema de Distribución Fuente: (Montoya, 2013)	30
Figura 2.2.CYME. Fuente: (CYMDIST, 2017).....	41
Figura 2.3. Análisis de distribución de carga. Fuente: (CYMDIST, 2017)	43
Figura 2.4.Análisis de Flujo de carga. Fuente: (CYMDIST, 2017)	44
Figura 3.1. Alimentador Principal Cascales Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017).....	50
Figura 3.2.Alimentador principal Laguna 2. Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017).....	51
Figura 3.3.Alimentador principal Laguna 1. Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017).....	52
Figura 3.4. Alimentador principal Lago 2. Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017).....	53
Figura 4.1. Perfil de voltaje del A/P Laguna 2, en estado normal. Fuente: Propia	79
Figura 4.2. Perfil de voltaje del A/P Laguna 1 en estado normal. Fuente: Propia.	80
Figura 4.3.. Perfil de voltaje del A/P Lago 1 en estado normal. Fuente: Propia	82
Figura 4.4. Perfil de voltaje del A/P Vía a Jivino en estado normal. Fuente: Propia	83
Figura 4.5.Troncal de Transferencia ruta 1. Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017).....	84
Figura 4.6. Troncal de Transferencia ruta 2. Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017).....	85
Figura 4.7. Troncal de Trasferencia ruta 3. Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017).....	85
Figura 4.8. Recorrido de Troncal de emergencia. Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017).....	86
Figura 4.9. Alimentador Primario Laguna 2 (color rojo) en estado normal. Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)	90



Figura 4.10. Alimentador Primario Laguna 2 (color rojo) en estado de emergencia..... 91

Figura 4.11. Alimentador Primario Vía a Jivino (color azul) en estado normal. Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017) 92

Figura 4.12. Alimentador Primario Vía a Jivino (color café) en estado emergencia. Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017) 92

Figura 4.13. Esquema de ubicación de alimentadores y subestaciones sin maniobra de transferencia. Fuente: Propia..... 93

Figura 4.14. Esquema de maniobras a realizarse en los alimentadores con la finalidad de disminuir la carga a la subestación que está fuera de servicio. Fuente: Propia 94

Figura 4.15. Perfil de voltaje troncal de transferencia con SE. Celso Castellanos fuera de servicio demanda enero 2018. Fuente: Propia. 98

Figura 4.16. Comportamiento térmico del conductor en función de la corriente cuando queda fuera de servicio la subestación Celso Castellanos con la demanda enero 2018. Fuente: Propia..... 100

Figura 4.17. Comportamiento térmico del conductor en función de la longitud cuando queda fuera de servicio la subestación Celso Castellanos con la demanda enero 2018. Fuente: Propia. 101

Figura 4.18. Perfil de voltaje troncal de transferencia con SE. Lago Agrio fuera de servicio demanda septiembre 2017. Fuente: Propia..... 102

Figura 4.19. Comportamiento térmico del conductor en función de la corriente cuando queda fuera de servicio la subestación Celso Castellanos con la demanda septiembre 2017. Fuente: Propia 103

Figura 4.20. Comportamiento térmico del conductor en función del tramo c cuando queda fuera de servicio la subestación Celso Castellanos con la demanda septiembre 2017. Fuente: Propia..... 104

Figura 4.21. Perfil de voltaje troncal de transferencia con SE. Lago Agrio fuera de servicio demanda enero 2018. Fuente: Propia. 106

Figura 4.22. Comportamiento térmico del conductor en función del tramo cuando queda fuera de servicio la subestación Lago Agrio con la demanda enero 2018. Fuente: Propia 107

Figura 4.23. Comportamiento térmico del conductor en función de la



distancia cuando queda fuera de servicio la subestación Lago Agrio con la demanda enero 2018. Fuente: Propia	108
Figura 4.24. Perfil de voltaje troncal de transferencia con SE. Lago Agrio fuera de servicio demanda septiembre 2017. Fuente: Propia.....	109
Figura 4.25. Comportamiento térmico del conductor en función de la corriente cuando queda fuera de servicio la subestación Lago Agrio con la demanda septiembre 2017. Fuente: Propia.....	110
Figura 4.26. Comportamiento térmico del conductor en función de la distancia cuando queda fuera de servicio la subestación Lago Agrio con la demanda septiembre 2017. Fuente: Propia.....	111
Figura 5.1. Flujo de Inversión. Fuente: Propia	126



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Carlos Aníbal Cuenca Alulima en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "*Análisis de factibilidad para transferencia de carga desde subestación Lago Agrio a subestaciones adyacentes pertenecientes a CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos*", de conformidad con el Art. 114 del CODIGO 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. 114 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca octubre 2018

Carlos Aníbal Cuenca Alulima

CI: 1103998959



Cláusula de Propiedad Intelectual

Carlos Aníbal Cuenca Alulima, autor del trabajo de titulación "*Análisis de factibilidad para transferencia de carga desde subestación Lago Agrío a subestaciones adyacentes pertenecientes a CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos*", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, octubre 2018

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Carlos Aníbal Cuenca Alulima", written over a horizontal line.

Carlos Aníbal Cuenca Alulima

CI: 1103998959



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

César Augusto Yaguache Ordóñez en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “*Análisis de factibilidad para transferencia de carga desde subestación Lago Agrio a subestaciones adyacentes pertenecientes a CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos*”, de conformidad con el Art. 114 del CODIGO 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. 114 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, octubre 2018

César Augusto Yaguache Ordóñez

CI: 1104017817



Cláusula de Propiedad Intelectual

César Augusto Yaguache Ordóñez autor del Trabajo de Titulación "*Análisis de factibilidad para transferencia de carga desde subestación Lago Agrío a subestaciones adyacentes pertenecientes a CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos*", CERTIFICO que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, octubre 2018

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized initial 'C' followed by the name 'Yaguache Ordóñez'.

César Augusto Yaguache Ordóñez

CI: 1104017817



**CERTIFICACION DEL TUTOR CNEL EP UNIDAD DE NEGOCIO
SUCUMBIOS**

El tutor de CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos certifica que el Trabajo de Titulación “*Análisis de factibilidad para transferencia de carga desde subestación Lago Agrio a subestaciones adyacentes pertenecientes a CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos*” ha sido recibido a entera satisfacción, y desarrollado por los estudiantes: Carlos Aníbal Cuenca Alulima con CI: 1103998959 y César Augusto Yaguache Ordóñez con CI: 1104017817.

Cuenca Julio 2018

Ing. Jorge Enrique Estrada Centeno

JEFE DE CENTRO DE CONTROL

TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



CERTIFICACION DEL DIRECTOR UNIVERSIDAD DE CUENCA

CERTIFICO que el Trabajo de Titulación “*Análisis de factibilidad para transferencia de carga desde subestación Lago Agrio a subestaciones adyacentes pertenecientes a CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos*”, ha sido desarrollado por los estudiantes: Carlos Aníbal Cuenca Alulima con CI: 1103998959 y César Augusto Yaguache Ordóñez con CI: 1104017817.

Cuenca Julio 2018

Ing. Patricio Alcides Astudillo Salinas

DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



DEDICATORIA

“En la vida, todo esfuerzo tiene su recompensa”.

Después de culminar el presente trabajo de titulación lo dedico de todo corazón a mi madre y mi padre que desde el cielo me cuidan y me protegen cada día, a mis hijas Anapaula y Mía Valentina las cuales con sus sonrisas me motivan cada día a seguir adelante con esfuerzo y dedicación, a mi esposa Marcia Mercedes pilar fundamental para encontrar el equilibrio en las facetas de la vida durante el período de estudio, a mis hermanos por su apoyo y aliento enfocado a impulsarme a seguir adelante, a mis grandes amigos por su apoyo en lograr esta meta que nos trazamos cuando comenzó esta aventura.

César Augusto.



AGRADECIMIENTOS

Cuando se cumple un objetivo trazado no se debe solo a tu esfuerzo, sino también a la ayuda que recibes de las personas que te rodean, por este motivo quiero agradecer a mi esposa Marcia Mercedes mis hijas Anapaula y Mía Valentina, por ayudarme a sobrellevar el estudio y la familia, a mi tutor por parte de CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos, un gran amigo al cual lo respeto y estimo mucho Ing. Jorge Estrada Centeno, por colaboración con experiencia y profesionalismo durante el desarrollo del trabajo de titulación, a mi tutor de la Universidad de Cuenca Ing. Patricio Astudillo Salinas, por su dedicación y profesionalismo, a la CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos por permitirme realizar el presente trabajo de titulación, a mis amigos y compañeros de clase por darme su apoyo y de manera muy especial a mi gran amigo Carlos Aníbal Cuenca Alulima, por su amistad, compañerismo que me brindó para lograr juntos este objetivo.



DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a Dios, por regalarme la vida y darme el conocimiento para hacer posible que culmine con éxito mi carrera profesional. A mis padres Manuel y Adela, a mis hermanos por su sacrificio y apoyo incondicional, y de manera especial a mi esposa Sonia y mi hija Génesis que con su sencillez y amor han sido el pilar fundamental para cumplir con éxito mi mayor anhelo.

Carlos Cuenca



AGRADECIMIENTOS

En estas líneas quiero agradecer a todas las personas que hicieron posible esta investigación y que de alguna manera estuvieron conmigo en los momentos difíciles, alegres, y tristes. Estas palabras son para ustedes. A mis padres por todo su amor, comprensión y apoyo pero sobre todo gracias infinitas por la paciencia que me han tenido. A mi esposa e hija por toda la paciencia durante este largo camino que nos tocó recorrer por las incontables veces que me brindaron su apoyo en todas las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida. Gracias por darme la libertad de desenvolverme como ser humano. A mis hermanos por llenarme de alegría día tras día, por todos los consejos brindados. A mis amigos y compañeros de grupo de estudio, con todos los que compartí dentro y fuera de las aulas. Aquellos amigos, que se convierten en amigos de vida y aquellos que serán mis colegas, gracias por todo su apoyo y diversión.



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



Capítulo 1

1.1 Antecedentes.

Dentro de las exigencias a las Empresas Distribuidoras de Energía Eléctrica, está el garantizar un óptimo servicio según estipula en la regulación sobre la Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución, que tiene por objetivo reducir el tiempo de interrupción del servicio eléctrico, con la finalidad de garantizar un mejor estándar de calidad y continuidad de servicio.

Para cumplir con estas exigencias la CNEL Unidad de Negocios Sucumbíos se ve en la necesidad de mejorar su sistema eléctrico, y así garantizar la continuidad de servicio en el momento de ejecutar una maniobra emergente ya sea ante posibles fallas en el sistema u operación por mantenimiento del mismo.

Actualmente ante fallas que se presenten en las subestaciones enlazadas Celso Castellanos, Lago Agrio, Lumbaqui y Jivino pertenecientes a la CNEL Unidad de Negocios Sucumbíos, no se dispone de un manual de procedimiento a seguir durante la transferencia de carga entre ellas. Por tal motivo surge la necesidad de elaborar un estudio de factibilidad para realizar la transferencia de carga entre estas subestaciones. El presente estudio tiene como finalidad analizar las posibles alternativas para realizar transferencia de carga entre ellas, en caso de producirse una falla en el sistema o por mantenimiento ya sea en las subestaciones o alimentadores primarios. El análisis está enfocado en revisar la situación actual de las subestaciones: topología, estructura, características eléctricas, y el resultado será evaluado en función de las condiciones técnico – económicas a fin de que el proyecto sea viable para su inversión.



El resultado final permite realizar una propuesta técnico - económica y un plan de maniobras entre las subestaciones mencionadas el cual al ser implementado permite disminuir los tiempos de corte de servicio y cumplir los parámetros de seguridad y confiabilidad de la maniobra, mejorando la continuidad de servicio.

1.2 Planteamiento del Problema.

El presente trabajo de titulación está enfocada en realizar un análisis de la situación actual de las subestaciones Celso Castellanos, Lago Agrio, Lumbaqui y Jivino, su topología, estructura, y sus características eléctricas. Este análisis considerará las condiciones técnico – económicas a fin de que el proyecto sea viable para su inversión. Además tiene como finalidad analizar las posibles alternativas para realizar transferencia de carga entre ellas, en caso de presentarse una falla o por mantenimiento en las subestaciones o alimentadores primarios. El resultado será realizar una propuesta técnico - económica y un plan de maniobras entre las subestaciones mencionadas el cual permita disminuir los tiempos de corte de servicio y estar dentro de los parámetros de seguridad y confiabilidad de la maniobra, garantizando la continuidad de servicio según los estipula el ARCONEL.

1.3. Formulación del problema.

Análisis de factibilidad para transferencia de carga desde subestación Lago Agrio a subestaciones adyacentes pertenecientes a CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos.



1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo General.

Analizar técnica y económicamente la transferencia de carga entre las subestaciones enlazadas Celso Castellanos, Lago Agrio, Lumbaqui y Jivino pertenecientes a la CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Levantamiento de información de las características del sistema eléctrico entre las subestaciones, Celso Castellanos, Lago Agrio, Lumbaqui y Jivino pertenecientes a la CNEL EP Unidad de Negocios Sucumbíos.
- Elaborar una alternativa de transferencia de carga para mejorar la confiabilidad del sistema eléctrico, entre las subestaciones.
- Analizar las posibles formas de transferencia de carga entre las subestaciones.
- Elaborar un plan de maniobras del sistema eléctrico para la transferencia de carga entre las subestaciones.

1.5. Justificación.

En la actualidad las regulaciones son más estrictas en lo referente a continuidad y confiabilidad en el suministro de energía eléctrica siendo penalizadas las empresas distribuidoras por las interrupciones de servicio.

La calidad del servicio y regulaciones en el sector eléctrico, han motivado a que las empresas eléctricas de distribución realicen grandes inversiones



tecnológicas para mejorar su gestión y mejorar la prestación de servicio, siendo así la utilización de reconectores para transferencias de carga una de las opciones para mejorar la calidad del servicio, este es un método de operación que permite restaurar el servicio eléctrico, reducir los tiempos de interrupción y disminuir la cantidad de abonados sin suministro de energía eléctrica.

Definir una correcta operación de los reconectores y adecuada localización que permita mitigar las afectaciones de las fallas en las redes de distribución, mejorar la confiabilidad del sistema, disminuir los aspectos económicos que conllevan pérdidas como posibles sanciones a la empresa eléctrica.



Capítulo 2

2. Marco Teórico.

2.1. Sistemas eléctricos de potencia.

Un Sistema Eléctrico de Potencia (SEP), es el conjunto de centrales generadoras, de líneas de transmisión interconectadas entre sí y de sistemas de distribución esenciales para el suministro y consumo de energía eléctrica,(figura 2.1).

En la práctica, un SEP reúne una gran cantidad de elementos; cada una de sus partes puede ser muy compleja, con diversidad de tamaños, clases y características. En términos generales, un Sistema Eléctrico de Potencia (SEP) está formado por tres partes principales: generación, transmisión y distribución.

Las centrales de generación, son donde se produce la energía eléctrica, mediante una fuente de energía primaria.

Las líneas de transmisión son los elementos encargados de transportar la energía eléctrica desde los centros de generación hasta los centros de consumos, a través de distintas etapas de transformación de voltaje.

El sistema de distribución se encarga de entregar la energía eléctrica a los usuarios a los niveles de voltaje de utilización y servicio normalizados.

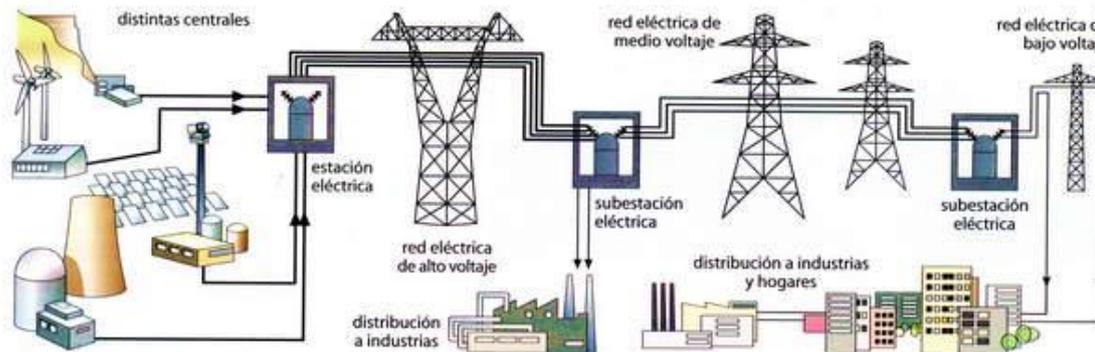


Figura 2.1 Sistema de Distribución
Fuente: (Montoya, 2013)

2.2. Sistemas de distribución de energía eléctrica.

Un sistema de distribución de energía eléctrica es la parte del sistema de suministro eléctrico, cuya función es el abastecimiento de energía desde la subestación de entrega en bloque hasta los usuarios finales, está conformada por un conjunto de equipos que permiten energizar de forma segura y confiable un número determinado de cargas, en distintos niveles de voltaje.

El sistema de distribución debe proveer servicio con un mínimo de variaciones de voltaje y el mínimo de interrupciones, debe ser proyectado para permitir expansiones progresivamente con escasas modificaciones en la construcción existente, tomando en cuenta ciertos principios económicos, con la finalidad que el servicio sea adecuado para la carga presente y futura al mínimo costo de operación (Ordoñez, 2010).



2.3. Elementos de un sistema de distribución

Un sistema de distribución consta de la subestación de distribución, alimentadores primarios, transformadores de distribución, redes secundarias, acometidas y equipo de medición.

2.3.1. Subestación de distribución.

La subestación de distribución recibe las líneas de transmisión o subtransmisión, transformando la energía en un nivel de voltaje más bajo mediante transformadores de reducción.

2.3.2. Alimentadores primarios de distribución.

Es el conjunto de elementos encargados de transportar la energía eléctrica desde las subestaciones de distribución hasta los transformadores de distribución.

2.3.3. Transformadores de distribución.

Son equipos encargados de cambiar el voltaje primario a un valor menor acorde a la necesidad del usuario y permite la conexión entre la red en medio y bajo voltaje.

2.3.4 Redes secundarias.

Las redes secundarias distribuyen la energía eléctrica desde los transformadores de distribución hasta las acometidas de los usuarios. En la mayoría de los casos estos alimentadores secundarios son circuitos radiales.



2.4. Calidad del Producto en sistemas de distribución.

Para garantizar la calidad de producto entregado al sistema eléctrico de distribución, la empresa distribuidora se encarga de verificar y controlar: nivel de voltaje, perturbaciones y factor de potencia. Esto lo realiza con: mediciones, procesamiento de datos, determinación de las compensaciones que pudieran corresponder a los consumidores afectados y su pago correspondiente. El ente encargado de verificar estos registros obtenidos es el ARCONEL, siendo requisito para la empresa distribuidora tener esta información al momento que el ente lo requiera.

2.4.1. Nivel de Voltaje

2.4.1.1 Variación de voltaje.

$$\Delta V_k(\%) = \frac{V_k - V_n}{V_n} * 100 \quad 2.1$$

Dónde:

$\Delta V_k(\%)$: Variación de voltaje, en el punto de medición, en el intervalo k de 10 minutos.

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

V_n : Voltaje nominal en el punto de medición.



2.4.1.2. Mediciones.

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

El Distribuidor debe realizar mensualmente lo siguiente:

- Un registro de voltaje en cada uno de los siguientes puntos de medición:
 - a) Se debe cumplir con el 20% de las barras de salida de subestaciones de distribución AV/MV, no menos de 3.
 - b) El 0,15% de los transformadores de distribución, no menos de 5.
 - c) El 0,01 % de los Consumidores de Bajo Voltaje del área de concesión, no menos de 10.
- Para que las mediciones sean representativas a todo el sistema, se considera para la selección de los puntos de medición: niveles de voltaje, tipo de zona (urbana, rural), y topología de la red. Una vez realizada la selección de los puntos, la Empresa Distribuidora debe notificar al ARCONEL, por lo menos 2 meses antes de efectuar las mediciones.
- Con la finalidad de conocer la energía suministrada de mala calidad, se mide la energía entregada de manera paralela que se realiza los registros de voltaje.
- Para cada mes, el registro en cada punto de medición se efectúa durante un período no inferior a 7 días continuos, en intervalos de medición de 10 minutos.



2.4.1.3 Límites

Si se presenta un 5% o más del período de medición durante 7 días continuos en cada mes, sin llegar al nivel de voltaje mínimo en un punto de medición, la empresa distribidora está dotando un servicio que incumple con los niveles de voltaje admisibles. En el cuadro siguiente se muestra las variaciones de voltaje admitidas con relación al valor del voltaje nominal: (CONELEC 004/01, 2001)

Tabla 2.1. Límites de voltaje.

	Subetapa 1	Subetapa 2
Alto Voltaje	+; - 7%	+; - 5%
Medio Voltaje	+; - 10%	+; - 8%
Bajo Voltaje. Urbanos	+; - 10%	+; - 8%
Bajo Voltaje. Rurales	+; - 13%	+; - 10%

Fuente: CONELEC 004/01 (2001)

2.4.2. Factor de Potencia

2.4.2.1 Índice de Calidad.

Para un control de calidad, en cuanto al factor de potencia, sí el consumidor tiene un registro del 5% o más, del período evaluado inferior al valor límite, el consumidor está incumpliendo con el índice de calidad. En donde Según (CONELEC 004/01, 2001), el valor mínimo de factor de potencia es de 0,92.

2.4.2.2 Medición

En el artículo 12 del Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad, están las disposiciones que el Distribuidor debe cumplir, adicional debe efectuar registros del factor de potencia en cada mes, al 2% del número de Consumidores



servidos en AV y MV. Los registros de las mediciones son en períodos de 10 minutos, con régimen de funcionamiento y cargas normales, por un tiempo no menor a siete (7) días continuos.

2.5 Calidad del Servicio Técnico.

La calidad del servicio técnico se evalúa en base a la frecuencia y duración total de Interrupción. Durante la Subetapa 1 se realiza controles en función a Índices Globales para la empresa distribuidora discriminando por agencia y por alimentador de MV. La información levantada y el cálculo de indicadores determinados, se debe representar de la mejor forma posible, mostrando la cantidad y el tiempo total de las interrupciones que afecten a los consumidores. Se determinan índices individuales para los consumidores con suministros en MV o en AV. Los indicadores se calcula a nivel de consumidor en la Subetapa 2, y así determina la cantidad de interrupciones y la duración total de cada una de ellas que afecten a cada consumidor.

El control se lo realiza anualmente, por tanto, las empresas distribuidoras deben presentar informes anuales al ARCONEL, especificando las interrupciones y los índices de control resultantes.

No obstante, los índices de calidad deben calcularse cada mes, y para el año completo. (CONELEC 004/01, 2001).



2.5.1 Registro y Clasificación de las Interrupciones.

El Distribuidor debe llevar el registro histórico de las interrupciones correspondientes, por lo menos de los tres últimos años, en un archivo digital.

El archivo digital del registro de las interrupciones debe ser desarrollado con anticipación con la finalidad de garantizar su utilización durante la Subetapa 1.

2.5.2. Control del Servicio Técnico en la Subetapa 1

Durante la Subetapa 1, y para los consumidores cuyo suministro sea en Bajo Voltaje, se controla la calidad del servicio técnico sobre la base de índices que reflejen la frecuencia y el tiempo total que queda sin servicio la red de distribución. Durante esta Subetapa 1 no se computan las interrupciones originadas en la red de Bajo Voltaje que queden circunscritas en la misma, es decir aquellas que no produzcan la salida de servicio del Centro de Transformación MV/BV al que pertenezcan. Se considera límites de la red, el terminal del alimentador MV en la subestación AV/MV, los bornes BV del transformador MV/BV, para efecto del cálculo de los índices.

2.5.2.1 Índices

Los índices de calidad se determinan para toda la red de distribución (Rd) y para cada alimentador primario (Aj), de acuerdo a las siguientes expresiones:

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



Es la cantidad de veces que el kVA promedio sufrió una interrupción de servicio en un tiempo determinado.

$$FMik_{RD} = \frac{\sum_i kVAf_{Si}}{kVA_{inst}} \quad 2.2$$

$$FMik_{Aj} = \frac{\sum_i kVAf_{SiAj}}{kVA_{instAj}} \quad 2.3$$

- Tiempo Total de interrupción por kVA nominal Instalado (TTIk).

Este representa el tiempo medio en que el kVA promedio no tuvo servicio en un tiempo determinado.

$$TTIk_{Rd} = \frac{\sum_i kVAf_{Si} * Tfsi}{kVA_{inst}} \quad 2.4$$

Se considera la sumatoria del total de las interrupciones de servicio en el alimentador “Aj” en el período en análisis.

Dónde:

$FMik_{RD}$: Frecuencia Media de Interrupción por kVA nominal instalado, expresada en fallas por kVA.

$TTIk_{RD}$: Tiempo Total de Interrupción por kVA nominal instalado, expresado en horas por kVA.

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

$\Sigma_j \Sigma A_i$: Sumatoria de todas las interrupciones de servicio en el alimentador “Aj” en el período de análisis.

$kVAf_{Si}$: Cantidad de kVA nominales fuera de servicio en cada una de las interrupciones “i”.



- kVA_{inst} : Cantidad de kVA nominales instalados.
- T_{fsi} : Tiempo fuera de servicio, para la interrupción "i"
- Rd : Red de distribución global
- A_j : Alimentador primario de medio voltaje "j".

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

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

Los límites admisibles, para los índices de calidad del servicio técnico, aplicables durante la Subetapa 1 se los presenta en la tabla 2.2 (CONELEC 004/01, 2001)

Tabla 2.2. Límites del FMik, TTik

INDICE	LIMITE FMik	LIMITE TTik
RED	4	8
ALIMENTADOR URBANO	5	10
ALIMENTADOR RURAL	6	18

Fuente: CONELEC 004/01 (2001)

2.6 Reconectador Automático.

El reconectador automático es un dispositivo de protección que está diseñado para interrumpir corrientes de falla, detectar condiciones de sobrecarga e interrumpir el flujo de la corriente. (Jeraldin, 2017)



En una forma más básica la función del reconectador es detectar una falla en el circuito, abriéndose por un tiempo programado antes de cerrar automáticamente. Este cierre automático es llamado auto-cierre y se pueden utilizar múltiples operaciones de apertura y cierre para disipar fallas transitorias.

Si la falla es transitoria y es despejada cuando la línea se encuentra desenergizada, en el siguiente auto-cierre retornará el suministro de energía. Pero si la falla es permanente, después de la cantidad de recierres programados el reconectador permanecerá abierto hasta que sea cerrado por el operador, a esta condición se la denomina bloqueo “lockout”. (Rivas, 2013). Los fabricantes han estandarizado un máximo de cuatro aperturas de las cuales tres reconexiones son de protección antes de que se produzca el bloqueo.

2.7. Límite térmico de un conductor.

Límite térmico es la mayor capacidad de conducción que tiene un conductor, donde inciden factores de acuerdo a la ubicación como son: características del conductor y condiciones ambientales, de la red analizada. A continuación, se describe la metodología a utilizarse.

$$I^2R = (W_c + W_r)A \quad (W) \quad 2.5$$

Dónde:

I^2R : Pérdidas en la línea.

W_c : Energía disipada por convección.

W_r : Energía disipada por radiación.

A : Área de la superficie del conductor.



La energía disipada por convección W_c , puede calcularse con la siguiente expresión:

$$W_c = \frac{0,0128\sqrt{pv}}{T_a^{0,123}\sqrt{d}} \Delta t \quad \left(\frac{W}{plg^2} \right) \quad 2.6$$

p : Presión atmosférica (atm)

v : Velocidad del viento (pie / s)

T_a : Temperatura media del ambiente, el conductor y del aire (K)

Δt : Incremento de temperatura ($^{\circ}C$).

$$W_r = 36,8E \left[\left(\frac{T}{1000} \right)^4 - \left(\frac{T_0}{1000} \right)^4 \right] \left(\frac{W}{plg^2} \right) \quad 2.7$$

E : Factor de emisividad relativa de la superficie del conductor

T : Temperatura del conductor (K)

T_0 : Temperatura del ambiente (K)

De la expresión (2.5) se despeja el área de la superficie del conductor donde se obtiene:

$$I = \sqrt{\frac{(W_c + W_r)A}{R_{ef}}} \quad (A) \quad 2.8$$

$$A = \pi * d * 1pi \quad 2.9$$

Dónde:

R_{ef} : Es la resistencia efectiva del conductor (Ω / pie)

d : Diámetro exterior del conductor (plg).

2.8. Software utilizado en el estudio.

2.8.1. CYME

El programa CYME para el análisis de redes eléctricas es una serie robusta y completa de herramientas avanzadas de simulación de gran ayuda a los ingenieros en redes eléctricas de transporte, distribución e industriales. CYME fue diseñado para ayudar a afrontar los retos complejos y emergentes de la planificación y explotación de redes eléctricas. Desde hace más de 25 años, los programas CYME respaldan miles de proyectos de redes eléctricas de transporte, distribución e industriales en el mundo.

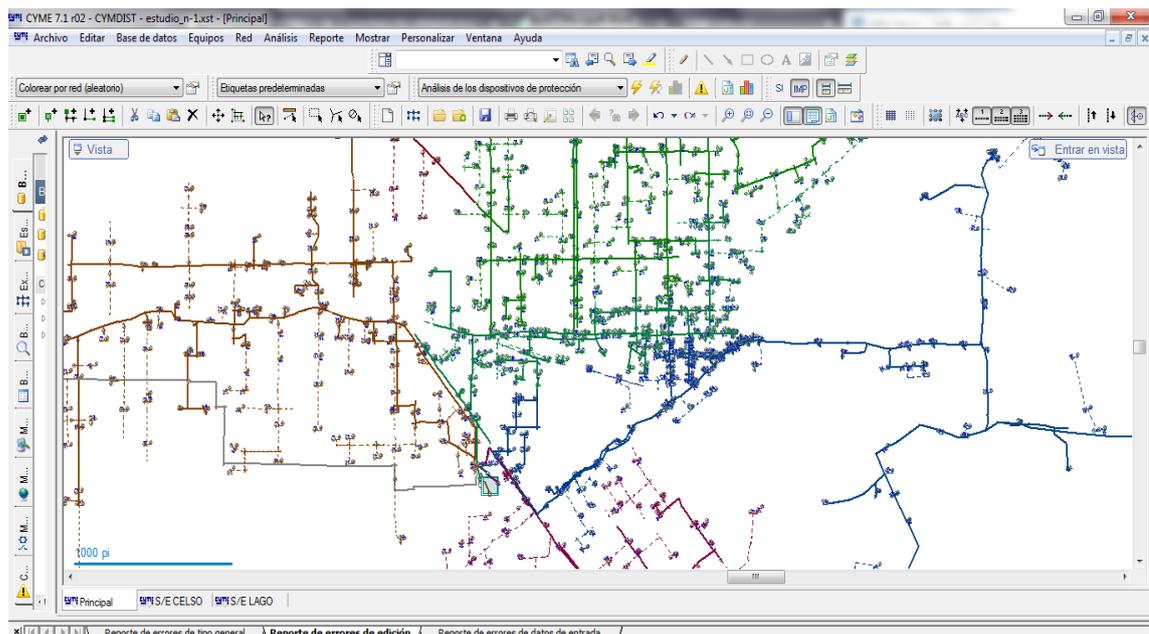


Figura 2.2.CYME.
Fuente: (CYMDIST, 2017)



2.8.1.1. Aplicaciones

Módulos de base - Redes de transporte de energía e industriales.

- Análisis de flujos de potencia en redes trifásicas.
- Simulación de condiciones de falla en redes eléctricas trifásicas.

Módulo de base – Redes de distribución.

- Análisis de caída de voltaje por fase y de flujo de potencia.
- Cálculo de corrientes de cortocircuito (flujo de falla y voltaje de falla).
- Análisis de protecciones.
- Dimensionamiento y ubicación óptima de condensadores.
- Balance, distribución y estimación de cargas.
- Análisis en sistemas monofásicos, bifásicos y trifásicos equilibrados o desequilibrados de configuración radial, en anillo o mallada.

2.8.1.2. Distribución de carga.

CYME es un software para el análisis de sistemas de distribución eléctrica, permite simular sistemas: equilibrados o desequilibrados, redes monofásicas, bifásicas o trifásicas, en las configuraciones radial, anillo o mallada.

CYME incluye un editor completo de redes con las siguientes funciones:

- Flujo de carga desbalanceado.
- Análisis exhaustivo de fallas
- Balance de cargas
- Distribución y evaluación de cargas
- Ubicación óptima de condensadores

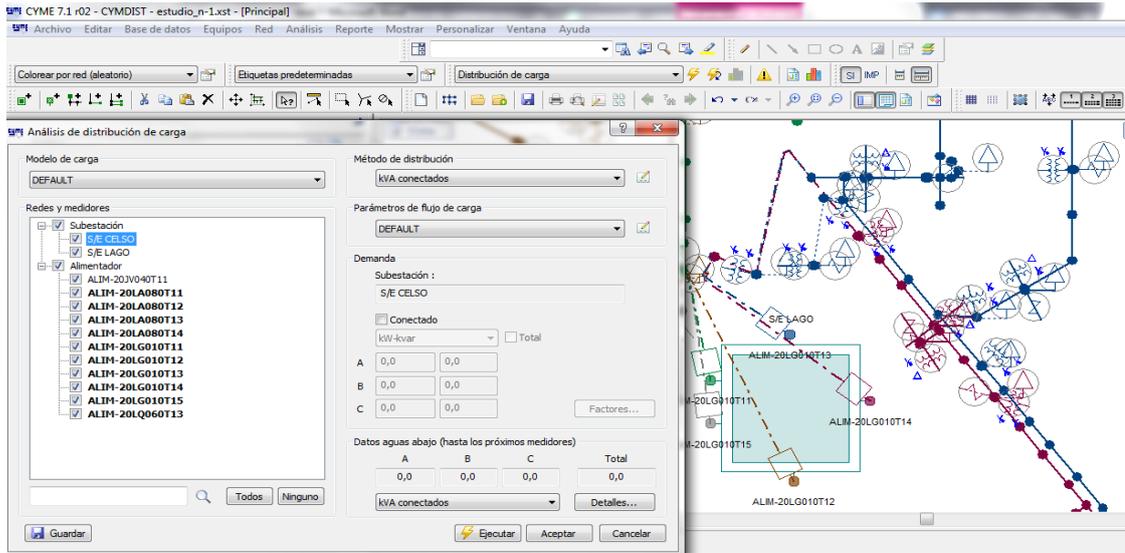


Figura 2.3. Análisis de distribución de carga.
Fuente: (CYMDIST, 2017)

2.9.1.2. Flujo de carga.

Este módulo fue creado para ayudar en los análisis de contingencias en redes malladas. Funciona conjuntamente con los módulos de análisis de flujo de potencia de CYME. Permite al ingeniero crear eventos de contingencias y escenarios hipotéticos de salidas de servicio individuales o múltiples y también comparar los resultados con la red del caso base y el modelo de conectividad.

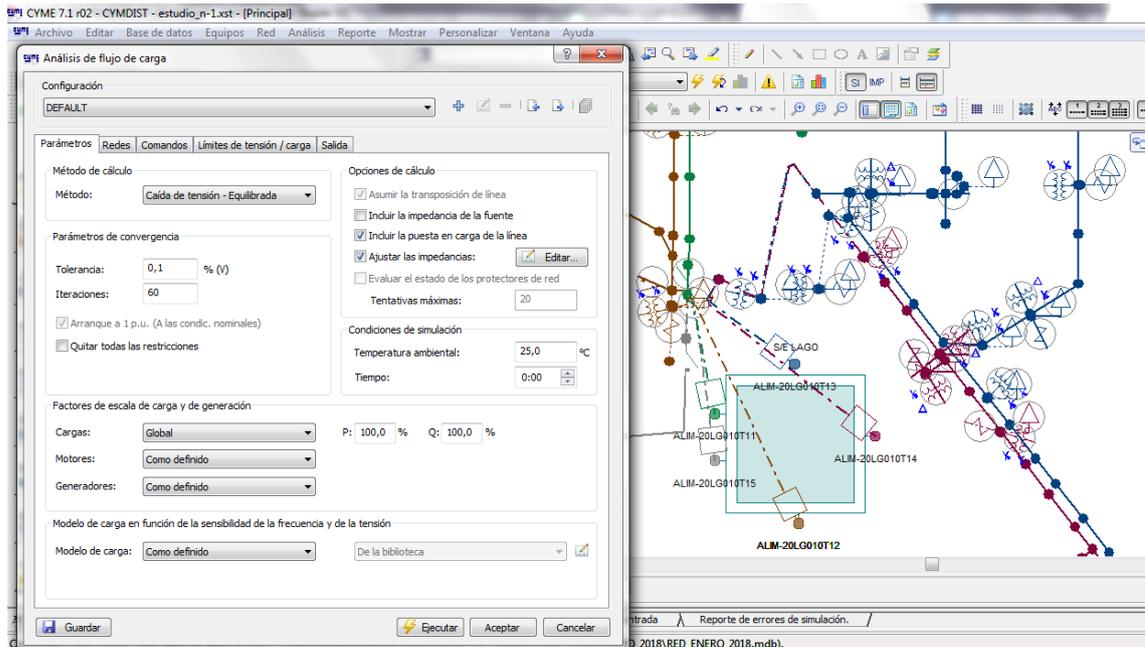


Figura 2.4. Análisis de Flujo de carga.
Fuente: (CYMDIST, 2017)

2.9. Plan de Expansión de Transmisión.

La determinación del plan de equipamiento del Sistema Nacional de Transmisión toma como base para los análisis, el estado de avance de los proyectos de expansión en ejecución y los cronogramas de aquellos que iniciarán próximamente su construcción. A esta información considerada como referencial, se suma para el estudio las siguientes proyecciones y simulaciones:

- Proyección decenal de la demanda anual de potencia y energía de las empresas de distribución.
- Despachos de generación: se formulan en función de los resultados de las simulaciones energéticas del S.N.I. entregadas por el ARCONEL y de los costos variables de producción de cada una de las unidades de generación del sistema publicados por el CENACE.



- Análisis eléctricos: se realizan considerando la demanda máxima no coincidente del sistema, desagregada por barra de entrega del S.N.I. de acuerdo con las estadísticas de operación disponibles.
- Capacidad de nuevas subestaciones: el equipo de transformación se dimensiona para que a la fecha de entrada en operación, el nivel de carga inicial sea del orden del 40% de su capacidad máxima.
- Líneas de transmisión: en condiciones normales de operación no deben superar el 100% de su capacidad de transporte.
- Normativa vigente: se debe cumplir principalmente lo indicado en las regulaciones: “Procedimientos de Despacho y Operación (No. 006/00)”, “Transacciones de Potencia Reactiva en el MEM (No. 004/02)” y “Calidad del Transporte de Electricidad y del Servicio de Transmisión y Conexión en el S.N.I. (No. 003/08)”, mediante las cuales se establecen los parámetros de calidad, seguridad y confiabilidad que deben ser observados por el transmisor y demás agentes del MEM. Las alternativas son analizadas mediante criterios económicos (considerando los costos de inversión, operación y mantenimiento de la red, operación del sistema, restricciones, energía no suministrada y pérdidas de potencia y energía), con la tasa de descuento referencial del 12% definida por SENPLADES y una vida útil de 30 años para subestaciones y de 45 años para líneas de transmisión.

2.9.1 Costo de la energía no suministrada.

De acuerdo a lo establecido en la normativa vigente que regula el funcionamiento del mercado eléctrico, le corresponde al ARCONEL definir el valor del costo de la energía no suministrada (CENS). Es así que, a través de



Resolución del Directorio, el ARCONEL estable el CENS, a nivel nacional, en un valor de 153,3 cUSD/kWh, exclusivamente para procesos de Planificación y Expansión del Sistema Nacional Interconectado, de conformidad con el detalle de la tabla 2.3 : (CONELEC, 2013)

Tabla 2.3. Costo de la energía no suministrada.

TIPO DE CONSUMIDOR	CENS (cUSD/kWh)
Residencial	64.6
Comercial	179.1
Industrial	400.3
Otros	150.7

Fuente: CONELEC (2013)



Capítulo 3

3.1 Antecedentes y Recopilación de la Información.

Es indispensable para la transferencia de carga entre subestaciones de un sistema de distribución primario, el conocimiento detallado de la forma en que opera el sistema existente, sus limitaciones, su capacidad y la calidad del servicio frente a las exigencias de la demanda actual. Para esto los estudios que se realicen deben ser con información actualizada, conocer su funcionamiento y ubicación física de operación, así como sus características técnicas y eléctricas, evaluar su validez y complementarla para obtener toda la información que permita realizar el análisis del sistema en sus condiciones actuales y proceder luego a plantear una alternativa.

El análisis de flujos de carga, en las subestaciones Lago Agrio, Celso Castellanos, Lumbaqui y Jivino, no tienen una estructura para hacer una transferencia de carga en el menor tiempo posible, ya que las transferencias de carga se las realiza de una forma empírica y no en base a un estudio previo.

En la tabla 3.1 se describe el nombre de cada uno de los alimentadores que pertenecen a las subestaciones, así como la longitud y el número de transformadores conectados en las subestaciones, en la cual se realiza el análisis para la transferencia de carga.



Tabla 3.1 Subestaciones que forman parte del sistema eléctrico de CNEL Sucumbíos.

ITEM	PTD_SUBESTACION	PTD_ALIMENTADOR	Longitud total (km)	Total Transformadores (#)	Total Potencia (MVA)
1	S/E JIVINO	20JV040T11 - JIVINO-SHUSHUFINDI	29,42	249	5,54
2	S/E LAGUNA	20LA080T11 - LAGUNA 1	18,24	244	9,92
3		20LA080T12 - LAGUNA 2	33,14	139	2,70
4		20LA080T13 - LAGUNA 3	47,28	321	5,76
5		20LA080T14 - LAGUNA 4	0,59	26	0,40
6	S/E LAGO AGRIO	20LG010T11 - LAGO 2	9,84	178	9,79
7		20LG010T12 - VIA QUITO	38,23	294	12,26
8		20LG010T13 - LAGO 1	20,77	291	11,11
9		20LG010T14 - VIA JIVINO	35,15	453	11,46
10		20LG010T15 - HOSPITAL MVI	3,67	4	2,26
11	S/E LUMBAQUI	20LQ060T11 - LUMBAQUI	5,83	38	1,23
12		20LQ060T13 - CASCALES	58,57	419	6,70
13		20LQ060T14 - REVENTADOR	43,25	169	3,93
TOTAL			343,99	2825	83,05

Fuente. CNEL UN Sucumbios(2017)

El sistema de subtransmisión de CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos se tiene un voltaje de 69 kV en toda el área de concesión. En la tabla 3.2 se presenta el calibre del conductor, así como el tipo de conductor de las líneas de subtransmisión existentes en el sistema eléctrico.

Tabla 3.2. Líneas de subtransmisión a 69 kV del sistema eléctrico de CNEL EP Sucumbíos.

DESDE	HASTA	DISTANCIA (Km)	TIPO	CALIBRE MCM
CELSO CASTELLANOS	LUMBAQUI	51	ACAR	300
LAGO AGRIO	CELSO CASTELLANOS	5	ACAR	300
JIVINO	LAGO AGRIO	31	ACSR	266.8

Fuente : Propia.

3.2 Topología actual de la red.

Actualmente existe conexión en medio voltaje 13.8kV entre las subestaciones Lumbaqui – Celso Castellanos por medio de los alimentadores primarios: Cascales (20LQ060T13) el cual se alimenta de la S/E Lumbaqui y Laguna 2



(20LA080T12) que parte desde la S/E Celso Castellanos. La conexión entre las S/E Celso Castellanos – Lago Agrio se conectan por medio de los alimentadores primarios: Laguna 1(20LA080T11) el cual se alimenta de la S/E Celso Castellanos y Lago 1 (20LG010T13) el cual se alimenta de la S/E Lago Agrio.

El alimentador Cascales es de configuración 3F4C, el calibre del conductor varía a lo largo del recorrido del alimentador con secciones que van desde Nº2 hasta Nº 2/0. Este alimentador parte de la S/E Lumbaqui la cual está ubicada en la ciudad de Lumbaqui (910610E, 10005491N 17S), perteneciente al cantón Gonzalo Pizarro. La troncal principal tiene una extensión aproximada 25 km hasta encontrarse con el alimentador Laguna 2 en el punto 932814E, 10009409N 17S (Fuente: Departamento SIG de CNEL Sucumbíos). Este alimentador tiene instalados 399 transformadores con una capacidad instalada total de 6.25MVA.

En la figura 3.1 se muestra el recorrido del alimentador Cascales el cual está representado por el color morado.

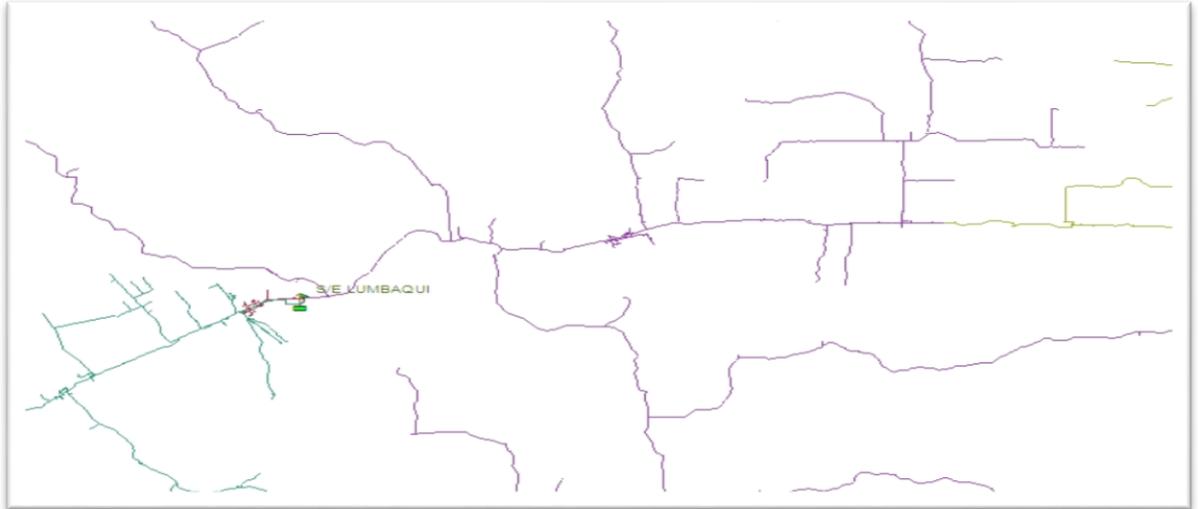


Figura 3.1. Alimentador Principal Cascales
Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

El alimentador Laguna 2 es de configuración 3F4C, el calibre del conductor es No. 2/0 hasta No. 4/0, Este alimentador parte desde la S/E Celso Castellanos (Laguna) hasta encontrarse con el alimentador Cascales antes descrito. La S/E Celso Castellanos (Laguna) se encuentra ubicada a las afueras de la ciudad de Nueva Loja perteneciente al cantón Lago Agrio. La troncal principal tiene una extensión aproximada de 23km. En este alimentador se tiene instalados 144 transformadores con una capacidad instalada total de 2.77MVA. En la figura 3.2 se describe el recorrido del alimentador Laguna 2 con color verde.



Figura 3.2. Alimentador principal Laguna 2.
Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

El alimentador Laguna 1 es de configuración 3F4C, el calibre del conductor es Nº 4/0 a lo largo de todo el recorrido. Este alimentador parte de la S/E Celso Castellanos hasta el punto 957243E, 10009244N 17S, donde se encuentra con el alimentador Lago 2. La troncal principal tiene una extensión aproximada de 4.5km. En este alimentador tiene instalados 212 transformadores con una capacidad total instalada de 8.97MVA. En la figura 3.3 se describe el recorrido del alimentador Laguna 1 con color verde.

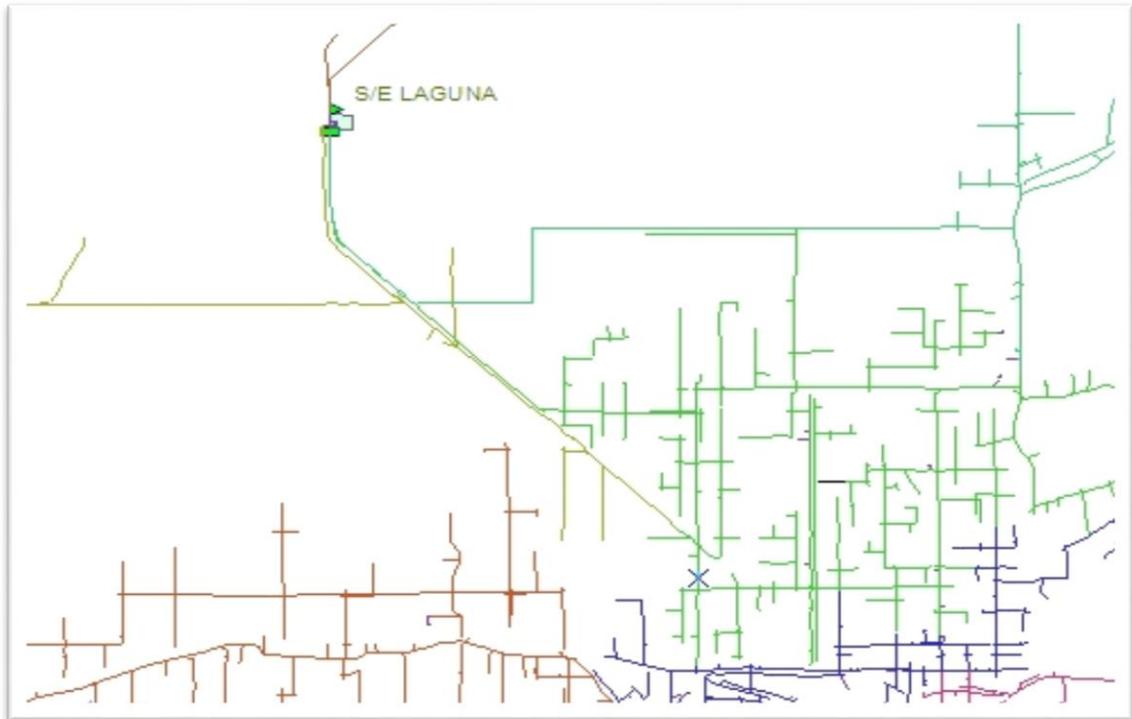


Figura 3.3. Alimentador principal Laguna 1.
Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

El alimentador Lago 2 de configuración 3F4C, el calibre del conductor es № 4/0 a lo largo de todo el recorrido. Este alimentador parte de la S/E Lago Agrio hasta encontrarse con el alimentador Laguna 1. La troncal principal tiene una extensión aproximada de 200m. En este alimentador están instalados 158 transformadores con una capacidad instalada total de 9.53MVA.

En la figura 3.4 se describe el recorrido del alimentador Lago 2 con color azul.



Figura 3.4. Alimentador principal Lago 2.
Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

3.4. Subestación Celso Castellanos (Laguna).

Esta subestación se encuentra ubicada en el sector noreste a las afueras de ciudad de Nueva Loja, vía a la Laguna, a 500m del parque PERLA, en el cantón Lago Agrio, provincia de Sucumbíos (955558 E, 10012105 N).

En la tabla 3.3 se presenta las características principales de esta subestación.

Tabla 3.3. Características de la S/E Laguna.

DESCRIPCION	DATOS
Capacidad Instalada de la Subestación:	10/12.5 MVA
Nivel de Voltaje:	69/13.8 kV
Número de Alimentadores:	4
Alimentadores utilizados:	4
Conexión del primario del transformador.	Delta
Conexión del secundario del transformador.	Estrella
Tipo de esquema de barras:	Barra simple

Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

En la tabla 3.4 se presenta las características de los interruptores y seccionadores de la subestación Celso Castellanos.

Tabla 3.4. Características de las protecciones de la S/E Laguna.

	Interruptor			Seccionador	
	Marca	Corriente Nominal	Relación de TC	Marca	Corriente Nominal
Laguna 1	SCHNEIDER	600A	2000/1	SCHNEIDER	630
Laguna 2	SCHNEIDER	600A	2000/1	SCHNEIDER	630
Laguna 3	SCHNEIDER	600A	2000/1	SCHNEIDER	630
Laguna 4	SCHNEIDER	600A	2000/1	SCHNEIDER	630

Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

En la tabla 3.5 se muestra un resumen de la energía distribuida de los cuatro alimentadores que forman parte de la subestación, la energía (kWh) se presenta por meses durante el periodo octubre 2016 hasta septiembre 2017 tiempo de análisis para el presente estudio.

Tabla 3.5. Energía de la S/E Laguna.

ALIMENTADOR	Laguna 1	Laguna 2	Laguna 3	Laguna 4	Total S/E
OCTUBRE	1.718.023,38	345.709,36	461.638,26	25.772,72	2.551.143,71
NOVIEMBRE	1.717.724,00	341.210,00	461.826,80	25.734,89	2.546.495,69
DICIEMBRE	1.753.902,00	372.550,60	478.678,90	26.754,61	2.631.886,11
ENERO	1.906.685,00	370.033,00	495.300,00	25.300,00	2.797.318,00
FEBRERO	1.512.612,26	310.775,00	435.561,02	23.809,95	2.282.758,23
MARZO	1.678.042,21	328.002,15	487.105,02	24.882,69	2.518.032,07
ABRIL	1.632.766,96	322.829,73	475.226,23	24.743,19	2.455.566,11
MAYO	1.689.776,61	332.732,05	486.887,00	25.303,53	2.534.699,19
JUNIO	1.637.146,14	321.109,64	478.722,71	24.348,29	2.461.326,79
JULIO	1.586.475,21	322.231,83	471.781,20	24.442,83	2.404.931,07



AGOSTO	1.701.501,98	327.782,62	499.132,22	25.503,00	2.553.919,81
SEPTIEMBRE	1.753.909,14	334.612,60	514.188,74	27.999,66	2.630.710,13
ACUMULADO	20.288.564,88	4.029.578,57	5.746.048,11	304.595,36	30.368.786,92

Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

En la tabla 3.6 se muestra un resumen de demandas máximas (MW) según los registros de CNEL Unidad de Negocios Sucumbíos en el período de octubre 2016 a septiembre 2017.

Tabla 3.6. Demandas Máximas de la S/E Laguna

NOMBRE DEL ALIMENTADOR	LAGUNA 1	LAGUNA 2	LAGUNA 3	LAGUNA 4	Total S/E
OCTUBRE	3,56	0,78	1,01	0,06	5,42
NOVIEMBRE	3,69	0,78	1,06	0,08	5,6
DICIEMBRE	3,85	0,89	1,02	0,07	5,83
ENERO	3,76	0,82	1,01	0,08	5,67
FEBRERO	3,48	0,7	1,02	0,06	5,27
MARZO	3,41	0,71	1,02	0,05	5,18
ABRIL	3,81	0,84	1,16	0,08	5,88
MAYO	3,69	0,8	1,11	0,07	5,67
JUNIO	3,74	0,82	1,13	0,07	5,76
AGOSTO	3,36	0,7	1	0,06	5,13
SEPTIEMBRE	3,64	0,74	1,11	0,07	5,56

Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

El nivel de voltaje en Medio Voltaje en toda el área de concesión de CNEL Unidad de Negocios Sucumbíos es de 13.8kV. En la tabla 3.7 se muestran los valores de corriente de cada uno de los alimentadores en el período de octubre 2016 a septiembre 2017.

Tabla 3.7. Corrientes de la S/E Laguna.

NOMBRE DEL ALIMENTADOR	LAGUNA 1	LAGUNA 2	LAGUNA 3	LAGUNA 4
OCTUBRE	158,53	36,21	45,57	2,7
NOVIEMBRE	169,64	37,41	49,04	4,02
DICIEMBRE	160,91	37,04	42,73	3,04
ENERO	157,36	34,4	42,06	3,2
FEBRERO	156,68	33,09	45,93	3,25
MARZO	153,31	33,37	45,66	2,63

ABRIL	159,25	35,24	48,34	3,13
MAYO	154,35	33,42	46,37	3,12
JUNIO	175,1	35,76	33,42	8,85
JULIO	141,44	31,72	42,94	2,83
AGOSTO	147,79	32,36	44,68	2,94
SEPTIEMBRE	185,92	36,19	51,36	3,01
ACUMULADO	1920,28	416,21	538,1	42,72

Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

Con la información de valores de demandas máximas y energía, se procede a calcular los factores de carga de la S/E Celso Castellanos y sus alimentadores, cuyos valores los se presentan en la tabla 3.8.

Tabla 3.8. Factores de Carga de la S/E Laguna.

ALIMENTADOR	Laguna 1	Laguna 2	Laguna 3	Laguna 4	Total S/E
OCTUBRE	0,67	0,62	0,63	0,58	0,65
NOVIEMBRE	0,65	0,61	0,61	0,46	0,63
DICIEMBRE	0,63	0,58	0,65	0,51	0,63
ENERO	0,7	0,62	0,68	0,46	0,69
FEBRERO	0,6	0,61	0,59	0,52	0,6
MARZO	0,68	0,64	0,67	0,68	0,67
ABRIL	0,6	0,53	0,57	0,46	0,58
MAYO	0,64	0,58	0,61	0,47	0,62
JUNIO	0,61	0,55	0,59	0,48	0,59
JULIO	0,65	0,59	0,64	0,5	0,64
AGOSTO	0,7	0,65	0,69	0,57	0,69
SEPTIEMBRE	0,67	0,62	0,65	0,58	0,66

Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

A continuación en la tabla 3.9, se detalla los valores de factor de potencia según los registros de CNEL Unidad de Negocios Sucumbíos en el período de octubre 2016 a septiembre 2017.

Tabla 3.9. Factor de Potencia de la S/E Laguna.

NOMBRE DEL ALIMENTADOR	LAGUNA 1	LAGUNA 2	LAGUNA 3	LAGUNA 4
OCTUBRE	0,94	0,9	0,93	0,96
NOVIEMBRE	0,91	0,87	0,9	0,81
DICIEMBRE	0,93	0,89	0,93	0,81



ENERO	0,93	0,89	0,93	0,81
FEBRERO	0,93	0,89	0,93	0,81
MARZO	0,93	0,89	0,93	0,81
ABRIL	0,91	0,87	0,9	0,84
MAYO	0,95	0,91	0,94	0,87
JUNIO	0,91	0,88	0,91	0,85
JULIO	0,94	0,91	0,94	0,87
AGOSTO	0,95	0,91	0,94	0,88
SEPTIEMBRE	0,82	0,86	0,9	0,93

Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

3.4.1. Alimentador Laguna 1.

Este alimentador es de tipo radial el cual da servicio a gran parte del centro de la ciudad de Nueva Loja y sus alrededores (figura 3.3). En la tabla 3.10 se detalla las características del alimentador.

Tabla 3.10. Características del alimentador Laguna 1.

Longitud Ramal Monofásico (km)	Longitud Ramal Bifásico (km)	Longitud Ramal Trifásico (km)	Longitud Total (km)	# Transformadores Monofásicos	# Transformadores Trifásicos	Total Transformadores (#)	Potencia Transformadores Monofásicos (MVA)	Potencia Transformadores Trifásicos (MVA)	Total Potencia (MVA)
19,76	0,03	18,24	38,03	205	39	244	6,63	3,29	9,92

Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

En la tabla 3.11 se detallan los índices de calidad mensuales FMIk y TTik , los cuales están dentro de los límites establecidos por el ARCONEL en lo que se refiere a la calidad de servicio.

Tabla 3.11. Índices de FMik Y TTIk del alimentador Laguna 1.

	S/E CELSO CASTELLANOS	20LA080T11 (LAGUNA 1)
OCTUBRE	FMik	
	TTIk	4,867
NOVIEMBRE	FMik	3,000
	TTIk	1,783
DICIEMBRE	FMik	0,000
	TTIk	0,000
ENERO	FMik	1,000
	TTIk	0,400
FEBRERO	FMik	5,000
	TTIk	3,767
MARZO	FMik	1,000
	TTIk	0,567
ABRIL	FMik	4,000
	TTIk	3,900
MAYO	FMik	0,000
	TTIk	0,000
JUNIO	FMik	1,000
	TTIk	0,350
JULIO	FMik	6,000
	TTIk	14,767
AGOSTO	FMik	2,000
	TTIk	2,033
SEPTIEMBRE	FMik	1,000
	TTIk	1,483

Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

3.4.2. Alimentador Laguna 2.

Este alimentador da servicio a los sectores: Santa Cecilia, Sevilla, Jambeli, y la parte este de la ciudad de Nueva Loja. En la tabla 3.12 se detallan las características del alimentador.



Tabla 3.12. Características del alimentador Laguna 2.

Long. Ramal Monofásico (km)	Long. Ramal Bifásico (km)	Long. Ramal Trifásico (km)	Total (km)	# Trafos. Monofásicos	# Trafos. Trifásicos	Total (#) Trafos.	Trafos. Monofásicos (MVA)	Trafos. Trifásicos (MVA)	Total (MVA)
55,795	0	33,135	88,93	128	11	139	1,99	0,705	2,695

Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

En la tabla 3.13 se detallan los índices de calidad mensuales FMIk y TTIk durante el período octubre 2016 a septiembre 2017.

Tabla 3.13. Índices de FMIk Y TTIk del alimentador Laguna 2.

	S/E CELSO CASTELLANOS	20LA080T12 (LAGUNA 2)
OCTUBRE	FMIk	6,000
	TTIk	5,617
NOVIEMBRE	FMIk	2,000
	TTIk	0,900
DICIEMBRE	FMIk	0,000
	TTIk	0,000
ENERO	FMIk	1,000
	TTIk	0,400
FEBRERO	FMIk	5,000
	TTIk	3,767
MARZO	FMIk	1,000
	TTIk	0,567
ABRIL	FMIk	4,000
	TTIk	3,900
MAYO	FMIk	1,000
	TTIk	0,167
JUNIO	FMIk	2,000
	TTIk	1,017
JULIO	FMIk	7,000
	TTIk	13,833
AGOSTO	FMIk	3,000
	TTIk	2,667
SEPTIEMBRE	FMIk	1,000
	TTIk	0,817

Fuente: Propia



3.4.3. Alimentador Laguna 3.

Este alimentador es del tipo radial y da servicio a las parroquias: Nueva Loja, General Farfán, 10 de agosto, y demás barrios aledaños. En la tabla 3.14 se detalla las características del alimentador.

Tabla 3.14. Características del alimentador Laguna 3.

Long. Ramal Monofásico (km)	Long. Ramal Bifásico (km)	Long. Ramal Trifásico (km)	Total (km)	# Trafos. Monofásicos	# Trafos. Trifásicos	Total (#) Trafos.	Trafos. Monofásicos (MVA)	Trafos. Trifásicos (MVA)	Total (MVA)
176,117	0	47,282	223,399	309	12	321	4,432	1,33	5,762

Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

En la tabla 3.15 se detallan los índices de calidad mensuales FMIk y TTIk durante el período octubre 2016 a septiembre 2017.

Tabla 3.15. Índices de FMIk Y TTIk del alimentador Laguna 3.

	S/E CELSO CASTELLANOS	20LA080T13 (LAGUNA 3)
OCTUBRE	FMIk	6,000
	TTIk	5,650
NOVIEMBRE	FMIk	2,000
	TTIk	1,050
DICIEMBRE	FMIk	1,000
	TTIk	0,167
ENERO	FMIk	1,000
	TTIk	0,400
FEBRERO	FMIk	5,000
	TTIk	3,767
MARZO	FMIk	1,000
	TTIk	0,633
ABRIL	FMIk	4,000
	TTIk	4,050



MAYO	FMIk	0,000
	TTIk	0,000
JUNIO	FMIk	1,000
	TTIk	0,350
JULIO	FMIk	7,000
	TTIk	13,850
AGOSTO	FMIk	3,000
	TTIk	2,550
SEPTIEMBRE	FMIk	1,000
	TTIk	0,817

Fuente: Propia

3.4.4. Alimentador Laguna 4.

Este alimentador es del tipo radial y sirve a los barrios aledaños a la parroquia Nueva Loja. En la tabla 3.16 se detallan las características principales del alimentador.

Tabla 3.16. Características del alimentador Laguna 4.

Long. Ramal Monofásico (km)	Long. Rama I Bifásico (km)	Long. Rama I Trifásico (km)	Total (km)	# Trafos. Monofásicos	# Trafos. Trifásicos	Total (#) Trafos.	Trafos. Monofásicos (MVA)	Trafos. Trifásicos (MVA)	Total (MVA)
19,72	0	0,58	20,31	25	1	26	0,34	0,05	0,39

Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

En la tabla 3.17 se detallan los índices de calidad mensuales FMIk y TTIk durante el período octubre 2016 a septiembre 2017 del alimentador Laguna 4.

Tabla 3.17. Índices de FMIk Y TTIk del alimentador Laguna 4.

	S/E CELSO CASTELLANOS	20LA080T14 (LAGUNA 4)
OCTUBRE	FMIk	6,000
	TTIk	5,650
NOVIEMBRE	FMIk	4,000
	TTIk	1,900



DICIEMBRE	FMIk	0,000
	TTIk	0,000
ENERO	FMIk	1,000
	TTIk	0,400
FEBRERO	FMIk	5,000
	TTIk	3,767
MARZO	FMIk	1,000
	TTIk	0,633
ABRIL	FMIk	4,000
	TTIk	4,050
MAYO	FMIk	0,000
	TTIk	0,000
JUNIO	FMIk	1,000
	TTIk	0,350
JULIO	FMIk	8,000
	TTIk	14,517
AGOSTO	FMIk	2,000
	TTIk	2,167
SEPTIEMBRE	FMIk	1,000
	TTIk	0,817

Fuente: Propia.

3.5 Subestación Lago Agrio.

La subestación Lago Agrio cuenta con las siguientes características, detalladas en la tabla 3.18.

Tabla 3.18. Características de la S/E Lago Agrio.

DESCRIPCION	DATOS
Capacidad Instalada de la Subestación	15/20/25 MVA y 10/12.5 MVA
Número de Alimentadores.	6 primarios
Alimentadores utilizados	5 primarios utilizados
Conexión del primario del transformador	Delta
Conexión del secundario del transformador	Y
Tipo de esquema de barras	Barra simple

Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

Las características de los interruptores y seccionadores se los detallan en la tabla 3.19, que corresponden a la subestación Lago Agrio



Tabla 3.19. Características de las protecciones de la S/E Lago Agrio.

	Interruptor			Seccionador	
	Marca	Corriente Nominal	Relación de TC	Marca	Corriente Nominal
Vía a Quito	SIEMENS	600A	600/5	SIEMENS	600
Lago 1	SIEMENS	600A	600/5	SIEMENS	600
Lago 2	SIEMENS	600A	600/5	SIEMENS	600
Vía a Jivino	SIEMENS	600A	600/5	SIEMENS	600

Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

En la tabla 3.20 se muestra un resumen de energía suministrada (kWh), de la subestación y sus alimentadores desde octubre 2016 hasta septiembre 2017.

Tabla 3.20. Energía de la S/E Lago Agrio.

ALIMENTADOR	Lago 1	Lago 2	Vía a Quito	Vía Jivino	Hospital	TOTAL, S/E
OCTUBRE	1.398.659,80	1.502.818,48	1.365.320,80	1.180.774,52		5.447.573,60
NOVIEMBRE	1.425.460,70	1.511.979,00	1.354.923,00	1.148.320,00		5.440.682,70
DICIEMBRE	1.506.505,00	1.553.328,00	1.400.747,00	1.210.454,00		5.671.034,00
ENERO	1556758	1622081	1499949	1228224		5.907.012,00
FEBRERO	1.278.545,00	1.317.082,00	1.255.174,23	1.138.298,64		4.989.099,87
MARZO	1.376.929,29	1.478.862,37	1.446.509,92	1.292.373,10		5.594.674,67
ABRIL	1.281.359,59	1.406.716,23	1.534.613,68	1.272.634,98		5.495.324,48
MAYO	1.410.945,76	1.441.066,13	1.592.469,26	1.309.722,56		5.754.203,71
JUNIO	1.363.720,29	1.386.041,14	1.339.539,29	1.262.447,45		5.351.748,16
JULIO	1.281.923,38	1.341.383,88	1.303.657,53	1.257.587,63	233.604,77	5.418.157,17
AGOSTO	1.393.599,87	1.466.224,11	1.404.603,57	1.307.673,69	278.728,95	5.850.830,18
SEPTIEMBRE	1.378.003,31	1.492.967,34	1.446.828,12	1.311.111,10	270.828,93	5.899.738,80
ACUMULADO	16.652.409,9	17.520.549,66	16.944.335,39	14.919.621,65	783.162,65	66.820.079,34

Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)



En la tabla 3.21 se muestra un resumen de demandas máximas (MW) de los alimentadores de la subestación, según los registros de CNEL Unidad de Negocios Sucumbíos en el período de octubre 2016 a septiembre 2017.

Tabla 3.21. Demanda máxima de la S/E Lago Agrio.

NOMBRE DEL ALIMENTADOR	VIA QUITO	LAGO 2	LAGO 1	VIA JIVINO	HOSPITAL
OCTUBRE	3,014	3,424	2,855	2,362	
NOVIEMBRE	3,116	3,684	3,00	2,384	
DICIEMBRE	3,192	3,256	2,959	2,489	
ENERO	3,453	3,011	2,663	2,498	
FEBRERO	2,810	2,834	2,614	2,597	
MARZO	2,967	2,752	2,564	2,521	
ABRIL	3,789	3,568	2,947	2,973	
MAYO	3,776	3,447	3,086	2,849	
JUNIO	3,476	3,406	3,181	2,874	
JULIO	3,039	3,017	2,674	2,635	0,586
AGOSTO	2,956	3,107	2,718	2,584	0,607
SEPTIEMBRE	3,117	3,382	2,885	2,670	0,604

Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

En la tabla 3.22 se muestra los valores de corriente de cada uno de los alimentadores en el período de octubre 2016 a septiembre 2017.

Tabla 3.22. Corrientes de la S/E Lago Agrio.

NOMBRE DEL ALIMENTADOR	VIA QUITO	LAGO 2	LAGO 1	VIA JIVINO	HOSPITAL
OCTUBRE	141,68	154,03	123,14	108,59	
NOVIEMBRE	151,59	171,25	133,52	113,34	
DICIEMBRE	133,55	136,22	123,79	104,13	
ENERO	144,48	125,96	111,41	104,50	
FEBRERO	130,62	127,49	112,74	119,40	
MARZO	137,92	123,80	110,59	115,90	
ABRIL	158,51	149,27	123,29	124,40	
MAYO	157,97	144,23	129,11	119,21	
JUNIO	93,33	160,73	131,97	102,31	
JULIO	127,14	126,23	111,87	110,24	24,50
AGOSTO	137,41	139,77	123,60	115,01	26,18
SEPTIEMBRE	148,19	155,49	135,62	124,12	26,05

Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)



A continuación, en la tabla 3.23 se detallan los valores de factor de potencia según los registros de CNEL Unidad de Negocios Sucumbíos en el período de octubre 2016 a septiembre 2017.

Tabla 3.23. Factores de potencia de la S/E Lago Agrio.

NOMBRE DEL ALIMENTADOR	VIA QUITO	LAGO 2	LAGO 1	VIA JIVINO	HOSPITAL
OCTUBRE	0,89	0,93	0,97	0,91	
NOVIEMBRE	0,86	0,9	0,94	0,88	
DICIEMBRE	0,9	0,93	0,97	0,91	
ENERO	0,90	0,93	0,97	0,91	0,00
FEBRERO	0,90	0,93	0,97	0,91	
MARZO	0,90	0,93	0,97	0,91	
ABRIL	0,88	0,90	0,94	0,90	
MAYO	0,91	0,93	0,93	0,93	
JUNIO	0,87	0,90	0,90	0,91	
JULIO	0,90	0,93	0,92	0,94	0,97
AGOSTO	0,90	0,93	0,92	0,94	0,97
SEPTIEMBRE	0,88	0,91	0,89	0,90	0,97
ACUMULADO	10,69	11,05	11,29	10,95	2,91

Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

3.5.1. Alimentador Vía a Quito.

En la tabla 3.24 se detallan las características principales del alimentador Vía a Quito.

Tabla 3.24. Características del Alimentador Vía a Quito.

Long. Ramal Monofásico (km)	Long. Rama I Bifásico (km)	Long. Rama I Trifásico (km)	Total (km)	# Trafos. Monofásicos	# Trafos. Trifásicos	Total (#) Trafos.	Trafos. Monofásicos (MVA)	Trafos. Trifásicos (MVA)	Total (MVA)
31,60	0	38,23	69,83	231	63	294	6,21	6,05	12,26

Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

En la tabla 3.25 se detallan los índices de calidad mensuales FMIk y TTIk del alimentador Vía a Quito durante el período octubre 2016 a septiembre 2017.



Tabla 3.25. Índices del FMIk Y TTIk del Alimentador Vía a Quito.

S/E LAGO AGRIO		20LG010T12 (VIA QUITO)
OCTUBRE	FMIk	6,000
	TTIk	4,550
NOVIEMBRE	FMIk	3,000
	TTIk	5,517
DICIEMBRE	FMIk	0,000
	TTIk	0,000
ENERO	FMIk	3,000
	TTIk	1,483
FEBRERO	FMIk	5,000
	TTIk	3,600
MARZO	FMIk	2,000
	TTIk	1,200
ABRIL	FMIk	6,000
	TTIk	6,233
MAYO	FMIk	1,000
	TTIk	0,167
JUNIO	FMIk	1,000
	TTIk	0,350
JULIO	FMIk	1,000
	TTIk	5,750
AGOSTO	FMIk	2,000
	TTIk	3,017
SEPTIEMBRE	FMIk	1,000
	TTIk	9,500

Fuente: Propia

3.5.2. Alimentador Lago 2.

En la tabla 3.26 se muestra el reporte de carga del alimentador

Tabla 3.26. Características del Alimentador Lago 2.

Long. Ramal Monofásico (km)	Long. Rama l Bifásico (km)	Long. Rama l Trifásico (km)	Total (km)	# Trafos. Monofásicos	# Trafos. Trifásicos	Total (#) Trafos.	Trafos. Monofásicos (MVA)	Trafos. Trifásicos (MVA)	Total (MVA)
5,53	0	9,84	15,37	132	46	178	4,52	5,27	9,79

Fuente. (CNEL UN Sucumbios, 2017)



En la tabla 3.27 se detallan los índices de calidad mensuales FMIk y TTIk del alimentador lago 2 durante el período octubre 2016 a septiembre 2017

Tabla 3.27. Índices de FMIk y TTIk del Alimentador Lago 2.

S/E LAGO AGRIO		20LG010T11 (LAGO 2)
OCTUBRE	FMIk	6,000
	TTIk	4,383
NOVIEMBRE	FMIk	2,000
	TTIk	0,983
DICIEMBRE	FMIk	0,000
	TTIk	0,000
ENERO	FMIk	1,000
	TTIk	0,150
FEBRERO	FMIk	5,000
	TTIk	3,667
MARZO	FMIk	1,000
	TTIk	0,500
ABRIL	FMIk	4,000
	TTIk	3,367
MAYO	FMIk	2,000
	TTIk	2,067
JUNIO	FMIk	2,000
	TTIk	2,783
JULIO	FMIk	1,000
	TTIk	5,750
AGOSTO	FMIk	2,000
	TTIk	2,050
SEPTIEMBRE	FMIk	2,000
	TTIk	11,733

Fuente. Propia

3.5.3. Alimentador Lago 1.

En la tabla 3.28 se detallan las características principales del alimentador Lago 1.



Tabla 3.28. Características del Alimentador Lago 1.

Long. Ramal Monofásico (km)	Long. Rama I Bifásico (km)	Long. Rama I Trifásico (km)	Total (km)	# Trafos. Monofásicos	# Trafos. Trifásicos	Total (#) Trafos.	Trafos. Monofásicos (MVA)	Trafos. Trifásicos (MVA)	Total (MVA)
46,5	0,06	20,77	67,33	233	58	291	5,21	5,91	11,11

Fuente. (CNEL UN Sucumbios, 2017)

En la tabla 3.29 se detallan los índices de calidad mensuales FMIk y TTIk del alimentador Lago 1, durante el período octubre 2016 a septiembre 2017.

Tabla 3.29. Índices del FMIk y TTIk del Alimentador Lago 1.

S/E LAGO AGRIO		20LG010T13 (LAGO 1)
OCTUBRE	FMIk	7,000
	TTIk	8,050
NOVIEMBRE	FMIk	4,000
	TTIk	1,967
DICIEMBRE	FMIk	1,000
	TTIk	0,750
ENERO	FMIk	0,000
	TTIk	0,000
FEBRERO	FMIk	6,000
	TTIk	6,517
MARZO	FMIk	1,000
	TTIk	0,500
ABRIL	FMIk	3,000
	TTIk	2,133
MAYO	FMIk	1,000
	TTIk	1,000
JUNIO	FMIk	2,000
	TTIk	0,717
JULIO	FMIk	1,000
	TTIk	5,750
AGOSTO	FMIk	3,000
	TTIk	2,083
SEPTIEMBRE	FMIk	1,000
	TTIk	9,500

Fuente. Propia



3.5.4. Alimentador Vía Jivino.

En la tabla 3.30 se describe las características principales del alimentador Vía Jivino.

Tabla 3.30. Características del Alimentador Vía Jivino.

Long. Ramal Monofásico (km)	Long. Rama I Bifásico (km)	Long. Rama I Trifásico (km)	Total (km)	# Trafos. Monofásicos	# Trafos. Trifásicos	Total (#) Trafos.	Trafos. Monofásicos (MVA)	Trafos. Trifásicos (MVA)	Total (MVA)
207,22	0	35,15	242,37	423	30	453	7,29	4,18	11,46

Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

En la tabla 3.31 se detallan los índices de calidad mensuales FMIk y TTIk del alimentador Vía Jivino, durante el período octubre 2016 a septiembre 2017.

Tabla 3.31. Índices de FMIk y TTIk del Alimentador Vía Jivino.

S/E LAGO AGRIO		20LG010T14 (VIA JIVINO)
OCTUBRE	FMIk	6,000
	TTIk	4,800
NOVIEMBRE	FMIk	3,000
	TTIk	1,700
DICIEMBRE	FMIk	2,000
	TTIk	0,917
ENERO	FMIk	0,000
	TTIk	0,000
FEBRERO	FMIk	6,000
	TTIk	6,133
MARZO	FMIk	3,000
	TTIk	4,267
ABRIL	FMIk	3,000
	TTIk	2,200
MAYO	FMIk	0,000
	TTIk	0,000
JUNIO	FMIk	1,000
	TTIk	0,350



JULIO	FMIk	1,000
	TTIk	5,750
AGOSTO	FMIk	2,000
	TTIk	1,867
SEPTIEMBRE	FMIk	1,000
	TTIk	9,517

Fuente: Propia.

3.5.5. Alimentador Hospital.

En la tabla 3.32 se detallan las características principales del alimentador Hospital.

Tabla 3.32. Características del Alimentador Hospital.

Long. Ramal Monofásico (km)	Long. Rama I Bifásico (km)	Long. Rama I Trifásico (km)	Total (km)	# Trafos. Monofásicos	# Trafos. Trifásicos	Total (#) Trafos.	Trafos. Monofásicos (MVA)	Trafos. Trifásicos (MVA)	Total (MVA)
0	0	3,67	3,67	0	4	4	0	2,26	2,26

Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

En la tabla 3.33 se detallan los índices de calidad mensuales FMIk y TTIk del alimentador Hospital, este alimentador es tipo expreso y está en funcionamiento desde julio del 2017.

Tabla 3.33. Índices de FMIk y TTIk del Alimentador Hospital.

S/E LAGO AGRIO		HOSPITAL
JULIO	FMIk	5
	TTIk	5,73
AGOSTO	FMIk	2
	TTIk	2,13
SEPTIEMBRE	FMIk	1
	TTIk	9,51

Fuente: Propia.

3.6 Subestación Lumbaqui.

En la tabla 3.34 se presentan las características técnicas de la S/E Lumbaqui.

Tabla 3.34. Características de la S/E Lumbaqui.

DESCRIPCION	DATOS
Potencia de la Subestación	6.25 MVA
Número de Alimentadores.	4
Alimentadores utilizados	3
Conexión del primario del transformador	Delta
Conexión del secundario del transformador	Y
Tipo de esquema de barras	Barra simple

Fuente. (CNEL UN Sucumbios, 2017)

El sistema de protección de la subestación Lumbaqui se detalla a continuación, en la tabla 3.35 se describen los interruptores y seccionadores de la S/E.

Tabla 3.35. Protecciones de la S/E Lumbaqui.

	Interruptor			Seccionador	
	Marca	Corriente Nominal	Relación de TC	Marca	Corriente Nominal
Lumbaqui	SCHNEIDER	630A	300/5	SCHNEIDER	600
Cascales	SCHNEIDER	630A	300/5	SCHNEIDER	600
Reventador	SCHNEIDER	630A	300/5	SCHNEIDER	600

Fuente : (CNEL UN Sucumbios, 2017)

En la tabla 3.36 se muestra un resumen de la energía distribuida (kWh), de la subestación y sus alimentadores desde octubre 2016 hasta septiembre 2017.

Tabla 3.36. Energía de la S/E Lumbaqui.

	Lumbaqui	Cascales	Reventador	TOTAL S/E
OCTUBRE	254.401,73	615.690,98	947.694,50	1.817.787,21
NOVIEMBRE	247.450,90	617.344,50	896.380,30	1.761.175,70
DICIEMBRE	253.262,40	641.590,60	930.846,00	1.825.699,00
ENERO	312181	637400	983250	1.932.831,00
FEBRERO	219.495,88	568.324,36	811.286,72	1.599.106,96
MARZO	247.000,95	633.275,69	851.979,38	1.732.256,01
ABRIL	237.629,00	607.776,18	764.114,86	1.609.520,04



MAYO	238.911,28	622.822,60	737.513,37	1.599.247,26
JUNIO	228.229,69	603.945,79	762.106,41	1.594.281,88
JULIO	843.472,67	611.473,33	24.030,00	1.478.975,99
AGOSTO	956.241,77	619.718,00	-	1.575.959,77
SEPTIEMBRE	963.666,06	634.264,75	-	1.597.930,81
ACUMULADO	5.001.943,33	7.413.626,78	7.709.201,53	20.124.771,64

En la tabla 3.37 se muestra un resumen de demandas máximas (MW) de los alimentadores de la S/E, según los registros de CNEL Unidad de Negocios Sucumbíos en el período de octubre 2016 a septiembre 2017.

Tabla 3.37. Demandas Máximas de la S/E Lumbaqui.

NOMBRE DEL ALIMENTADOR	LUMBAQUÍ	CASCALES	REVENTADOR
OCTUBRE	0,577	1,369	1,763
NOVIEMBRE	0,505	1,397	1,759
DICIEMBRE	0,582	1,370	1,788
ENERO	0,589	1,404	1,808
FEBRERO	0,485	1,230	1,426
MARZO	0,481	1,355	1,409
ABRIL	0,624	1,446	1,720
MAYO	0,599	1,422	1,559
JUNIO	0,582	1,406	1,719
JULIO	1,995	1,324	0
AGOSTO	1,848	1,335	0,000
SEPTIEMBRE	1,941	1,409	0,000

Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

El nivel de voltaje en Media Voltaje en toda el área de concesión de CNEL Unidad de Negocios Sucumbíos es de 13.8kV. En la tabla 3.38 se muestra los niveles de corriente de cada uno de los alimentadores de la S/E, en el período de octubre 2016 a septiembre 2017.

Tabla 3.38. Corrientes de la S/E Lumbaqui.

NOMBRE DEL ALIMENTADOR	LUMBAQUÍ	CASCALES	REVENTADOR
OCTUBRE	29,44	57,85	81,05
NOVIEMBRE	25,46	60,88	83,63
DICIEMBRE	24,36	57,30	74,80
ENERO	24,66	58,74	75,63
FEBRERO	23,87	51,98	66,29
MARZO	23,67	57,26	65,50
ABRIL	26,12	60,51	71,97
MAYO	25,05	59,50	65,21
JUNIO	36,55	67,96	53,11
JULIO	83,44	55,40	0,00
AGOSTO	84,04	56,42	0,00
SEPTIEMBRE	92,28	61,40	0,00

Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

A continuación, en la tabla 3.39, se detalla los valores de factor de potencia según los registros de CNEL Unidad de Negocios Sucumbíos en el período de octubre 2016 a septiembre 2017.

Tabla 3.39. Factores de Potencia de la S/E Lumbaqui.

NOMBRE DEL ALIMENTADOR	LUMBAQUÍ	CASCALES	REVENTADOR
OCTUBRE	0,82	0,99	0,91
NOVIEMBRE	0,83	0,96	0,88
DICIEMBRE	0,85	0,99	0,9
ENERO	1,24	1,63	1,81
FEBRERO	0,57	13,80	0,85
MARZO	1,36	1,37	13,80
ABRIL	0,00	0,00	0,00
MAYO	0,98	1,43	1,56
JUNIO	0,85	0,96	0,89
JULIO	0,91	0,99	0,00
AGOSTO	0,92	0,99	0,00
SEPTIEMBRE	0,88	0,96	0,00

Fuente : Propia



3.6.1. Alimentador Lumbaqui.

En la tabla 3.40 se presentan las características principales del alimentador Lumbaqui.

Tabla 3.40 Características del alimentador Lumbaqui.

Long. Ramal Monofásico (km)	Lon. Ramal Bifásico (km)	Long. Ramal Trifásico (km)	Total (km)	# Trafos. Monofásicos	# Trafos. Trifásicos	Total #	Trafos. Monofásicos (MVA)	Trafos. Trifásicos (MVA)	Total (MVA)
1,53	0	5,83	7,35	34	4	38	0,90	0,33	1,23

Fuente : (CNEL UN Sucumbios, 2017)

En la tabla 3.41 se detallan los índices de calidad mensuales FMik y TTik del alimentador Lumbaqui, durante el período octubre 2016 a septiembre 2017.

Tabla 3.41 Índices de FMik y TTik del alimentador Lumbaqui.

	S/E LUMBAQUI	20LQ060T11 (LUMBAQUÍ)
OCTUBRE	FMik	6,000
	TTik	5,333
NOVIEMBRE	FMik	3,000
	TTik	1,533
DICIEMBRE	FMik	0,000
	TTik	0,000
ENERO	FMik	0,000
	TTik	0,000
FEBRERO	FMik	5,000
	TTik	3,450
MARZO	FMik	1,000
	TTik	0,567
ABRIL	FMik	3,000
	TTik	2,450
MAYO	FMik	0,000
	TTik	0,000
JUNIO	FMik	1,000



	TTIk	0,350
JULIO	FMIk	6,000
	TTIk	12,100
AGOSTO	FMIk	2,000
	TTIk	2,000
SEPTIEMBRE	FMIk	2,000
	TTIk	9,917

Fuente :Propia

3.6.2. Alimentador Cascales.

En la tabla 3.42 se detalla las características principales del alimentador Cascales..

Tabla 3.42 Características del alimentador Cascales.

Long. Ramal Monofásico (km)	Long. Ramal Bifásico (km)	Long. Ramal Trifásico (km)	Total (km)	# Trafos. Monofásicos	# Trafos. Trifásicos	Total (#)	Trafos. Monofásicos (MVA)	Trafos Trifásicos (MVA)	Total (MVA)
278,21	0	58,57	336,78	402	17	419	5,74	0,96	6,70

Fuente : (CNEL UN Sucumbios, 2017)

En la tabla 3.43 se detallan los índices de calidad mensuales FMIk y TTIk del alimentador Cascales, durante el período octubre 2016 a septiembre 2017.

Tabla 3.43 Índices de FMIk y TTIk del alimentador Cascales.

	S/E LUMBAQUI	20LQ060T13 (CASCALES)
OCTUBRE	FMIk	6,000
	TTIk	5,267
NOVIEMBRE	FMIk	5,000
	TTIk	5,550
DICIEMBRE	FMIk	1,000
	TTIk	0,817
ENERO	FMIk	0,000
	TTIk	0,000
FEBRERO	FMIk	5,000
	TTIk	3,450



MARZO	FMIk	1,000
	TTIk	0,633
ABRIL	FMIk	4,000
	TTIk	2,767
MAYO	FMIk	0,000
	TTIk	0,000
JUNIO	FMIk	2,000
	TTIk	1,433
JULIO	FMIk	6,000
	TTIk	12,100
AGOSTO	FMIk	2,000
	TTIk	2,000
SEPTIEMBRE	FMIk	2,000
	TTIk	9,917

Fuente :Propia

3.6.3. Alimentador Reventador.

En la tabla 3.44 se presenta las características principales del alimentador Reventador..

Tabla 3.44 Características del Alimentador Reventador

Long. Ramal Monofásico (km)	Long. Ramal Bifásico (km)	Long. Ramal Trifásico (km)	Total (km)	# Trafos. Monofásicos	# Trafos. Trifásicos	Total (#)	Trafos. Monofásicos (MVA)	Trafos Trifásicos (MVA)	Total (MVA)
60,26	0	43,25	103,51	162	7	169	2,74	1,19	3,93

Fuente : (CNEL UN Sucumbios, 2017)

En la tabla 3.45 se detallan los índices de calidad mensuales FMIk y TTIk del alimentador Reventador, durante el período octubre 2016 a septiembre 2017.



Tabla 3.45 Índices de FMik y TTik del Alimentador Reventador.

	S/E LUMBAQUI	20LQ060T14 (REVENTADOR)
OCTUBRE	FMik	7,000
	TTik	6,250
NOVIEMBRE	FMik	3,000
	TTik	1,533
DICIEMBRE	FMik	0,000
	TTik	0,000
ENERO	FMik	0,000
	TTik	0,000
FEBRERO	FMik	5,000
	TTik	3,450
MARZO	FMik	1,000
	TTik	0,633
ABRIL	FMik	3,000
	TTik	2,500
MAYO	FMik	0,000
	TTik	0,000
JUNIO	FMik	1,000
	TTik	0,350
JULIO	FMik	1,000
	TTik	12,717
AGOSTO	FMik	0,000
	TTik	0,000
SEPTIEMBRE	FMik	0,000
	TTik	0,000

Fuente: Propia



Capítulo 4

4. Sistema de distribución de la Unidad de Negocio Sucumbíos.

Un sistema de distribución eléctrica de la Unidad de Negocio Sucumbíos que dota servicio a la ciudad de Nueva Loja trabaja en dos condiciones:

- Estado normal.
- Estado de emergencia.

4.1. Estado normal.

En la ciudad de Nueva Loja se encuentran ubicadas dos subestaciones de distribución eléctrica que se encargan de dotar energía eléctrica a la ciudad y sectores aledaños. Estas subestaciones son: Subestación Celso Castellanos (Laguna) y Subestación Lago Agrio (ver Anexo 5).

En el capítulo 3 se hizo referencia a los alimentadores primarios que se alimentan de estas subestaciones, sin embargo, es necesario realizar un análisis de los alimentadores que intervienen en caso de presentarse una emergencia en cualquiera de las dos subestaciones eléctricas antes nombradas.

4.1.1. Subestación Celso Castellanos.

De la subestación Celso Castellanos los alimentadores primarios que intervienen en caso de presentarse la salida de servicio de esta subestación son:

- Alimentador Primario Laguna 1.
- Alimentador Primario Laguna 2.



4.1.1.1 Características del Alimentador Primario Laguna 2.

Para mostrar las características que presenta este alimentador en condiciones normales de trabajo se realizó simulaciones con el CYME 7,1 y con la demanda máxima del mes de enero del 2018.

En la tabla 4.1 se presenta las características eléctricas del alimentador Laguna 2, donde se evidencia la caída de voltaje en BV desde la cabecera hasta el punto terminal la cual está dentro de los parámetros admisible de calidad de servicio, otro dato importante es que las fases están desequilibradas lo que influye en el comportamiento del sistema.

Tabla 4.1. Características eléctricas del alimentador Laguna 2

Fases	V en punto terminal	kVLL en punto terminal	kVLN en punto terminal	V base cabecera	kVLL en cabecera	kVLN en cabecera	i (A)	kVA	kW	kVAR
A	115.7	13.4	7.7	120.4	13.8	8	36	287.8	255.2	133.1
B	120	13.6	8	120.4	13.8	8	17.7	141.5	129.7	56.5
C	116	13.4	7.7	120.4	13.8	8	48.2	385.6	340	181.9
Total:								815	725	372

Fuente : (CNEL UN Sucumbios, 2017)

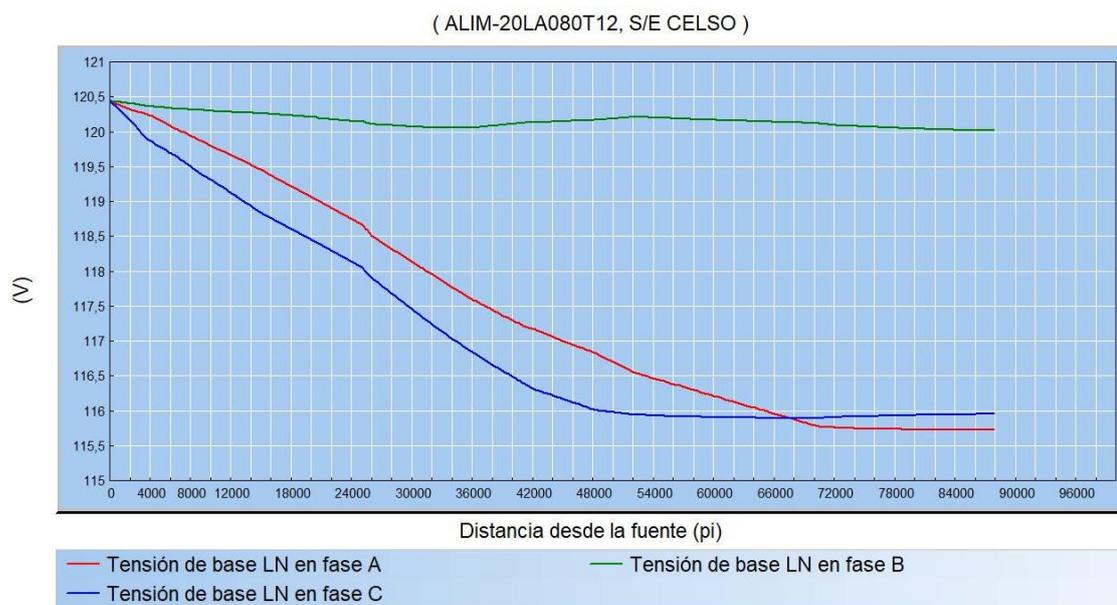


Figura 4.1. Perfil de voltaje del A/P Laguna 2, en estado normal. Fuente: Propia



4.1.1.2 Características del Alimentador Primario Laguna 1.

Para mostrar las características que presenta este alimentador en condiciones normales de trabajo se realizó simulaciones con el CYME 7,1 y con la demanda máxima del mes de enero del 2018.

En la tabla 4.2 se presenta las características eléctricas del alimentador el porcentaje de caída de voltaje en BV está dentro de los parámetros permitidos y nuevamente se evidencia un desequilibrio de carga entre las fases .

Tabla 4.2. Características eléctricas del alimentador Laguna 1

Fases	V en punto terminal	kVLL en punto terminal	kVLN en punto terminal	V base cabecera	kVLL en cabecera	kVLN en cabecera	i (A)	kVA	kW	kVAR
A	117.4	13.5	7.8	120.4	13.8	8.00	163.3	1305.7	1169.7	580.2
B	118.6	13.5	7.9	120.4	13.8	8.00	108.5	867.7	790.4	357.9
C	114.2	13.3	7.6	120.4	13.8	8.00	221.1	1768.1	1586.2	781.2
Total:								3941	3546	1719

Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

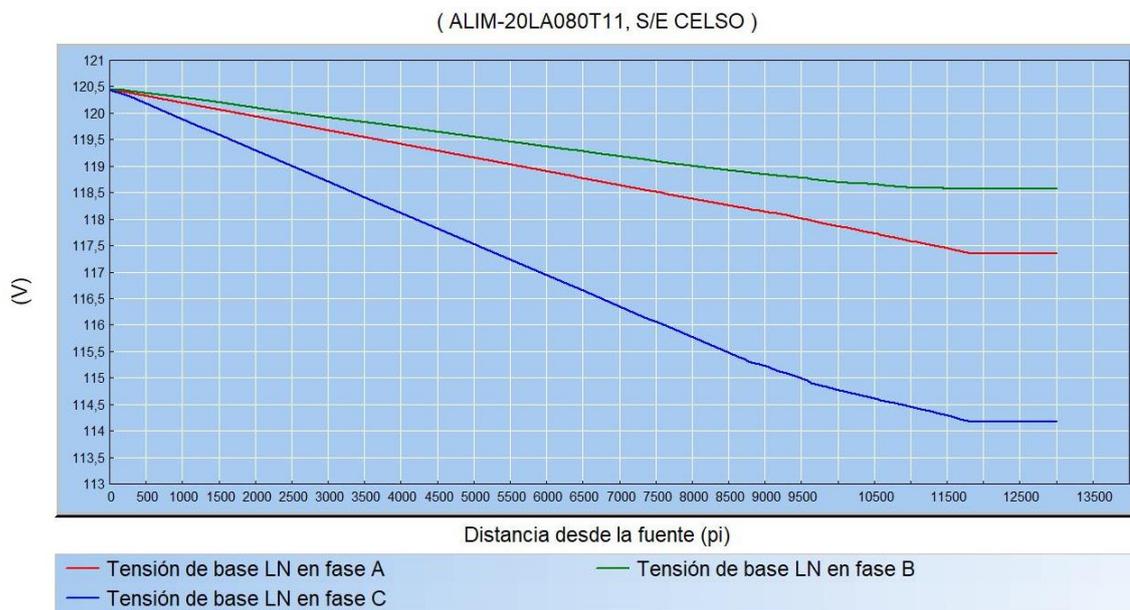


Figura 4.2. Perfil de voltaje del A/P Laguna 1 en estado normal.
Fuente: Propia.

Es necesario recalcar que este alimentador formará parte de la troncal de transferencia de carga entre las subestaciones eléctricas, debido a que



coinciden en un punto de frontera con el alimentador primario Laguna 1, correspondiente a la subestación Lago Agrio.

4.1.2. Subestación Lago Agrio.

De la subestación Lago Agrio los alimentadores primarios que intervienen en caso de presentarse la salida de servicio de esta subestación son:

- Alimentador Primario Lago 1.
- Alimentador Primario Vía a Jivino.

4.1.2.1 Características del Alimentador Primario Lago 1.

Para mostrar las características que presenta este alimentador en condiciones normales de trabajo se realizó simulaciones con el CYME 7,1 y con la demanda máxima del mes de enero del 2018.

En la tabla 4.3 se presenta las características eléctricas del alimentador Lago 1, este alimentador presenta un nivel de voltaje más coincidente pero las fases siguen desequilibradas.

Tabla 4.3. Características eléctricas del alimentador Lago 1.

Fases	V en punto terminal	kVLL en punto terminal	kVLN en punto terminal	V base cabeza	kVLL en cabeza	kVLN en cabeza	i (A)	kVA	kW	kVA R
A	119.5	13.8	7.9	120.4	13.8	8	165	1316.6	1234.6	457.4
B	120.2	13.8	8	120.4	13.8	8	95	758.3	714.5	254
C	119.7	13.8	8	120.4	13.8	8	113	906.7	853.1	307
							Total :	2982	2802	1018

Fuente : (CNEL UN Sucumbios, 2017)



(S/E LAGO, ALIM-20LG010T11)

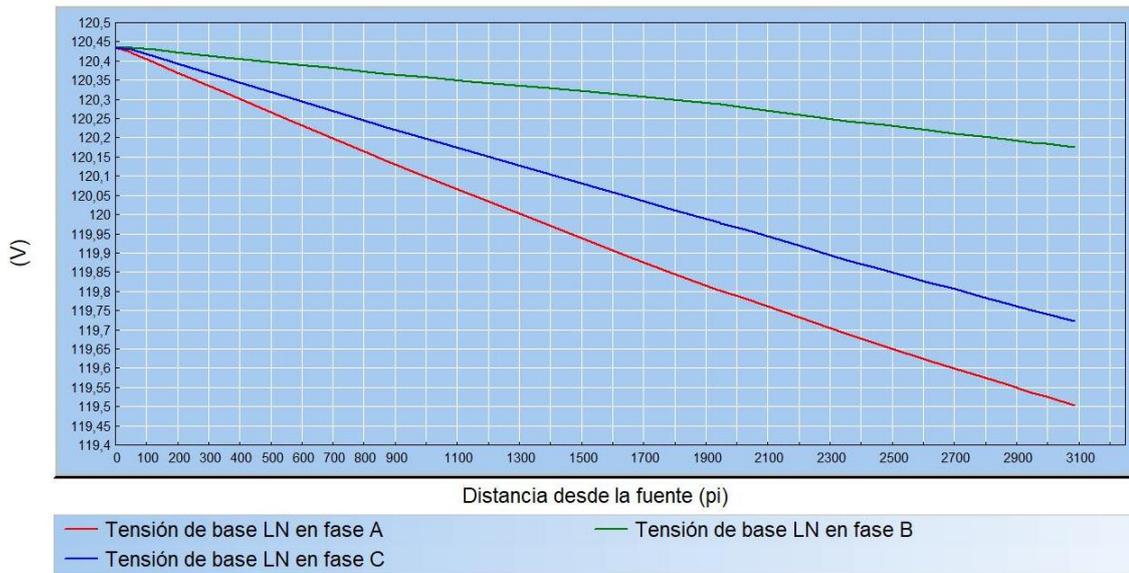


Figura 4.3.. Perfil de voltaje del A/P Lago 1 en estado normal.
Fuente: Propia

4.1.2.2 Características del Alimentador Primario Vía a Jivino.

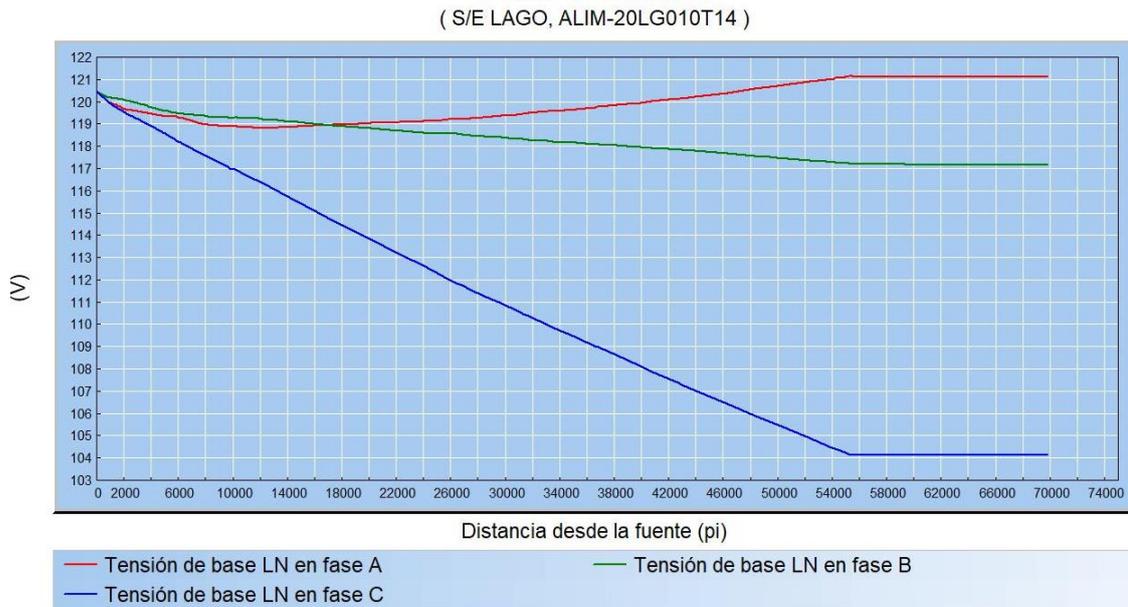
Para mostrar las características que presenta este alimentador en condiciones normales de trabajo se realizó simulaciones con el CYME 7,1 y con la demanda máxima del mes de enero del 2018.

En la tabla 4.4 se presenta las características eléctricas del alimentador Vía a Jivino, el cual es un alimentador donde la carga instalada es pequeña por lo que la caída de voltaje es mínima entre la cabecera y el punto de frontera, de igual manera presenta desequilibrio entre sus fases.

Tabla 4.4. Características eléctricas del alimentador Vía a Jivino.

Fases	V en punto terminal	kVLL en punto terminal	kVLN en punto terminal	V base cabecera	kVLL en cabecera	kVLN en cabecera	i (A)	kVA	kW	kVAR
A	119.8	13.8	8	120.2	13.8	8	71.6	571.6	540.4	186.3
B	120.1	13.8	8	120.3	13.8	8	33.7	269	255.5	84.1
C	120.4	13.8	8	120.4	13.8	8	13.9	111.5	107.4	30
Total:								952	903	300

Fuente : (CNEL UN Sucumbios, 2017)



**Figura 4.4. Perfil de voltaje del A/P Vía a Jivino en estado normal.
Fuente: Propia**

Se puede evidenciar que los alimentadores primarios de las S/E Lago Agrio y S/E Celso Castellanos muestran desequilibrio de corriente y diferentes niveles de voltaje en sus fases, esto perjudica fuertemente al sistema eléctrico de distribución de la ciudad de Nueva Loja.

4.2. Estado de Emergencia.

El presente trabajo está enfocado en brindar un análisis ante una posible emergencia en las subestaciones de distribución del sistema de CNEL UN Sucumbíos. Como ya se describió antes, las subestaciones Celso Castellanos y Lago Agrio son las principales ya que estas se encargan de dotar servicio a Ciudad de Nueva Loja (mayor carga concentrada) y sectores aledaños.

Las emergencias a analizarse son las siguientes:

- a) Falla en la subestación Celso Castellanos.
- b) Falla en la subestación Lago Agrio.

4.2.1 Elección de la troncal de transferencia en Estado de Emergencia.

Dentro de sistema eléctrico de distribución de la ciudad de Nueva Loja existen varios puntos de frontera para interconectar las S/E Celso Castellanos y Lago Agrio de los cuales se analizan las tres mejores opciones. Como criterios de selección la ruta de la troncal de transferencia debe cumplir con lo siguiente:

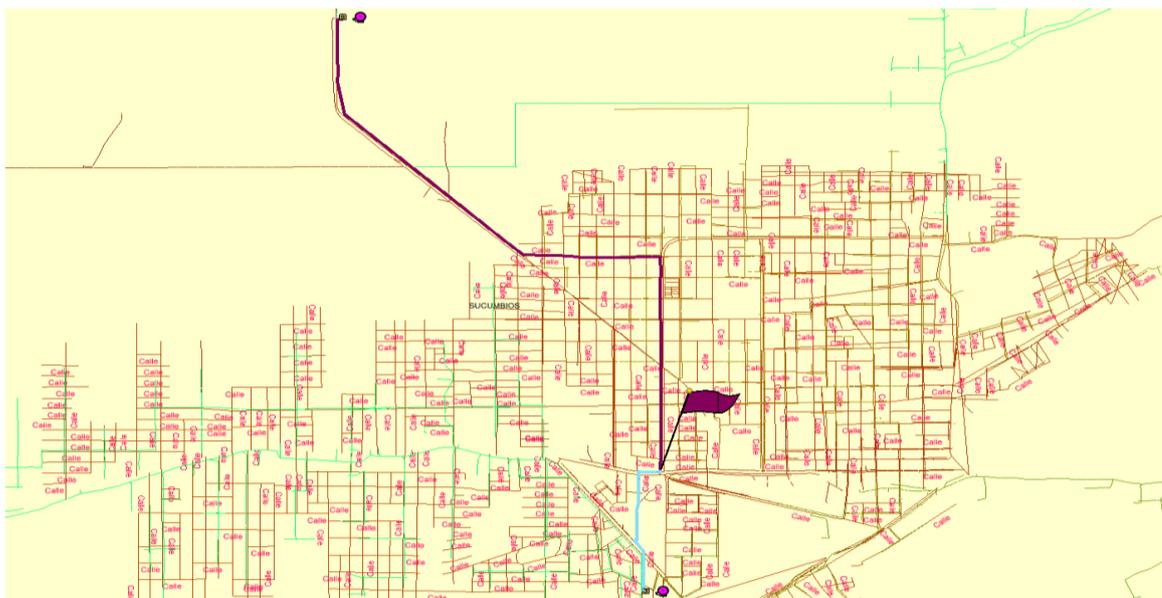
- Recorrido de la línea.
- Características eléctricas.
- Topología de la línea.
- Estado.

En la tabla 4.5 se muestra las características de las rutas analizadas para realizar la transferencia de carga.

Tabla 4.5. Características de las rutas analizadas.

A/P Laguna 1 y Lago 2			
	Longitud Km	Tipo de Conductor	Estado
Ruta 1	4,9	4/0, AI, desnudo	Bueno
Ruta 2	5,9	1/0 AI desnudo	Bueno
Ruta 3	6,73	2/0 ;1/0 AI desnudo	Bueno

Fuente :Propia



**Figura 4.5. Troncal de Transferencia ruta 1.
Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)**

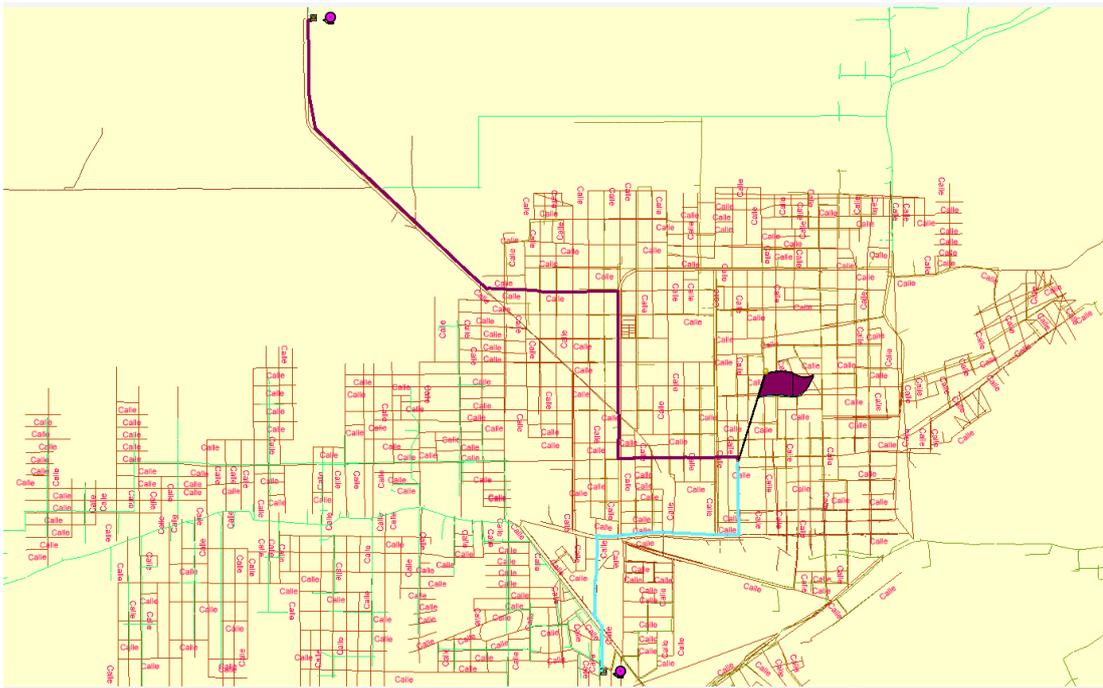


Figura 4.6. Troncal de Transferencia ruta 2.
Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

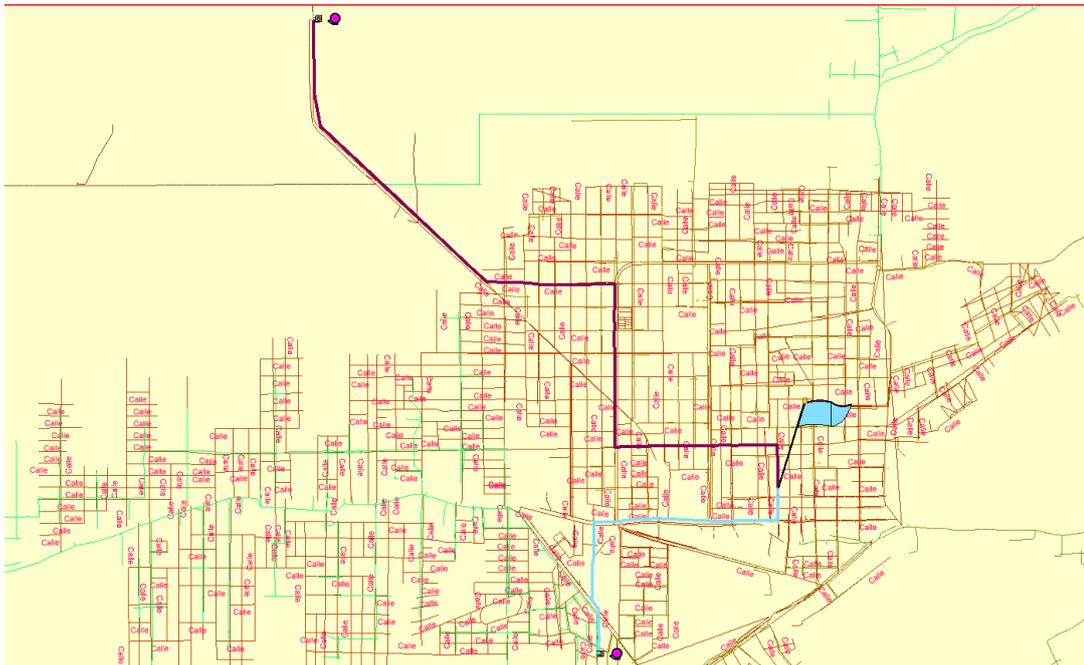


Figura 4.7. Troncal de Transferencia ruta 3.
Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

Luego de analizar las rutas descritas en las Figuras 4.5, 4.6 y 4.7 aplicando los criterios de selección antes descritos, se establece con la mejor opción la Ruta 1:

Carlos Anibal Cuenca.
César Augusto Yaguache

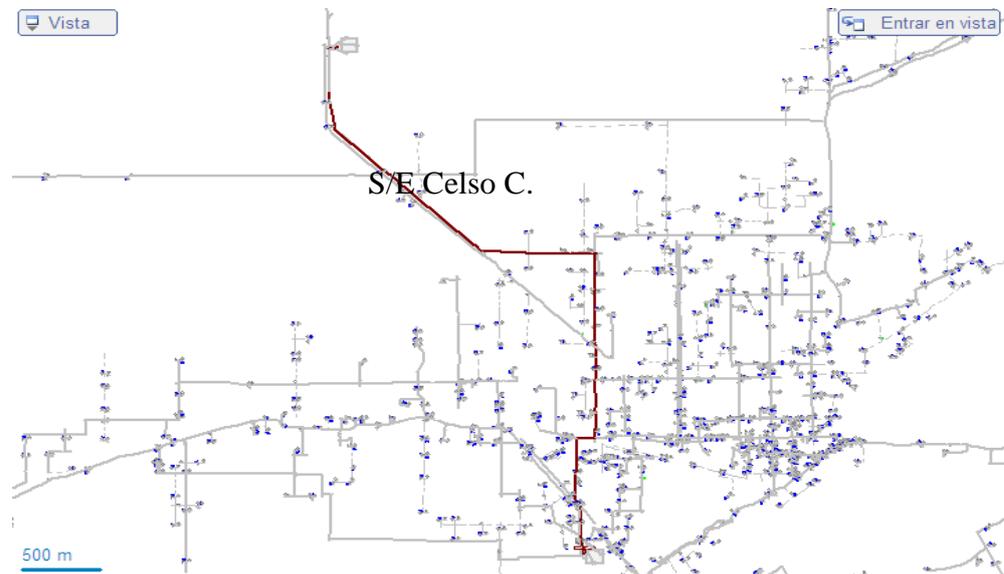


Figura 4.8. Recorrido de Troncal de emergencia.
Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

4.2.2. Equipo y procedimiento de transferencia de carga.

4.2.2.1 Equipo de transferencia.

Con la troncal de transferencia ya determinada el siguiente paso es seleccionar el reconectador, dicho reconectador debe cumplir con características acorde al sistema eléctrico de la CNEL UN Sucumbíos y la carga necesaria.

De la simulación realizada en el software CYME 7.1 los resultados muestran que la troncal de transferencia llegaría a soportar corrientes hasta de 599 A en estado de emergencia cuando la S/E Lago Agrio está fuera de servicio.

Por tal motivo las características principales que se consideran para la selección del reconectador son:

- Nivel de voltaje 13,8kV.
- Corriente mayor a 599A.
- Comunicación por fibra.



En la tabla 4.6 se muestra un reconectador que cumple las características antes expuestas y que se encuentra en el mercado local. Por lo tanto se recomienda la adquisición de este modelo o similar.

Tabla 4.6. Características del Reconectador.

RECONECTADOR TRIFÁSICO, CON CONTROL ELECTRÓNICO	
DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Tipo	Reconectador trifásico, con control electrónico
Capacidad nominal	Min 630 A
Voltaje de servicio	13.8 kV
Voltaje máximo de diseño	Hasta 27 kV
Medición de corriente	3 transformadores como mínimo con posibilidades para medir corrientes de fase y corriente residual
Medición de voltaje	6 sensores de voltaje, con posibilidades para medir voltaje fase-tierra y voltaje fase-fase en ambos lados.
Medición de potencia	Posibilidades de medir potencia activa, reactiva y total, monofásicas y trifásicas, factor de potencia
Registro de perfil de carga	Configurable por el usuario, para integración de 1,5, 10, 15, 30, 60 o 120 minutos.
Secuencia de fases	En ambos lados del Reconectador
Reconexión automática	Configurable por el usuario, 1-4 disparos antes del bloqueo
Corriente de interrupción simétrica para un segundo	12 kA RMS
Corriente de cortocircuito de tres	12 kA RMS
Corriente asimétrica de pico	20 kA
BIL	≥150 kV a 3000 m.s.n.m.
Normas de fabricación y diseño	ANSI C37.60, IEEE C37.60, IEEE C37.61, IEC y NEMA
Norma de operación y mantenimiento	ANSI/IEEE C37.61
Uso	Intemperie
Aislamiento	Vacío
Medio de extinción del arco	Vacío
Frecuencia	60 hz
Número de operaciones apertura/cierre a plena carga	10 000
Disparo	Eléctrico y manual
Indicador	De posición de contactos y contador de operaciones
Mecanismo de accionamiento	Actuador magnético
Grado de protección gabinete	Electrónica IP65
Señales	El software suministrado con el equipo debe permitir realizar funciones de control, ajustes y descarga de información por el puerto frontal, también deberá permitir realizar estas funciones remotamente.



Temperatura de operación	-10°C a + 50°C
Control	Electrónico para registro de eventos estampados en el tiempo, incluye software + licencia. El panel de control debe incluir lo siguiente: relé tipo alfanumérico, con teclado para operación manual de configuración y apertura/cierre, configurable a través de software para opciones de protección y reconexión, memoria no volátil, alimentación con rango de 99-250 VAC y batería de larga vida como respaldo.
Funciones de protección de sobrecorriente	Protección contra fallas fase-fase, fase-tierra, protección sensible para fallas a tierra, elemento direccional, sobrecorriente de línea viva, función de línea viva y función de etiquetado de línea en caliente.
Grupos de protección	Bidireccional y de selección automática
Funciones de protección de voltaje	Pérdida de suministro en las tres fases, sobrevoltaje y bajo voltaje pérdida de suministro de una fase.
Funciones de protección de frecuencia	Baja frecuencia y sobre frecuencia
Toma de carga en frío	Programable por el usuario
Funciones de automatismos de lazos	Control de reconexión de voltaje y restauración automática del suministro que permita:
	1. Apertura automática ante falla del lado de la carga o ante pérdida de voltaje en las tres fases del lado de la fuente.
	2. Selección automática del grupo de protección
	3. Cierre automático frente a una pérdida de voltaje en las tres fases del lado de la carga y presencia de voltaje en las tres fases del lado de la fuente.
Interfaz de comunicación	1. SERIAL RS-232/RS-485 INTERFAZ DB-9 / RJ45
	2. ETHERNET 10/100 Mbps TCP/IP
	3. INTERFAZ (NATIVO) RJ45, IEC 61850, DNP 3.0, MODBUS, RTU.
	4. CONFIGURACION DIRECTA INTERFAZ USB o RS232 (incluye convertidor a USB para PC con instalador)
Protocolos SCADA	IEC 60870-5-104
Fuentes de alimentación auxiliares para radio enlace	12-24 VDC, con respaldo de baterías para 8 horas ininterrumpidas
Configuración y pruebas	Se realizará de forma conjunta entre el proveedor y personal técnico del contratante, la configuración
Estructura de montaje	Soporte para montaje poste.
Contador de vida útil	Número total de operaciones cierre/ apertura y desgaste automático de los contactos
Contador de fallas	Número de operaciones por cada una de las protecciones:
	· Sobrecorriente de fase
	· Sobrecorriente de tierra
	· Falla a tierra
	· Bajo voltaje



	Baja frecuencia
CATÁLOGO	Catálogo de uso y operación en español
PRUEBAS	Probado de acuerdo a normas IEC y ANSI aplicables
MONTAJE Y PRUEBA EN SERVICIO DEL SISTEMA DE CONTROL	Instalación, uso y pruebas de mantenimiento, programación y funciones de automatización, comunicaciones
ACCESORIOS	
ACCESORIOS NECESARIOS PARA MONTAJE Y PUESTA EN OPERACIÓN	Cables de comunicación entre el interruptor y control
	Soporte de montaje interruptor
	Seis terminales tipo, para cables de calibre 4/0 AWG a 300 MCM
Baterías Adicionales	El mismo número que vienen instaladas en el Reconectador y de iguales características a las instaladas en el equipo.
Supresores de Voltaje	Seis, uno por cada Reconectador
Modulo cargador de baterías adicional	1 modulo cargador de iguales características adicional al que viene instalado en los Reconectores
Protectores antifauna	1 por cada bushing del Reconectador
Transformador de Potencial	1 transformador para la alimentación directa de la red de distribución, se debe adjuntar informe técnico del dimensionamiento del mismo.
Voltímetro con pinza amperimétrica digital	3 Voltímetros con Pinza Amperimétrica digital con las siguientes características: Voltaje Máximo AC 600V, Corriente máxima en AC: 600 A, Capacidad de medir voltajes de AC y DC, medición de continuidad audible, Display: Backlit LCD, temperatura de funcionamiento de -10°C a 50°C, Calibración de Frecuencia: 55 to 60 Hz debe incluir estuche blando y

Fuente : NOJA Power

4.2.3 Procedimiento general de transferencia de carga.

Los flujos de carga a analizarse son desde la subestación Celso Castellanos a la subestación Lago Agrio y viceversa. Con la finalidad de reducir el impacto eléctrico en la troncal se considera el siguiente procedimiento.

- a. Se abre los seccionadores en el punto P1 (946356E, 10009094N) ubicados a lo largo del alimentador Laguna 2. Este alimentador comienza en la subestación Celso Castellanos y continúa vía a Lumbaqui hasta encontrarse con el alimentador Cascales, el cual parte de la subestación Lumbaqui. Para alimentar la carga del tramo

del alimentador Laguna 2 se cierran los seccionadores en el punto P2 (932810 E, 10009406 N). Esta maniobra es con la finalidad de disminuir 0,362 MVA de la demanda del alimentador Laguna 2.

En la Figura 4.9 se muestra el alimentador Laguna 2 (color rojo) en estado normal:

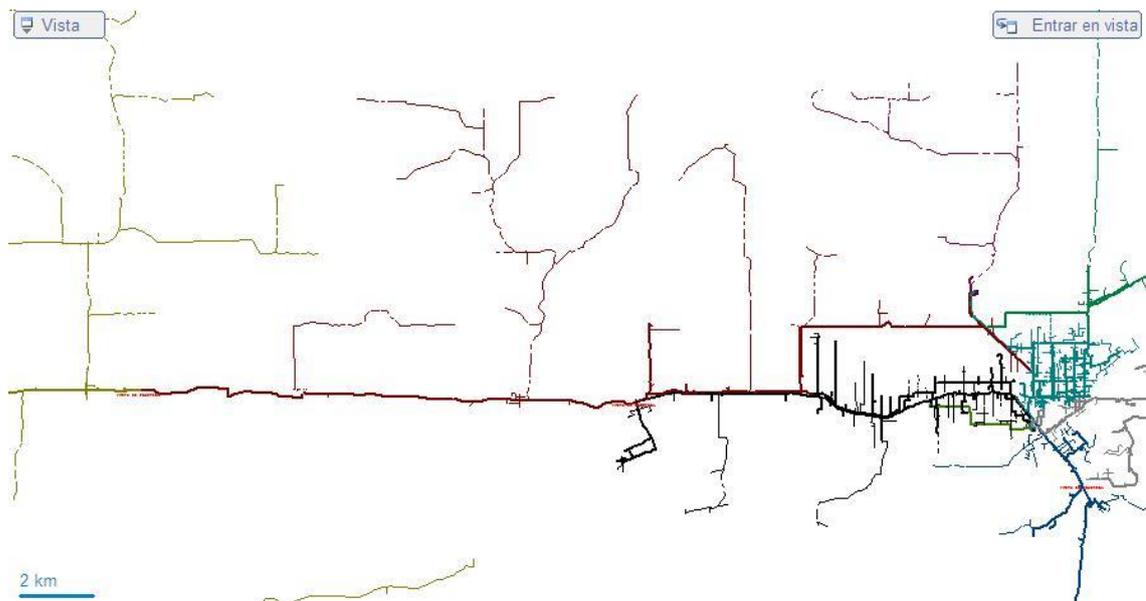


Figura 4.9. Alimentador Primario Laguna 2 (color rojo) en estado normal.
Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

En la Figura 4.10 se muestra el alimentador Laguna 2 (color verde) con el decremento de la carga instalada:

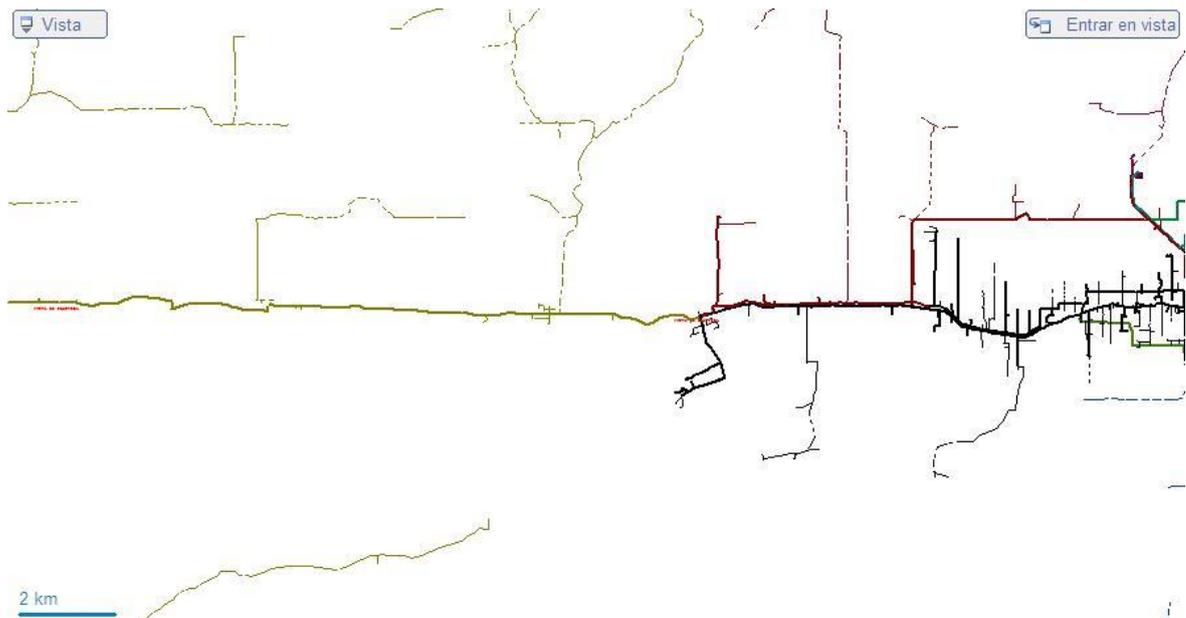


Figura 4.10. Alimentador Primario Laguna 2 (color rojo) en estado de emergencia.

Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

- b. De igual manera se abre los seccionadores en el punto P3 (958567E, 10006777N) ubicados a lo largo del alimentador Vía a Jivino. Este alimentador parte de la subestación Lago Agrio y continúa a lo largo de la vía al Coca hasta encontrarse con el alimentador Jivino-Shushufindi el cual comienza en la subestación Jivino. Para alimentar la carga del tramo del alimentador Vía a Jivino se cierra los seccionadores en el punto P4 (960085E, 9989226N) Esta maniobra es con la finalidad de disminuir 1.509 MVA de la demanda del alimentador Vía a Jivino.

En la Figura 4.11 se muestra el alimentador Vía a Jivino (color azul) en estado normal:

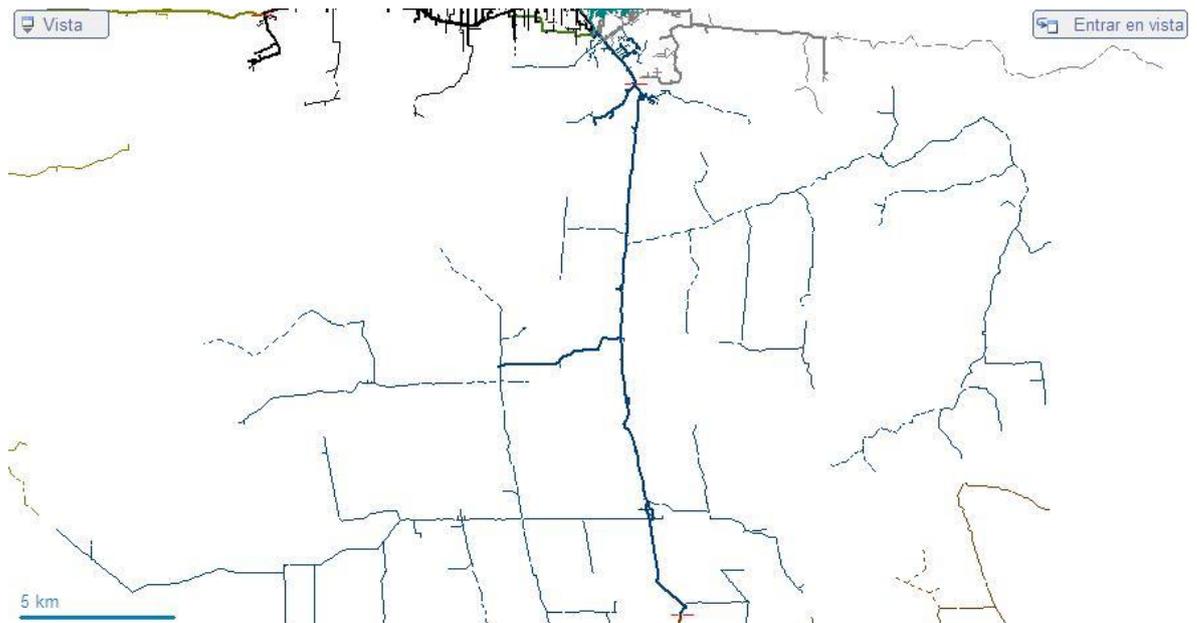


Figura 4.11. Alimentador Primario Vía a Jivino (color azul) en estado normal.
Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

En la Figura 4.12 se muestra el alimentador Vía a Jivino (color café) con el decremento de la carga instalada:



Figura 4.12. Alimentador Primario Vía a Jivino (color café) en estado emergencia.
Fuente: (CNEL UN Sucumbios, 2017)

- c. Por último, se cierra el reconector que debe ser instalado en el punto (957243E, 10009254N) en el cual se interconectan los alimentadores que asumen el papel de troncal de transferencia.

4.2.4 Esquemas de las subestaciones, puntos de apertura y cierre de alimentadores.

A continuación, en la figura 4.13 se detalla el esquema de ubicación de alimentadores y subestaciones sin maniobra de transferencia.

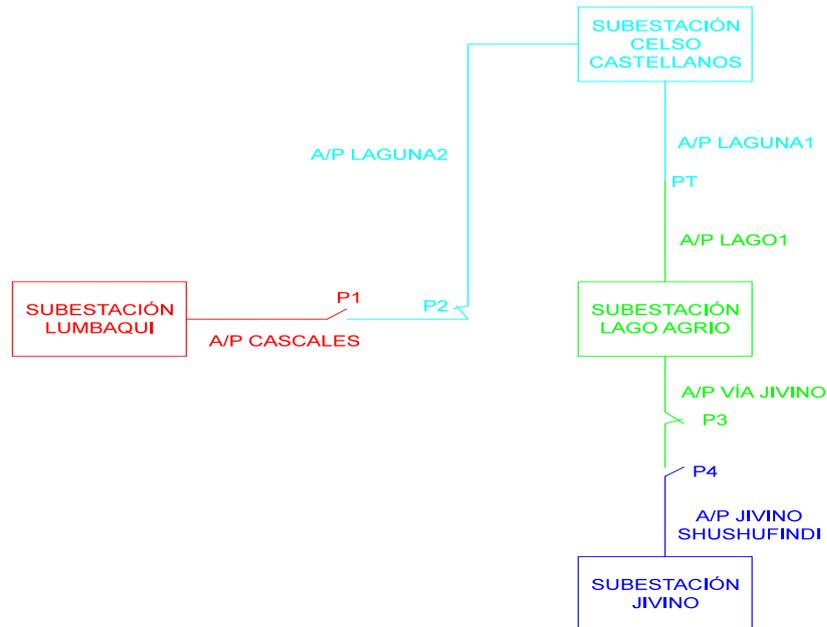


Figura 4.13. Esquema de ubicación de alimentadores y subestaciones sin maniobra de transferencia.
Fuente: Propia.

En la figura 4.14 se detalla las maniobras a realizarse en los alimentadores con la finalidad de disminuir la carga a la subestación que está fuera de servicio.

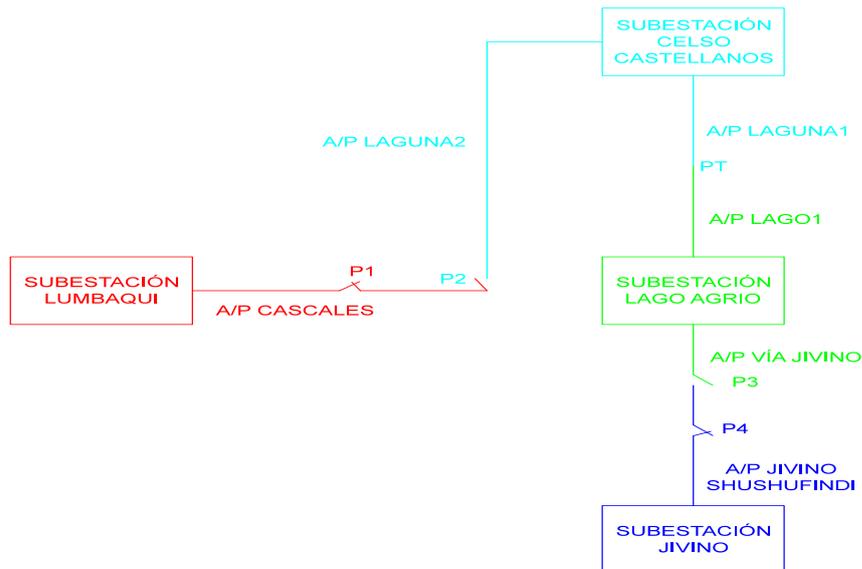


Figura 4.14. Esquema de maniobras a realizarse en los alimentadores con la finalidad de disminuir la carga a la subestación que está fuera de servicio.

Fuente: Propia

4.2.5 Límite térmico de la troncal de transferencia.

Para determinar el límite térmico de la troncal de transferencia en el área de concesión de CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos la cual abarca provincias de Sucumbíos y Orellana ubicadas en la parte nororiental del Ecuador.

Debido a que los alimentadores que conforman la troncal de transferencia experimentan un cambio de las condiciones normales de trabajo, se considera la necesidad de realizar un análisis del límite térmico del conductor en la ciudad de Nueva Loja, por tal motivo es necesario realizar este análisis el cual permite saber la máxima capacidad de conducción de la troncal de transferencia.

Para los cálculos respectivos se estima una temperatura promedio de 30°C, y una altitud de 300 m.s.n.m., presión barométrica de 1 atm., la temperatura límite del conductor de 75°C, un factor de emisividad relativo de 0,5, el conductor es de aluminio desnudo tipo ACSR calibre 4/0.



$$I^2R = (W_c + W_r)A \quad (W) \quad (2.5)$$

Dónde:

I^2R : Pérdidas en la línea.

W_c : Energía disipada por convección.

W_r : Energía disipada por radiación.

A : Área de la superficie del conductor.

La energía disipada por convección W_c , puede calcularse con la expresión (2.6)

donde:

p : presión atmosférica (1.0 atm)

v : velocidad del viento (2,73 pie / s)

T_a : Temperatura media del ambiente, el conductor y del aire (325,65 k)

Δt : Incremento de temperatura (45°C)

d : Diámetro del conductor (0,556 plg)

$$W_c = \frac{0,0128\sqrt{1*2,73}}{(325,65)^{0,123}\sqrt{0,556}} (45) \quad \left(\frac{W}{plg^2}\right)$$

$$W_c = 0,63 \left(\frac{W}{plg^2}\right)$$

La energía disipada por radiación W_r , puede calcularse con la expresión (2.7)

donde:

E : Factor de emisividad relativa de la superficie del conductor ($E = 0,5$)

T : Temperatura del conductor (303,15 K)

T_o : Temperatura del ambiente (348,15 K)

$$W_r = 36,8(0,5)\left[\left(\frac{303,15}{1000}\right)^4 - \left(\frac{348,15}{1000}\right)^4\right]$$

$$W_r = 0,11 \left(\frac{W}{plg^2}\right)$$

Ahora aplicamos la fórmula 2.8 y obteniendo:



$$I = \sqrt{\frac{(W_c + W_r)A}{R_{ef}}} \quad (A)$$

Para determinar A se calcula con la expresión (2.9) donde:

R_{ef} : Es la resistencia efectiva del conductor (0,000112 Ω / pie)

d : Diámetro exterior del conductor (0,5563 plg).

$$A = 20,97 \text{ plg}^2$$

Para determinar la capacidad de conducción del conductor a una temperatura del conductor de 75 grados centígrados en las condiciones climáticas de la ciudad de Nueva Loja insertando los resultados obtenidos anteriormente en I , se obtiene:

$$I = \sqrt{\frac{(0,66 + 0,11)20,97}{0,000112}}$$

$$I = 372,61 \text{ A}$$

En la tabla 4.7 se muestra el resumen del límite térmico del conductor de la troncal de transferencia bajo las condiciones de la ciudad de Nueva Loja.

Tabla 4.7. Límite Térmico de la troncal de transferencia.

Wc.	Wr.	Long pies	Área por Long.	P perdidas kV	I perdidas	T2 del conductor
0,63	0,11	1,00	20,97	0,02	372,61	75,00

Fuente : Propia

4.2.6. Subestación Celso Castellanos fuera de servicio.

El punto fundamental de este trabajo de titulación es poder determinar los parámetros eléctricos y térmicos que adoptará la troncal de transferencia cuando la subestación Celso Castellanos está fuera de operación y la demanda de los alimentadores de esta subestación es abastecida por la subestación Lago Agrio.



Para realizar la simulación del comportamiento del sistema se utilizó el software CYME 7.1, con la demanda máxima del mes de enero 2018 y la demanda de septiembre del 2017, utilizando la base de equipos instalados de CNEL UN Sucumbíos dicha base es la utilizada por el departamento de Planificación para realizar los análisis del sistema.

4.2.6.1 Resultados de las simulaciones.

Para el análisis del comportamiento de la troncal en estado de emergencia se utilizó el software aplicado a simular flujos de carga CYME 7.1. Los datos utilizados para la simulación fueron la base de datos de redes y equipos de la CNEL UN Sucumbíos del Departamento de Planificación, de los alimentadores de las S/E Celso Castellano y Lago Agrio.

Con la finalidad de realizar un análisis más preciso se realizó la simulación con la demanda de septiembre 2017 la cual es la mayor del año 2017, y la demanda de enero 2018.

4.2.6.2 Demanda enero 2018.

Los resultados de la simulación con la demanda de Enero 2018 cuando la subestación Celso Castellanos se encuentra fuera de servicio. Está basado en un análisis de los alimentadores por tramos, los cuales están codificados en la primera columna Nro. Equipo y su longitud es la descrita en la columna Long. Km, los datos de longitud son de la base de datos de la CNEL UN Sucumbíos utilizados por el departamento de planificación. Las columnas: Potencia activa (kW), Potencia reactiva (kVAR), Potencia aparente (kVA), Fp promedio (%), IEquil (A), Desfase I (°), Pérdidas totales (kW), Pérdidas totales (kVAR), Carga (%), son generadas por el software en el reporte de la corrida de flujo de carga (Ver Anexo 1).



Se puede evidenciar en los resultados del Anexo 1, el conductor de la troncal de transferencia trabaja en condiciones normales a lo largo del recorrido, experimentando un incremento de la corriente de forma exponencial a medida que aumenta la carga hasta llegar al 82.6%, sin llegar a una sobrecarga del conductor.

En la figura 4.15 se muestra el perfil de voltaje que experimenta la troncal de transferencia lo largo del recorrido de la misma, el cual está dentro de los parámetros permitidos.

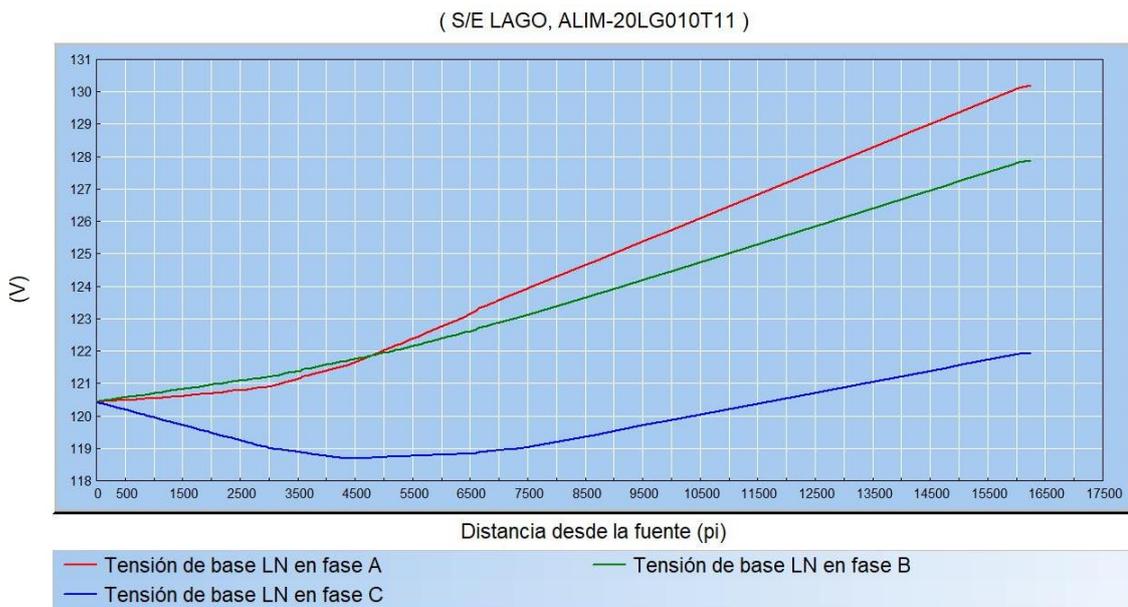


Figura 4.15. Perfil de voltaje troncal de transferencia con SE. Celso Castellanos fuera de servicio demanda enero 2018.
Fuente: Propia.

4.2.6.3 Comportamiento térmico del conductor en función de la corriente cuando está fuera de servicio la subestación Celso Castellanos.

Para el análisis del comportamiento de la troncal de transferencia de carga se toma los datos del Anexo 1 la columna IEquil (A) la cual muestra los valores de



corriente que circula por el conductor en tramo y la columna Carga (%) es el porcentaje de carga que tiene el conductor en cada tramo, es necesario aclarar que el software previamente a la simulación está configurado con las características del conductor y la carga instalada del alimentador. Aplicando esta misma metodología del límite térmico se calcula la temperatura del conductor en función de la corriente obtenida en la simulación.

Para realizar el análisis térmico se agrupa valores iguales de corriente los cuales están detallados en la Tabla 4.8, luego realizando el cálculo de la temperatura del conductor en función de la corriente que circula por el mismo, en la figura 4.16 se describe el comportamiento de la temperatura del conductor en función de la corriente que circula.

Tabla 4.8. Límite térmico troncal de transferencia cuando queda fuera de servicio la subestación Celso Castellanos con la demanda enero 2018.

Ítem	Tamo de alimentador km	Wc	Wr	P pérdidas kV	I pérdidas	T2 del conductor
1	2,672	0,0463	0,0068	0,001115	99,807299	33,30
2	0,2477	0,1974	0,0309	0,0047917	206,84124	44,10
3	0,1504	0,2170	0,0343	0,0052711	216,94233	45,50
4	0,2679	0,2393	0,0381	0,0058199	227,95570	47,10
5	0,2405	0,3006	0,0490	0,0073338	255,89298	51,50

Fuente: Propia

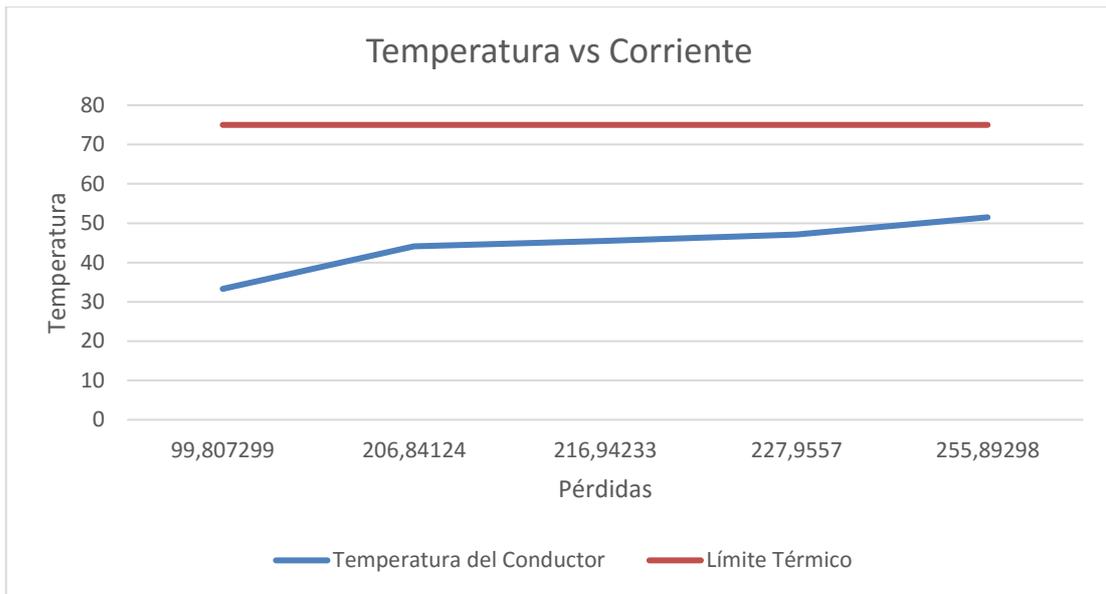


Figura 4.16. Comportamiento térmico del conductor en función de la corriente cuando queda fuera de servicio la subestación Celso Castellanos con la demanda enero 2018. Fuente: Propia.

En la Figura 4.16 se puede ver que las corrientes calculadas en la simulación producen temperaturas que están por debajo del límite térmico del conductor de la troncal de transferencia, lo que permite tener seguridad de realizar la transferencia en esta condición.

Para un entendimiento más completo del trabajo de la troncal de transferencia en condiciones de emergencia en la Figura 4.17 se describe la temperatura del conductor alcanzada de acuerdo a los tramos de la troncal de transferencia.

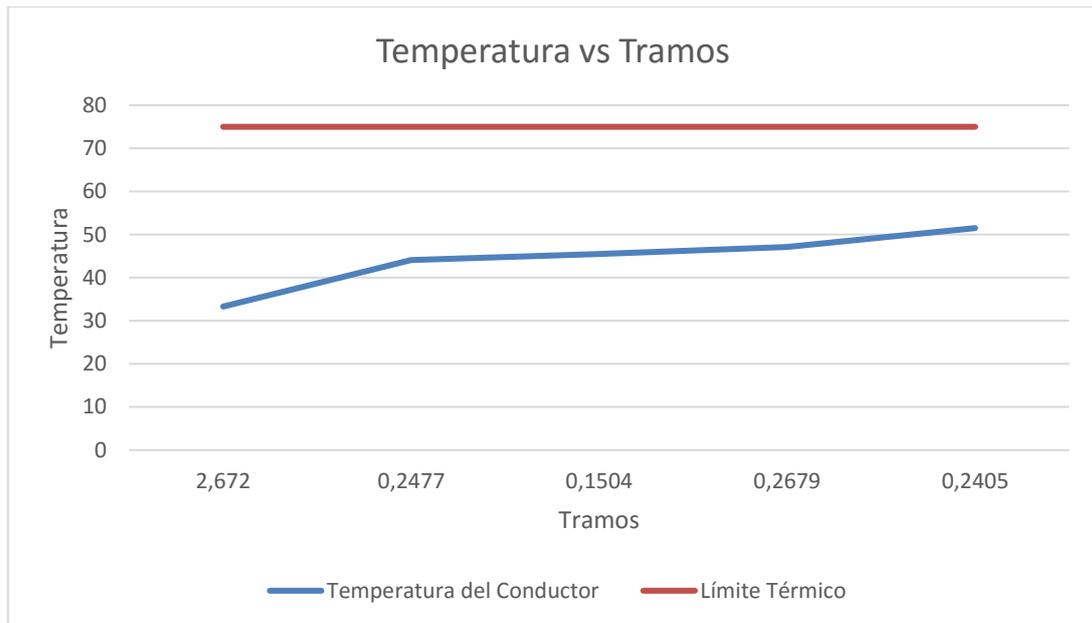


Figura 4.17. Comportamiento térmico del conductor en función de la longitud cuando queda fuera de servicio la subestación Celso Castellanos con la demanda enero 2018.
Fuente: Propia.

4.2.6.4 Demanda septiembre 2017.

Con la finalidad de tener una proyección del comportamiento de la troncal de transferencia considerando el crecimiento de la demanda de análisis se realiza la simulación de la troncal transferencia cuando la subestación Celso Castellanos está fuera de servicio con la demanda del mes de septiembre 2017, la cual es la mayor registrada el año 2017.

En los resultados de la simulación se puede notar que hay un aumento en la carga hasta el 83,7 %, sin embargo el conductor sigue trabajando en condiciones normales (ver Anexo 2).

En la Figura 4.18 se muestra el comportamiento del perfil de voltaje de la troncal de transferencia a lo largo de su recorrido, donde se puede ver que el voltaje está en parámetros normales.

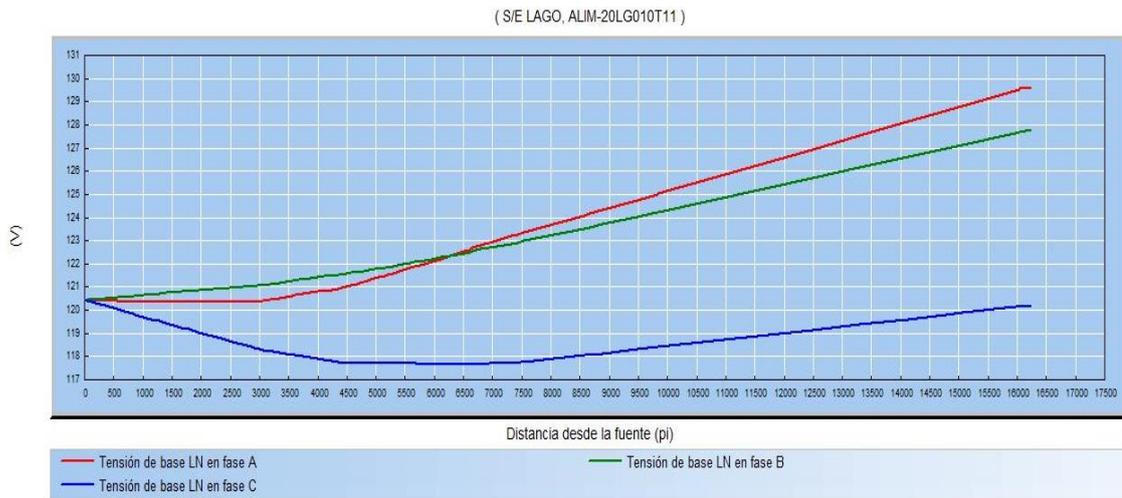


Figura 4.18. Perfil de voltaje troncal de transferencia con SE. Celso Castellanos fuera de servicio demanda septiembre 2017.
Fuente: Propia.

4.2.6.5 Comportamiento térmico del conductor en función de la corriente cuando está fuera de servicio la subestación Celso Castellanos.

De igual manera se realizó el cálculo de la temperatura del conductor con las corrientes que circulan por la troncal de transferencia obtenidas en la simulación usando la demanda de septiembre 2017.

Tabla 4.9. Límite térmico troncal de transferencia cuando está fuera de servicio la subestación Celso Castellanos con la demanda septiembre 2017.

ITEM	TRAMO	Wc	Wr	P perdidas kV	i perdidas	T2
1	0,264	0,034	0,005	0,001	85,098	32,400
2	0,329	0,026	0,004	0,001	74,704	31,850
3	0,320	0,022	0,003	0,001	68,375	31,550
4	0,431	0,034	0,005	0,001	85,098	32,400
5	0,242	0,179	0,028	0,004	197,012	42,800
6	3,348	0,197	0,031	0,005	206,841	44,100

Fuente : Propia

En la tabla 4.9 se puede ver que la temperatura del conductor no excede los 75 grados centígrados, porque el conductor estará trabajando en condiciones normales.

En la figura 4.19 se muestra el comportamiento térmico del conductor en función de la corriente que circula por el conductor.

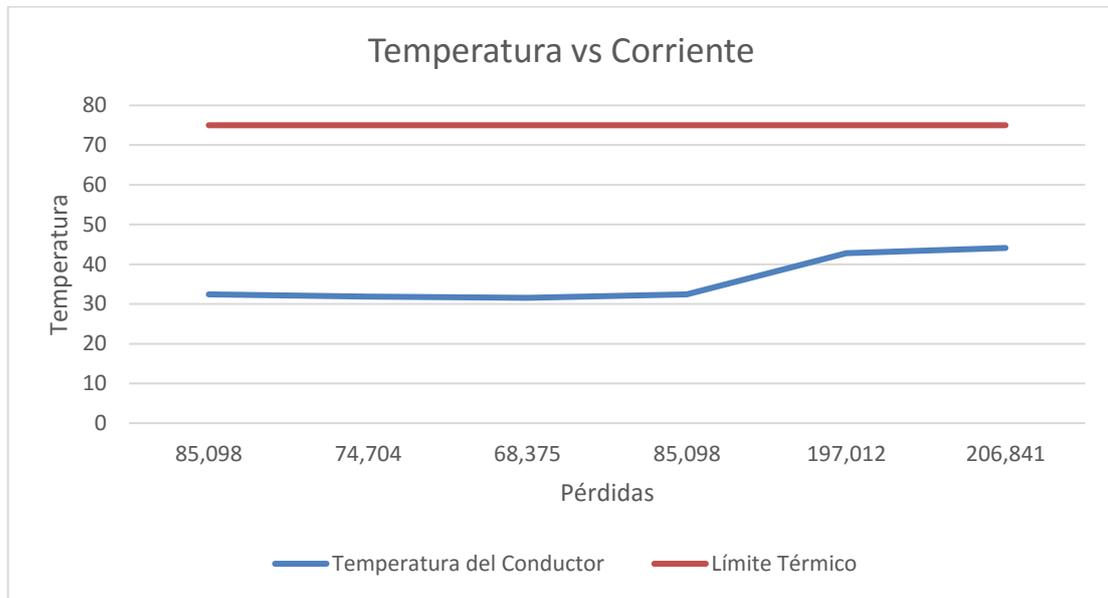


Figura 4.19. Comportamiento térmico del conductor en función de la corriente cuando queda fuera de servicio la subestación Celso Castellanos con la demanda septiembre 2017.

Fuente: Propia

Para un mejor entendimiento se muestra de manera gráfica el comportamiento térmico de la troncal de transferencia tanto en función de la corriente como los tramos, en las Figuras 4.19 y 4.20 respectivamente.

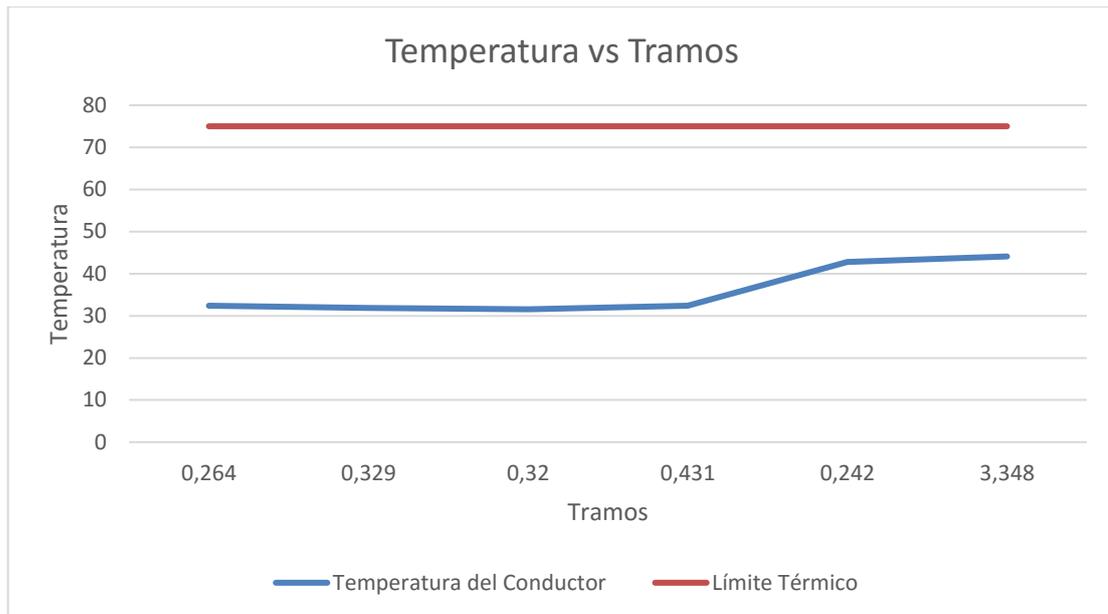


Figura 4.20. Comportamiento térmico del conductor en función del tramo cuando queda fuera de servicio la subestación Celso Castellanos con la demanda septiembre 2017.

Fuente: Propia.

4.2.7. Subestación Lago Agrio fuera de servicio.

Se realiza el análisis cuando la subestación Lago Agrio está fuera de servicio totalmente. Se aplica el procedimiento General y se debe poner a funcionar la subestación Celso Castellanos en su máxima capacidad de operación con los grupos electrógenos de respaldo que se encuentran funcionales en la subestación.

Para realizar la simulación del comportamiento del sistema se utilizó el software CIME 7.1, con la demanda máxima del mes de enero 2018 y septiembre 2017, utilizando la base de equipos instalados de CNEL UN Sucumbíos. A continuación se detallan los resultados.



4.2.7.1 Resultados de las simulaciones.

De igual manera que en estado de emergencia anterior se realizó un análisis del comportamiento de la troncal cuando la S/E Lago Agrio está fuera de servicio. Los datos utilizados para la simulación fueron la base de datos de redes y equipos de la CNEL UN Sucumbíos del Departamento de Planificación, de los alimentadores de las S/E Celso Castellano y Lago Agrio.

Con la finalidad de realizar un análisis más preciso se realizó la simulación con la demanda de septiembre 2017 la cual es la mayor del año 2017, y la demanda de enero 2018.

4.2.7.2 Demanda enero 2018.

Los resultados (ver Anexo 3) de la simulación en estas condiciones se puede ver que la troncal de transferencia experimenta una sobrecarga y por ende una corriente elevada a partir del 1,324km desde la salida de la subestación Celso Castellanos. La sobrecarga alcanza el 182,7% y la corriente 598,5 A.

Estos valores exceden de los nominales del límite térmico del conductor de la troncal de transferencia. Además esto incide en una caída de voltaje en la red de baja voltaje como se muestra en la figura 4.21.



(ALIM-20LA080T11, S/E CELSO)

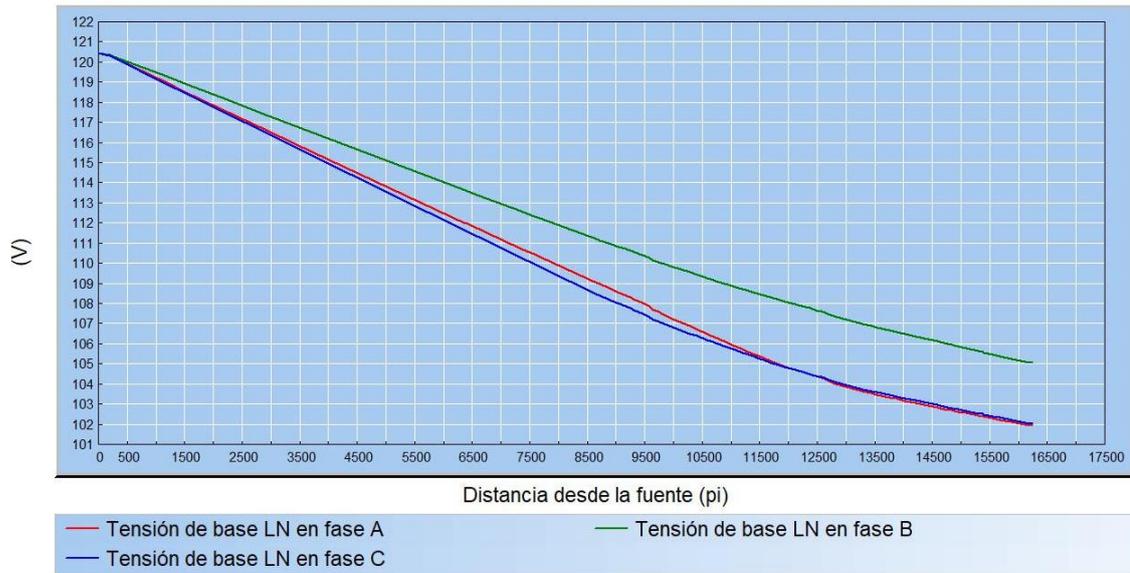


Figura 4.21. Perfil de voltaje troncal de transferencia con SE. Lago Agrio fuera de servicio demanda enero 2018.
Fuente: Propia.

4.2.7.3 Comportamiento térmico del conductor en función de la corriente cuando está fuera de servicio la subestación Lago Agrio.

Debido a los datos obtenidos en la simulación es necesario realizar un análisis del comportamiento térmico del conductor bajo las condiciones de emergencia. El análisis se enfoca en determinar la temperatura del conductor a la cual estará sometida la troncal de transferencia.

Tabla 4.10. Límite térmico troncal de transferencia cuando está fuera de servicio la subestación Lago Agrio con la demanda Enero 2018.

Ítem	Tamo de alimentador km	Wc	Wr	P pérdidas kV	I pérdidas	T2 del conductor
1	2,672	1,527	0,386	0,040	598,5	141,00
2	0,2477	1,378	0,331	0,036	565,7	130,00
3	0,1504	1,334	0,315	0,035	555,6	126,70
4	0,2679	1,324	0,312	0,034	553,5	126,00
5	0,2405	1,284	0,298	0,033	544,2	123,00
6	0,4117	0,826	0,163	0,021	430,3	89,50
7	0,2414	0,495	0,087	0,012	330,1	65,50
8	0,0786	0,481	0,084	0,012	325,3	64,50
9	0,3301	0,469	0,081	0,012	320,9	63,60
10	0,2622	0,433	0,074	0,011	308,0	61,00

Fuente :Propia

En la Figura 4.22 se muestra el comportamiento térmico del conductor en función de la corriente que circula por el conductor.

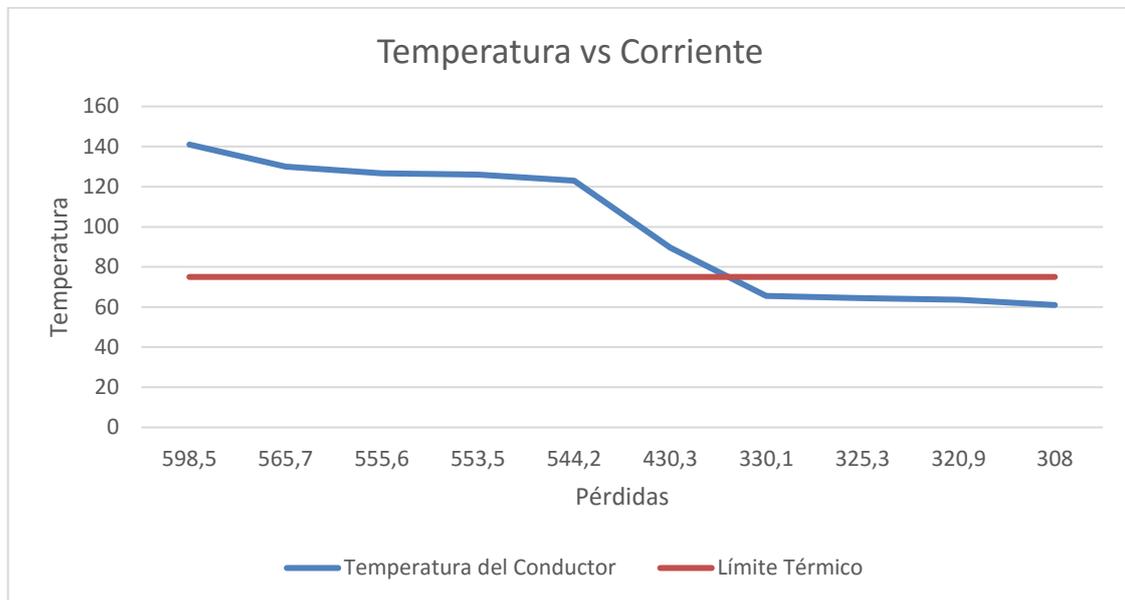


Figura 4.22. Comportamiento térmico del conductor en función del tramo cuando queda fuera de servicio la subestación Lago Agrio con la demanda enero 2018.
Fuente: Propia

Tanto en los resultados de la simulación (Anexo 3) como en la Figura 4.22 se puede notar que el conductor estará trabajando sobrecargado 3,58 km del total del recorrido de la troncal de transferencia. La temperatura máxima que alcanzará el conductor es de 141 grados centígrados.

En la Figura 4.23 se muestra el comportamiento térmico del conductor en función de los tramos de conductor en la longitud total de la troncal de transferencia.

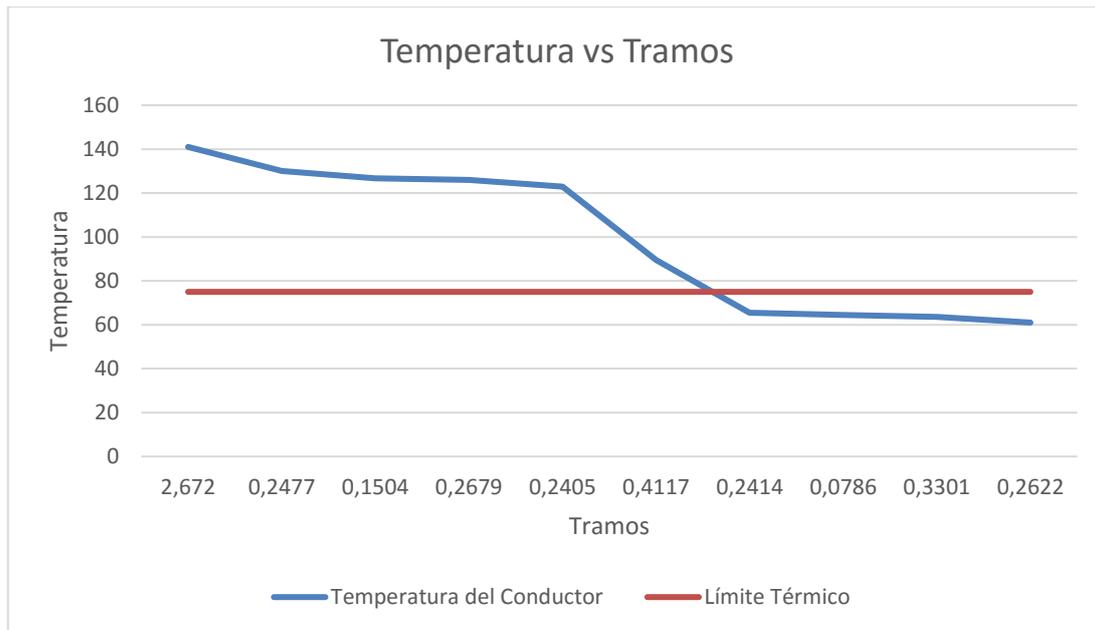


Figura 4.23. Comportamiento térmico del conductor en función de la distancia cuando queda fuera de servicio la subestación Lago Agrío con la demanda enero 2018.
Fuente: Propia

4.2.7.4 Demanda septiembre 2017.

De igual manera se simuló este estado de emergencia con la demanda de septiembre 2017 donde se obtuvo resultados (ver Anexo 4) que muestran mayor sobrecarga y por ende aumento de corriente.

Del total de la troncal, 3.606 km está sobrecargado y con corrientes elevadas lo cual influye en el rendimiento del conductor. Para determinar la temperatura del conductor a la que está sometida la troncal de transferencia se debe realizar un análisis del comportamiento térmico bajo estas condiciones.

En la figura 4.24 se muestra el comportamiento de la red de bajo voltaje donde los voltajes alcanzan valores que están por debajo de los límites permitidos.

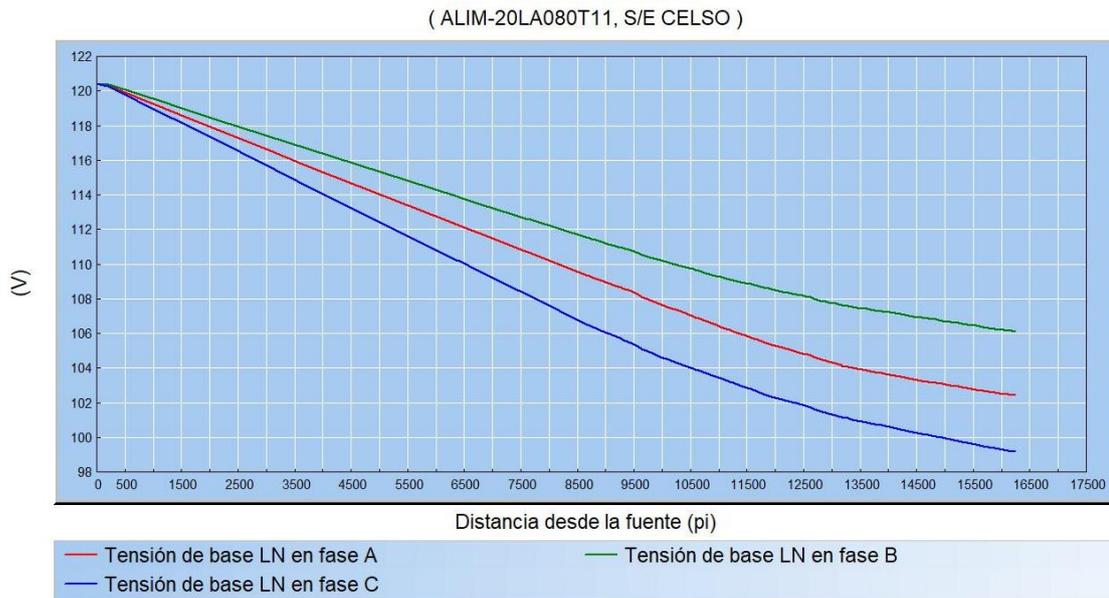


Figura 4.24. Perfil de voltaje troncal de transferencia con SE. Lago Agrio fuera de servicio demanda septiembre 2017.
Fuente: Propia

4.2.7.5 Comportamiento térmico del conductor en función de la corriente cuando está fuera de servicio la subestación Lago Agrio.

Aplicando esta misma metodología del límite térmico se calcula la temperatura del conductor en función de la corriente calculada en la simulación (ver Anexo 4), obteniendo los resultados mostrados en la tabla 4.11.

Tabla 4.11. Límite térmico troncal de transferencia cuando está fuera de servicio la subestación Lago Agrio con la demanda septiembre 2017.

Item	Tramo	Wc	Wr	P perdidas kV	I perdidas	T2
1	2,673	1,5137	0,3807	0,040	596	140
2	0,263	1,3446	0,3187	0,035	558	127
3	0,428	1,2971	0,3024	0,034	547	124
4	0,242	1,2292	0,2797	0,032	532	119
5	0,431	0,8056	0,1576	0,020	425	88
6	0,241	0,4328	0,0740	0,011	305	61
7	0,408	0,4050	0,0686	0,010	299	59
8	0,264	0,3633	0,0606	0,009	282	56

Fuente: Fuente propia



Los resultados que se obtuvieron aplicando la literatura de límite térmico se expresa en la tabla 4.11 donde se puede notar que el mayor valor de temperatura es 140 grados centígrados y una corriente de 596 A. La mayor parte de la troncal de transferencia estará sobre cargada, esto incide directamente en el desempeño de la misma.

En la Figura 4.25 se muestra el comportamiento térmico del conductor en función de la corriente que circula por el conductor.

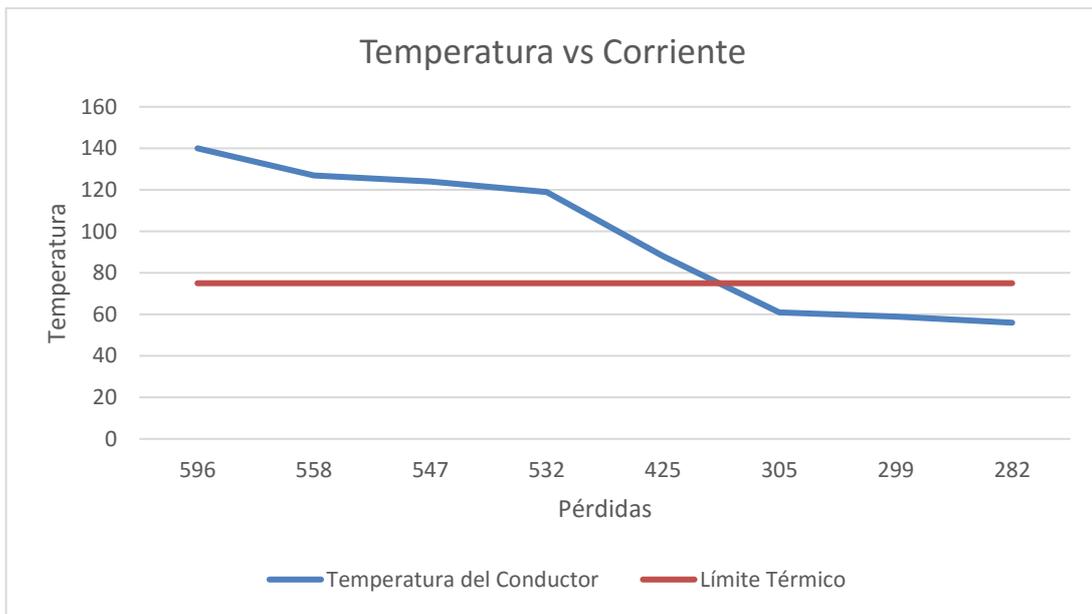


Figura 4.25. Comportamiento térmico del conductor en función de la corriente cuando queda fuera de servicio la subestación Lago Agrio con la demanda septiembre 2017. Fuente: Propia

En la Figura 4.26 se muestra el comportamiento térmico del conductor en función de los tramos de conductor en la longitud total de la troncal de transferencia.

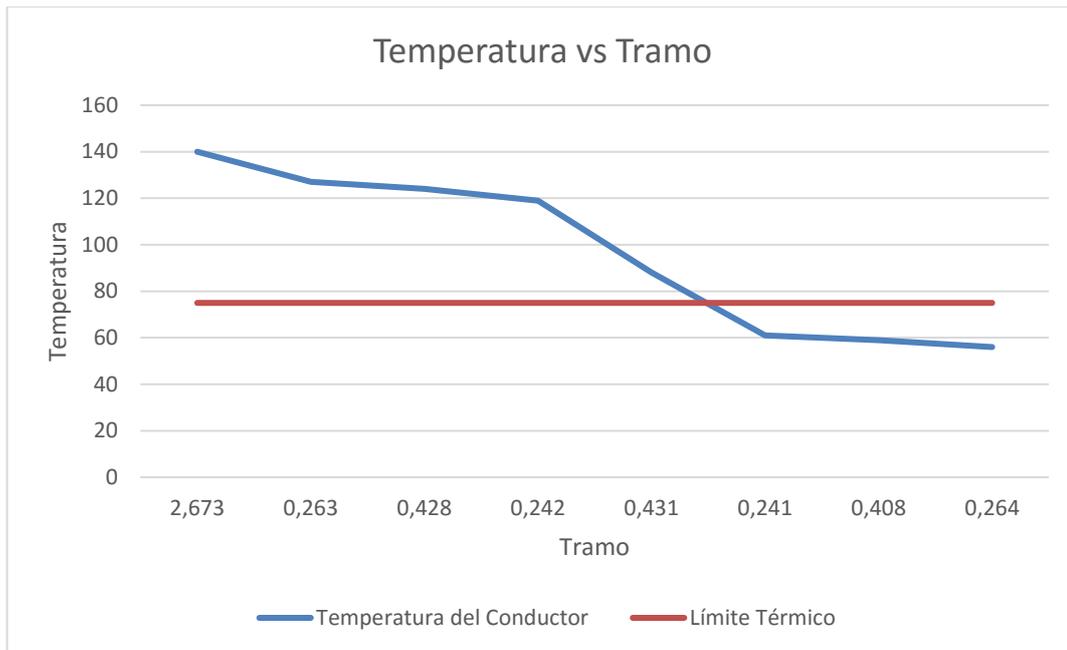


Figura 4.26. Comportamiento térmico del conductor en función de la distancia cuando queda fuera de servicio la subestación Lago Agrio con la demanda septiembre 2017.
Fuente: Propia

4.3 Plan de Maniobras de Transferencia de Carga.

Actualmente la CNEL UN Sucumbíos realiza maniobras de transferencia de carga ya sea por motivos de emergencia o mantenimiento de forma empírica, lo cual incide en aumento en el tiempo de transferencia y carga a transferida. Esto hace que afecte significativamente a la imagen y prestigio de la empresa distribuidora de energía con sus abonados a más de los entes reguladores y de control del MEER. Por tal motivo en el presente trabajo se tuvo la necesidad de establecer un plan de maniobras a seguir en el momento de transferencia de carga de la S/E Celso Castellanos a Lago Agrio y viceversa el cual se detalla a continuación.

Con la finalidad de establecer parámetros de tiempo establecidos, se dividió en dos etapas principales: la primera en transferencia de carga y la segunda en restituir el sistema.

Se detalla todas las actividades que se debe realizar con su respectiva secuencia y tiempos estimados, a más se establece los responsables o área responsable de realizar dicha actividad. También se detalla un cronograma de



las actividades en donde se estima 1 hora para ejecutar las maniobras, este tiempo puede ser menor ya que en ciertos casos serán trabajos programados para mantenimiento de la S/E. La fase de disminuir carga se ejecutan las mismas maniobras en los dos casos de transferencia.

Es importante mencionar que la base principal de referencia es el diagrama unifilar de la CNEL UN Sucumbíos.



4.3.1 Subestación Celso Castellanos – Lago Agrio.

CELSE CASTELLANOS - LAGO AGRIO						
ITEM	FASE	ACCIÓN REQUERIDA	UBICACIÓN	EJECUTOR	COORDINADOR	TIEMPO EMPLEADO
Transferencia de Carga						
1	Disminuir carga	Se abre los seccionadores en el punto . Para alimentar la carga del tramo del alimentador Laguna 2 se cierran los seccionadores en el punto P2 (932810 E, 10009406 N).	P1 (946356E, 10009094N) ubicado a lo largo del alimentador Laguna 2, km 8 vía a Quito. P2 (932810 E, 10009406 N) ubicado en el sector Sevilla km 24 vía a Quito	P1 Cuadrilla de mantenimiento Nueva Loja. P2 Cuadrilla de mantenimiento Cascales	Centro de Control	P1 10min P2 25min
		Se abre los seccionadores en el punto P3 (958567E, 10006777N). Para alimentar la carga del tramo del alimentador Vía a Jivino se cierra los seccionadores en el punto P4 (960085E, 9989226N)	P3 (958567E, 10006777N) ubicados a lo largo del alimentador Vía a Jivino a 2,5km vía al Coca. P4 (960085E, 9989226N) ubicados km 20 vía al Coca	P1 Cuadrilla de mantenimiento Nueva Loja. P2 Cuadrilla de mantenimiento Nueva Loja.	Centro de Control	P3 10min P4 25min
2	Conectar el Grupo Electrónico de Respaldo	Encender los grupos de respaldo Verificar que el voltaje y frecuencia sean óptimos Cerrar seccionador 89L2B	S/E Celso Castellanos	Mantenimiento de Subestaciones	Centro de Control	30min
3	Maniobras en S/E Lago Agrio	Abrir los interruptores 52A1 Y 52B1 Abrir seccionadores 89A1B, 89A1T, 89B1B Seccionamiento con puesta a tierra 57B1 Abrir seccionamientos 89F11B, 89F12B, 89F14B El seccionamientos 89F13B debe estar cerrado debido a que el alimentador Lago 1 es el encargado de energizar la Barra 2	S/E Lago Agrio	Operador Centro de Control mediante sistema ESCADA	Centro de Control	15min
4	Transferencia de Carga	Cerrar Reconector	El Reconector será montado en el punto (957243E, 10009254N) ubicado en las calles Circunvalación y Av. Quito	Operador Centro de Control mediante sistema ESCADA	Centro de Control	5min



			en la ciudad de Nueva Loja			
5	Voltaje en Barra 2	Comprobar Voltaje en Barra 2	S/E Lago Agrio	Operador S/E Lago Agrio	Centro de Control	5min
6	Alimentar Carga a los Primarios de la S/E Lago Agrio	Cerrar los seccionadores 89F11B, 89F12B, 89F14B de forma progresiva	S/E Lago Agrio	Operador Centro de Control mediante sistema ESCADA	Centro de Control	10min
Restablecer el Sistema						
1	Restablecer el Sistema	Abrir Reconector	El Reconector será montado en el punto (957243E, 10009254N) ubicado en las calles Circunvalación y Av. Quito en la ciudad de Nueva Loja	Operador Centro de Control mediante sistema ESCADA	Centro de Control	5min
2	Maniobras en S/E Lago Agrio	Abrir seccionador con puesta a tierra 57B1 Cerrar seccionadores 89A1B, 89A1T, 89B1B Cerrar los interruptores 52A1 Y 52B1 Cerrar seccionadores 89F11B, 89F12B, 89F14B	S/E Lago Agrio	Operador Centro de Control mediante sistema ESCADA	Centro de Control	15min
3	Desconectar el Grupo Electrónico de Respaldo	Abrir el seccionador 89L2B Apagar los grupos de respaldo	S/E Celso Castellanos	Mantenimiento de Subestaciones	Centro de Control	10min



4.3.2 Cronograma para la transferencia de carga S/E Celso Castellanos – Lago Agrio.

CRONOGRAMA PARA TRANSFERENCIA DE CARGA DE CELSO CASTELLANOS - LAGO AGRIO															
ITEM	FASE	ACCIÓN REQUERIDA	5min	10min	15min	20min	25min	30min	35min	40min	45min	50min	55min	1hora	
1	Disminuir carga	Se abre los seccionadores en el punto . Para alimentar la carga del tramo del alimentador Laguna 2 se cierran los seccionadores en el punto P2 (932810 E, 10009406 N).													
		Se abre los seccionadores en el punto P3 (958567E, 10006777N). Para alimentar la carga del tramo del alimentador Vía a Jivino se cierra los seccionadores en el punto P4 (960085E, 9989226N)													
2	Conectar el Grupo Electrónico de Respaldo	Encender los grupos de respaldo													
		Verificar que el voltaje y frecuencia sean óptimos													
		Cerrar seccionador 89L2B													
3	Maniobras en S/E Lago Agrio	Abrir los interruptores 52A1 Y 52B1													
		Abrir seccionadores 89A1B, 89A1T, 89B1B													
		Cerrar seccionador con puesta a tierra 57B1													
		Abrir los seccionadores 89F11B, 89F12B, 89F14B													
		El seccionador 89F13B debe estar cerrado debido a que el alimentador Lago 1 es el encargado de energizar la Barra 2													
4	Transferencia de Carga	Cerrar Reconectador													
5	Voltaje en Barra 2	Comprobar Voltaje en Barra 2													



6	Alimentar Carga a los Primarios de la S/E Lago Agrio	Cerrar los seccionadores 89F11B, 89F12B, 89F14B de forma progresiva		
RESTABLECER EL SISTEMA				
7	Restablecer el Sistema	Abrir Reconectador		
8	Maniobras en S/E Lago Agrio	Abrir seccionamiento con puesta a tierra 57B1		
		Cerrar los seccionadores 89A1B, 89A1T, 89B1B		
		Cerrar los interruptores 52A1 Y 52B1		
		Cerrar los seccionadores 89F11B, 89F12B, 89F14B		

4.3.3 Subestación Lago Agrio - Celso Castellanos.

LAGO AGRIO - CELSO CASTELLANOS						
ITEM	FASE	ACCIÓN REQUERIDA	LUGAR	EJECUTOR	COORDINADOR	TIEMPO EMPLEADO
Transferencia de Carga						
1	Disminuir carga	Se abre los seccionadores en el punto . Para alimentar la carga del tramo del alimentador Laguna 2 se cierran los seccionadores en el punto P2 (932810 E, 10009406 N).	P1 (946356E, 10009094N) ubicado a lo largo del en alimentador Laguna 2, km 8 vía a Quito. P2 (932810 E, 10009406 N) ubicado en el sector Sevilla km 24 vía a Quito	P1 Cuadrilla de mantenimiento Nueva Loja. P2 Cuadrilla de mantenimiento Cascales	Centro de Control	P1 10min P2 25min
		Se abre los seccionadores en el punto P3 (958567E, 10006777N). Para alimentar la carga del tramo del alimentador Vía a Jivino se cierra los seccionadores en el punto P4 (960085E, 9989226N)	P3 (958567E, 10006777N) ubicados a lo largo del alimentador Vía a Jivino a 2,5km vía al Coca. P4 (960085E, 9989226N) ubicados km 20 vía al Coca	P1 Cuadrilla de mantenimiento Nueva Loja. P2 Cuadrilla de mantenimiento Nueva Loja.	Centro de Control	P3 10min P4 25min
2	Maniobras en S/E Celso Castellanos	Abrir los interruptores 52A1 Y 52B1 Abrir los seccionadores 89A1B, 89A1T, 89B1B	S/E Celso Castellanos	Operador S/E Celso Castellanos	Centro de Control	15min

Carlos Aníbal Cuenca.

César Augusto Yaguache



		Colocar cortocircuito Abrir los Interruptores 52F13, 52F13, 52F14				
		El Interruptor 52F11 debe estar cerrado debido a que el alimentador Laguna 1 es el encargado de energizar la Barra 2				
3	Transferencia de Carga	Cerrar Reconector	El Reconector será montado en el punto (957243E, 10009254N) ubicado en las calles Circunvalación y Av. Quito en la ciudad de Nueva Loja	Operador Centro de Contros mediante sistema ESCADA	Centro de Control	5 min
4	Voltaje en Barra 2	Comprobar Voltaje en Barra 2	S/E Celso Castellanos	Operador S/E Celso Castellanos	Centro de Control	5min
5	Alimentar Carga a los Primarios de la S/E Celso Castellanos	Cerrar los Interruptores 52F13, 52F13, 52F14 de forma progresiva	S/E Celso Castellanos	Operador Centro de Control mediante sistema ESCADA	Centro de Control	10min
Restablecer el Sistema						
1	Restablecer el Sistema	Abrir Reconector	El Reconector será montado en el punto (957243E, 10009254N) ubicado en las calles Circunvalación y Av. Quito en la ciudad de Nueva Loja	Operador Centro de Control mediante sistema ESCADA	Centro de Control	5min
2	Maniobras en S/E Celso Castellanos	Cerrar los interruptores 52A1 Y 52B1 Cerrar los seccionadores 89A1B, 89A1T, 89B1B Retirar cortocircuito Cerrar los Interruptores 52F13, 52F13, 52F14	S/E Celso Castellanos	Operador S/E Celso Castellanos	Centro de Control	15min



4.3.4 Cronograma para la transferencia de carga S/E Lago Agrio - Celso Castellanos.

CRONOGRAMA PARA TRANSFERENCIA DE CARGA DE LAGO AGRIO - CELSO CASTELLANOS																
ITEM	FASE	ACCIÓN REQUERIDA	5min	10mi n	15mi n	20mi n	25mi n	30mi n	35mi n	40mi n	45mi n	50mi n	55mi n	1hor a		
1	Disminuir carga	Se abre los seccionadores en el punto . Para alimentar la carga del tramo del alimentador Laguna 2 se cierran los seccionadores en el punto P2 (932810 E, 10009406 N).	[Shaded]													
		Se abre los seccionadores en el punto P3 (958567E, 10006777N). Para alimentar la carga del tramo del alimentador Vía a Jivino se cierra los seccionadores en el punto P4 (960085E, 9989226N)	[Shaded]													
2	Maniobras en S/E Celso Castellanos	Abrir los interruptores 52A1 Y 52B1	[Shaded]													
		Abrir los seccionadores 89A1B, 89A1T, 89B1B	[Shaded]													
		Colocar cortocircuito	[Shaded]													
		Abrir los Interruptores 52F13, 52F13, 52F14	[Shaded]													
		El Interruptor 52F11 debe estar cerrado debido a que el alimentador Laguna 1 es el encargado de energizar la Barra 2	[Shaded]													
3	Transferencia de Carga	Cerrar Reconector	[Shaded]						[Shaded]							
4	Voltaje en Barra 2	Comprobar Voltaje en Barra 2	[Shaded]									[Shaded]				
5	Alimentar Carga a los Primarios de la S/E Celso Castellanos	Cerrar los Interruptores 52F13, 52F13, 52F14 de forma progresiva	[Shaded]										[Shaded]			
RESTABLECER E SISTEMA																

UNIVERSIDAD DE CUENCA



1	Restablecer el Sistema	Abrir Reconectador			
2	Maniobras en S/E Celso Castellanos	Cerrar los interruptores 52A1 Y 52B1			
		Cerrar los seccionadores 89A1B, 89A1T, 89B1B			
		Retirar cortocircuito			
		Cerrar los Interruptores 52F13, 52F13, 52F14			

En el anexo 5 se muestra el diagrama ortogonal de la S/E Lago Agrio y Celso Castellanos para un mejor entendimiento de las maniobras a realizarse.



Capítulo 5

5. ANÁLISIS ECONOMICO DE LA PROPUESTA.

Para el análisis económico se toma los valores del costo de implementación del reconector para la transferencia de carga entre las subestaciones en estudio y el costo de la energía no suministrada (CENS) en cada una de las subestaciones en el periodo de una hora de interrupción del servicio eléctrico.

5.1 Tasa Interna de Retorno (TIR).

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto. Es una medida utilizada en la evaluación de proyectos de inversión que está muy relacionada con el Valor Actualizado Neto (VAN). También se define como el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, para un proyecto de inversión dado.

La tasa interna de retorno (TIR) nos da una medida relativa de la rentabilidad, es decir, va a venir expresada en tanto por ciento. El principal problema radica en su cálculo, ya que el número de periodos dará el orden de la ecuación a resolver. Para resolver este problema se puede acudir a diversas aproximaciones, utilizar una calculadora financiera o un programa informático.



5.2 Valor Actual Neto (VAN).

El Valor Actual Neto (VAN) es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión. También se conoce como Valor neto actual (VNA), valor actualizado neto o valor presente neto (VPN). Para ello trae todos los flujos de caja al momento presente descontándolos a un tipo de interés determinado. El VAN va a expresar una medida de rentabilidad del proyecto en términos absolutos netos, es decir, en número de unidades monetarias (euros, dólares, pesos, etc.). Se utiliza para la valoración de distintas opciones de inversión. Ya que calculando el VAN de distintas inversiones vamos a conocer con cuál de ellas vamos a obtener una mayor ganancia.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F1}{(1+k)} + \frac{F2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{Fn}{(1+k)^n}$$

Ft : son los flujos de dinero en cada periodo t

I_0 : es la inversión realizada en el momento inicial ($t = 0$)

n : es el número de periodos de tiempo

k : es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

El VAN sirve para generar dos tipos de decisiones: en primer lugar, ver si las inversiones son realizables y en segundo lugar, ver qué inversión es mejor que otra en términos absolutos. Los criterios de decisión van a ser los siguientes:



- **VAN > 0** : el valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida generará beneficios.
- **VAN = 0** : el proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, siendo su realización, en principio, indiferente.
- **VAN < 0** : el proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que deberá ser rechazado.

5.3 Cálculo de la energía no suministrada(CENS) de las S/E Lago Agrio y Celso castellanos.

En la tabla 5.1 muestra el costo en USD por hora de la energía suministrada por una hora fuera de servicio de las S/E tomando en cuenta la demanda máxima registrada por meses.

Tabla 5.1. Cálculo de la energía no suministrada

MES	S/E	CONSUMO PROMEDIO kWh	CENS cUSD/kWh	PERDIDAS POR HORA USD
ENERO	LAGO AGRIO	8204	153,3	12576,73
	CELSE CASTELLANOS	3885	153,3	5955,71
FEBRERO	LAGO AGRIO	6929	153,3	10622,16
	CELSE CASTELLANOS	3170	153,3	4859,61
MARZO	LAGO AGRIO	7770	153,3	11911,41
	CELSE CASTELLANOS	3497	153,3	5360,90
ABRIL	LAGO AGRIO	7632	153,3	11699,86
	CELSE CASTELLANOS	3410	153,3	5227,53
MAYO	LAGO AGRIO	7991	153,3	12250,20
	CELSE CASTELLANOS	3520	153,3	5396,16
JUNIO	LAGO AGRIO	7432	153,3	11393,26
	CELSE CASTELLANOS	3418	153,3	5239,79
JULIO	LAGO AGRIO	7525	153,3	11535,83



	CELSO CASTELLANOS	3340	153,3	5120,22
AGOSTO	LAGO AGRIO	8126	153,3	12457,16
	CELSO CASTELLANOS	3547	153,3	5437,55
SEPTIEMBRE	LAGO AGRIO	8194	153,3	12561,40
	CELSO CASTELLANOS	3653	153,3	5600,05
OCTUBRE	LAGO AGRIO	7566	153,3	11598,68
	CELSO CASTELLANOS	3543	153,3	5431,42
NOVIEMBRE	LAGO AGRIO	7566	153,3	11598,68
	CELSO CASTELLANOS	3543	153,3	5431,42
DICIEMBRE	LAGO AGRIO	7876	153,3	12073,91
	CELSO CASTELLANOS	3655	153,3	5603,12

Fuente : Propia

5.4 Presupuesto de la Instalación del sistema de Transferencia de Carga.

Para realizar el presupuesto se considera criterios de factibilidad para su implementación. Cabe recalcar que la propuesta expuesta cuenta con el visto bueno de CNEL EP Unidad de negocio Sucumbíos. Los rubros consisten en la instalación de un reconectador y la comunicación del mismo a la S/E Lago Agrio mediante de fibra óptica, los precios utilizados de los rubros son los de CNT 2018 en cuanto a la comunicación mientras que el precio del reconectador es de una oferta de CNEL UN Sucumbíos en todos los rubros incluye mano de obra y materiales tal como se muestra en la tabla 5.2.



Tabla 5.2. Presupuesto para la transferencia de carga.

Rubro	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total USD
Reconector 13.8kV, 630 A IN, ANSI C37.60, IEEE C37.60, IEEE C37.61, IEC y NEMA Incluye: instalación y pruebas de funcionamiento	unidad	1	23297,26	23297,3
Suministro e instalación de Conversor de Cobre a Fibra Óptica mono modo 120V de 1 a 10 km.	unidad	2	150,00	300
Suministro y colocación ODF de 6 puertos (incluye: TIC TAILS FC/APC G 652.D)	unidad	2	223	446
Fusión de hilo de Fibra Óptica	unidad	12	11,45	137,4
Preparación de punta de cable de Fibra Óptica	unidad	2	3,86	7,72
Suministro y tendido de cable aéreo ADSS de fibra óptica monomodo de 6 hilos G.652.D VANO 80m	m	950	2,17	2061,5
Suministro e instalación de herraje cruce americano para fibra óptica ADSS (dos retenciones)	unidad	2	78,61	157,22
Suministro e instalación de herraje de retención para fibra ADSS de una extensión	unidad	20	10,5	210
Suministro e instalación de herraje de retención para fibra ADSS de dos extensiones.	unidad	3	11,8	35,4
Instalación de porta reservas de fibra óptica en galera de cable	unidad	2	29,74	59,48
Suministro en instalación de identificado acrílico de fibra óptica de 12,5x6 cm	unidad	25	6,44	161
Suministro y colocación de Pasacor PATCH CORD SC/APC-FC/APC G.652.D 3m	unidad	2	13,71	27,42
Rack abatible de 12 UR con puerta metálica para exterior	unidad	1	482,04	482,04
Prueba reflecto métrica unidireccional por fibra más traza reflectométrica	unidad	12	8,72	104,64
Prueba de potencia de un hilo de fibra óptica punto a punto	unidad	12	8,98	107,76
Preformado helicoidal para vano de 80m para fibra ADSS 11,00-12.10mm	unidad	43	12,09	519,87
Total				28114,7

Fuente : Propia

En el Anexo 6 se muestra el plano para el tendido de la fibra óptica.

5.5 Evaluación Económica.

Para el análisis económico se toma como referencia el mes de septiembre el cual tiene el mayor consumo de energía y por ende mayor energía no suministrada como se muestra en la tabla 5.3.



Inversión inicial USD 28114,71

Ahorros Estimados USD 18161.45 por hora/año.

T.M.R. 12%

Proyección. 10 años.

Tabla 5.3 Flujo de inversión.

AÑO	FLUJO	ACUMULADO
0	\$ -28.114,71	\$ -28.114,71
1	\$ 18.161,45	\$ -9.953,26
2	\$ 18.161,45	\$ 8.208,19
3	\$ 18.161,45	\$ 26.369,64
4	\$ 18.161,45	\$ 44.531,09
5	\$ 18.161,45	\$ 62.692,54
6	\$ 18.161,45	\$ 80.853,99
7	\$ 18.161,45	\$ 99.015,44
8	\$ 18.161,45	\$ 117.176,89
9	\$ 18.161,45	\$ 135.338,34
10	\$ 18.161,45	\$ 153.499,79
TOTAL		\$ 153.499,79

P.R.I. (periodo de recuperación) 1.55 años

T.I.R. 64%

V.A.N USD 66519,23

RENTABLE SI

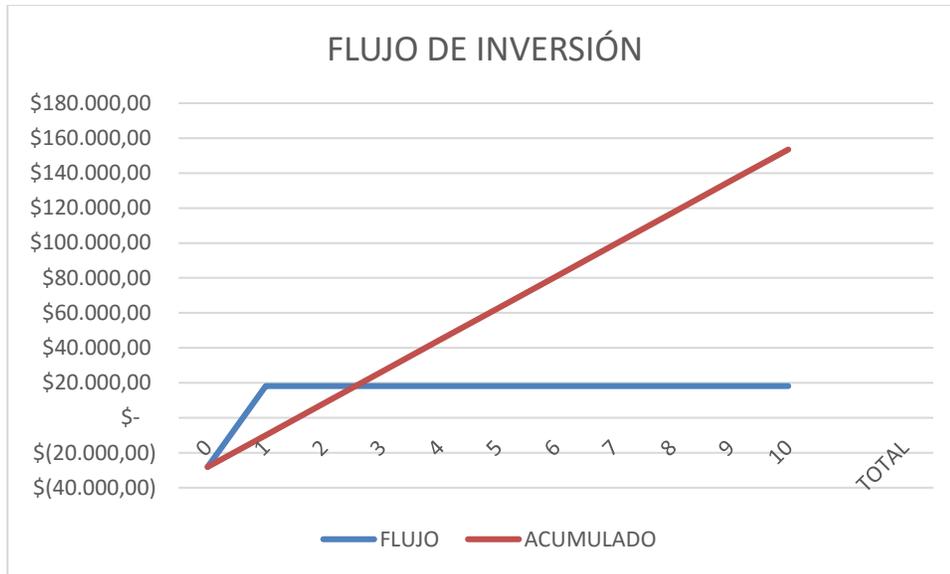


Figura 5.1. Flujo de Inversión.
Fuente: Propia

De acuerdo al análisis de flujo de la inversión y tomando como referencia el TIR y el VAN podemos decir que la inversión en este proyecto es rentable y que el periodo de recuperación será de aproximadamente 1.55 años.



Capítulo 6

6. Conclusiones y Recomendaciones.

6.1 Conclusiones.

- I. Levantar y seleccionar la información del sistema eléctrico de distribución entre las subestaciones Celso Castellanos – Lago Agrio – Lumbaqui y Jivino Verde pertenecientes a la CNEL Unidad de Negocio Sucumbíos, permitió tener una idea global del sistema, así como: carga instalada, características de los alimentadores, flujos de carga, ubicación de equipos. Con esta información se pudo analizar opciones para el recorrido de la troncal de transferencia.
- II. Después de conocer la topología de la red de distribución y de analizar varias opciones de los puntos de frontera de los alimentadores entre las subestaciones Celso Castellano y Lago Agrio, se escogió los alimentadores Laguna 1 y Lago 1 en el punto de frontera 957243E, 10009254N Zona 17, debido a que cumplen varias características necesarias para realizar la transferencia de carga entre dichas subestaciones. Estas características son: conductor 4/0 Al ACSR, menor recorrido, accesibilidad al punto de transferencia, un juego de seccionadores instalado en el punto de frontera. Estas características son muy favorables en lo que a costos de inversión para la implementación del sistema de transferencia de carga se refiere.
- III. La transferencia de carga será tipo semiautomática realizada por un reconector ubicado el punto de transferencia, este reconector será comandado desde el centro de control de la CNEL UN Sucumbíos. Las maniobras en los puntos de frontera con las subestaciones aledañas serán realizadas de forma manual. En la presente investigación se consideró como estrategia disminuir la carga en la



subestación que va a dotar de energía en el estado de emergencia. Para realizar esto se plantea realizar maniobras en los alimentadores Laguna 2 y Vía a Jivino perteneciente a la subestación Celso Castellanos y Lago Agrio respectivamente, las maniobras están descritas en el Procedimiento general de transferencia de carga en los puntos a y b. En el momento que realizamos estas maniobras disminuimos 1,20 MVA del alimentador Laguna 2 equivalente al 6.39% de la carga total instalada de la subestación Celso Castellanos y 1.509 MVA de carga instalada del alimentador Vía a Jivino equivalente al 15,51% de la carga total instalada en la subestación Lago Agrio.

- IV. Para realizar la transferencia de carga entre las subestaciones Celso Castellanos – Lago Agrio y viceversa se elaboró un procedimiento de las maniobras que se deben realizar tanto en los alimentadores como en las subestaciones. Este procedimiento dura aproximadamente 1 hora, inicia con las maniobras para disminuir carga hasta restablecer el sistema.

- V. En estado de emergencia cuando la subestación Celso Castellanos está fuera de servicio la capacidad de conducción de la troncal de transferencia está dentro de los parámetros normales, alcanzando temperaturas del conductor 51,50 y 44,1 grados centígrados y evidenciamos que está por debajo de los 75 grados centígrados como límite térmico. Cuando la subestación Lago Agrio está fuera de servicio la capacidad de conducción de la troncal de transferencia está por encima de los valores normales, el conductor bordea temperaturas de 140 grados centígrados. Esta temperatura es tolerable para el conductor de la troncal de transferencia.



6.2. Recomendaciones.

- I. Los resultados de las simulaciones muestran un desequilibrio de cargas considerable, por lo que se recomienda a la CNEL UN Sucumbíos realizar un estudio de equilibrio de cargas e implementarlo.
- II. Debido a que la demanda está en constante crecimiento, es necesario considerar por parte de la CNEL UN Sucumbíos a futuro el reforzamiento de la troncal de transferencia ya sea con un alimentador paralelo o aumentar el calibre del conductor.
- III. Los programas aplicados para el análisis de flujos de carga son herramientas informáticas muy eficaces, permiten obtener resultados muy rápidamente que ayudan a tomar decisiones con menos riesgos de error. Se recomienda a la Universidad de Cuenca implementar este tipo de programas para que los estudiantes tengan un punto vista más objetivo en un análisis.



BIBLIOGRAFIA

- Adan, G. (2017). *Electrical Transmission and Distribution Reference Book*. ETI.
- CNEL UN Sucumbios. (2017). *CNEL UN Sucumbios*. Obtenido de <https://www.cnelep.gob.ec/sucursales-un-sucumbios/>
- Cochancela, C., & Mosquera, M. (2006). *Planificación en distribución para la transferencia de carga entre subestaciones adyacentes aplicado a las subestaciones 05 y 14, 12 y 15, de la Empresa Eléctrica regional Centro Sur C. A.*(Tesis de Grado). Cuenca: Universidad de Cuenca.
- CONELEC. (2001). *Regulación Eléctrica*. Obtenido de <http://www.regulacioneolica.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2015/12/CONELEC-CalidadDeServicio.pdf>
- CONELEC. (2012). *Criterios para la Planificación de la Expansión del Sistema de Transmisión Ecuatoriano*. Obtenido de www.regulacioneolica.gob.ec/regulaciones/
- CONELEC. (2013). *Plan Maestro de Electrificación 2013 – 2022*. Obtenido de www.regulacioneolica.gob.ec/plan-maestro-de-electrificacion-2013-2022/
- Cuasapas, D. (2016). *ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES PARA LOS CINCO ALIMENTADORES PRIMARIOS DE LA SUBESTACIÓN SAN VICENTE, DE LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL NORTE (EMELNORTE).*(Tesis de Pregrado) . Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- CYMDIST. (2017). *Análisis de sistemas de distribución*. Obtenido de <http://www.cyme.com/es/software/cymdist/>
- Estrada, J. (2001). *Diseño del sistema de protecciones para el sistema eléctrico de la empresa eléctrica regional Sucumbios S.A.*(Tesis de Pregrado). Quito: Escuela Politecnica Nacional.
- Jeraldin, R. (2017). *ESTUDIO DE UN SISTEMA DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA DE CARGA A TRAVÉS DE RECONECTADORES EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE EMELNORTE.*(Tesis de Pregrado). Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Rivas, C. (2013). *Manual de operación, programación y pruebas eléctricas del reconector automático trifásico, tipo intemperie, 630 a, 27 kV, acero inoxidable, marca Schneider nu-lec, serie U, caja de control flex- vue.*(Tesis de Pregrado) . Camuri Grande.
- S.A., E. D. (2015). *Manual de Mantenimiento para subestaciones eléctricas*.
- Vasquez, P. (2013). *Parametrización, control, determinación y reducción de pérdidas de energía en base a la optimización en el montaje de estaciones de transformación en la provincia de Morona Santiago.* (Tesis de pregrado). Cuenca: Universidad de Cuenca.



ANEXOS

Anexo 1. Resultados Simulación enero 2018 cuando la subestación Celso Castellanos fuera de servicio.

Nro. equipo	Id equipo	V	Longitud km	Potencia activa (kW)	Potencia reactiva (kVAR)	Potencia aparente (kVA)	Fp promedio (%)	IEquil (A)	Desfase I (°)	Pérdidas totales (kW)	Pérdidas totales (kVAR)	Carga (%)
644_MTS	3P_15kV.CU.4/0	120,4	0,015	601	95	609	30,88	25,4	-8,99	0,3	0,2	35,5
60274_MTA		120,4	0,001	601	95	608	30,87	25,4	-9,01	0	0	36,5
32827_MTA		120,4	0,023	601	95	608	30,87	25,4	-9,02	0,2	0,5	36,5
32829_MTA		120,4	0,02	601	95	608	30,86	25,4	-9,02	0,2	0,4	36,5
34660_MTA		120,4	0,049	600	94	608	30,85	25,4	-9,02	0,5	1	36,5
34661_MTA		120,4	0,061	600	93	607	30,83	25,4	-9,02	0,7	1,2	36,5
34662_MTA		120,4	0,041	599	92	606	30,8	25,4	-9,03	0,4	0,8	36,5
34663_MTA		120,4	0,046	599	91	606	30,78	25,4	-9,03	0,5	0,9	36,5
5574_MTA		120,4	0,008	560	79	566	29,19	23,7	-8,48	0,1	0,2	36,3
5575_MTA		120,4	0,044	380	20	380	20,41	16	-3,73	0,5	0,8	34
5576_MTA		120,4	0,042	379	19	380	20,38	16	-3,73	0,4	0,8	34
5577_MTA		120,4	0,043	379	18	379	20,36	16	-3,74	0,4	0,8	34
5578_MTA		120,4	0,034	378	18	379	20,34	16	-3,74	0,4	0,7	34
5579_MTA		120,4	0,039	378	17	378	20,32	16	-3,75	0,4	0,8	34
5580_MTA		120,4	0,038	377	16	378	20,3	16	-3,75	0,4	0,7	34
5581_MTA		120,4	0,044	329	-3	329	-18,13	13,9	-1,16	0,5	0,8	34
5582_MTA		120,4	0,045	328	-4	328	-18,11	13,9	-1,17	0,5	0,9	34
71739_MTA		120,4	0,001	230	-41	233	-13,17	9,9	7,32	0	0	34
71738_MTA		120,4	0,025	230	-41	233	-13,17	9,9	7,32	0,2	0,5	34
5702_MTA		120,4	0,053	229	-42	233	-13,15	9,9	7,32	0,5	1,1	33,5
23557_MTA		120,4	0,046	180	-58	189	-10,38	8,1	13,58	0,5	0,9	32,9
23558_MTA		120,4	0,037	180	-59	189	-10,36	8,1	13,57	0,4	0,7	33,3
23584_MTA		120,4	0,044	176	-60	186	-10,14	7,9	14,05	0,4	0,8	33,3
23586_MTA		120,4	0,025	138	-73	156	-7,95	6,6	21,51	0,3	0,5	33,1
22514_MTA		120,4	0,027	138	-73	156	-7,94	6,6	21,5	0,3	0,5	33,1
22513_MTA		120,4	0,022	138	-74	156	-7,93	6,6	21,5	0,2	0,4	33,1

Carlos Aníbal Cuenca.

César Augusto Yaguache

UNIVERSIDAD DE CUENCA



69458_MTA	120,4	0,026	137	-74	156	-7,91	6,6	21,49	0,3	0,5	33,1
69457_MTA	120,4	0,014	131	-77	152	-7,52	6,4	22,98	0,1	0,3	33,1
48087_MTA	120,4	0,018	-2200	-923	2386	87,06	98,9	157,43	0,3	0,5	53
65094_MTA	120,4	0,001	-2201	-923	2387	87,05	98,9	157,43	0	0	52,2
65096_MTA	120,4	0,001	-2201	-923	2387	87,05	98,9	157,43	0	0	52,2
65093_MTA	120,4	0,033	-2201	-923	2387	87,05	98,9	157,43	0,5	1	53
6334_MTA	120,4	0,019	-2203	-925	2389	87,17	98,9	157,43	0,3	0,6	52,2
6335_MTA	120,4	0,033	-2203	-926	2390	87,16	98,9	157,43	0,5	1	53
6336_MTA	120,5	0,035	-2204	-926	2391	87,15	98,9	157,43	0,6	1	53
6337_MTA	120,5	0,03	-2204	-927	2392	87,15	98,9	157,43	0,5	1	52,2
33034_MTA	120,5	0,016	-2205	-928	2392	87,14	98,9	157,43	0,7	0,6	98,6
33035_MTA	120,5	0,017	-2209	-930	2397	87,22	99,1	157,43	0,3	0,5	53
6338_MTA	120,5	0,026	-2209	-931	2397	87,22	99,1	157,43	0,4	0,8	52,3
6339_MTA	120,6	0,038	-2210	-932	2398	87,21	99,1	157,43	0,6	1,1	53
6340_MTA	120,6	0,04	-2210	-933	2399	87,2	99,1	157,43	0,7	1,2	53
6017_MTA	120,6	0,033	-2211	-934	2400	87,19	99,1	157,43	0,5	1	53
6018_MTA	120,6	0,039	-2211	-935	2401	87,19	99,1	157,43	0,6	1,1	53
6019_MTA	120,7	0,036	-2212	-936	2402	87,18	99,1	157,44	0,6	1	53
6135_MTA	120,7	0,016	-2213	-937	2403	87,17	99,1	157,44	0,3	0,5	53
24412_MTA	120,7	0,048	-4573	-2011	4996	91,53	207,1	156,39	1,9	3,3	79,1
424_MTA	120,8	0,034	-4575	-2014	4999	91,51	207,1	156,39	1,3	2,3	79,1
49385_MTA	120,8	0,033	-4578	-2017	5003	91,5	207,1	156,39	1,3	2,3	79,1
52538_MTA	120,8	0,001	-4579	-2019	5005	91,49	207,1	156,39	0	0,1	78
52537_MTA	120,8	0,001	-4580	-2019	5005	91,49	207,1	156,39	0	0,1	78
52535_MTA	120,8	0,001	-4580	-2019	5005	91,49	207,1	156,39	0	0,1	78
49396_MTA	120,8	0,001	-4580	-2019	5005	91,49	207,1	156,39	0,1	0,1	98,2
49381_MTA	120,9	0,055	-4580	-2019	5005	91,48	207,1	156,39	2,2	3,8	79,1
423_MTA	120,9	0,021	-4587	-2025	5014	91,47	207,4	156,39	0,8	1,4	79,1
30893_MTA	121	0,034	-4588	-2027	5016	91,46	207,4	156,39	1,4	2,3	79,1
41400_MTA	121	0,013	-4589	-2029	5018	91,45	207,4	156,39	0,5	0,9	79,1
33605_MTA	121	0,031	-4779	-2116	5226	91,42	215,9	156,4	1,3	2,3	79,4
315_MTA	121,1	0,05	-4780	-2118	5228	91,41	215,9	156,4	2,2	3,7	79,4
49386_MTA	121,1	0,04	-4785	-2123	5235	91,39	216	156,4	1,7	3	79,4
49387_MTA	121,2	0,019	-4787	-2126	5237	91,38	216	156,4	0,8	1,4	79,4
49394_MTA	121,2	0,01	-4787	-2127	5239	91,37	216	156,4	0,7	0,9	98,5
576_MTA	121,2	0,043	-4788	-2128	5240	91,37	216	156,4	1,9	3,2	79,4
577_MTA	121,3	0,037	-4790	-2131	5243	91,35	216	156,4	1,6	2,8	79,4
578_MTA	121,4	0,048	-4792	-2134	5245	91,34	216	156,4	2,1	3,5	79,4

Carlos Aníbal Cuenca.

César Augusto Yaguache

UNIVERSIDAD DE CUENCA



41226_MTA		121,4	0,048	-4833	-2156	5293	91,31	217,9	156,38	2,1	3,6	79,4
579_MTA		121,5	0,04	-4836	-2160	5296	91,29	217,9	156,38	1,8	3,3	78,2
431_MTA		121,5	0,034	-4837	-2163	5299	91,28	217,9	156,38	1,5	3	78,2
24636_MTA		121,6	0,028	-4840	-2167	5303	91,26	217,9	156,38	1,3	2,4	78,2
24637_MTA		121,6	0,016	-5045	-2265	5530	91,22	227,5	156,31	2,4	1,6	147,7
432_MTA		121,7	0,042	-5048	-2266	5533	91,22	227,5	156,31	2	3,6	78,2
434_MTA		121,8	0,044	-5050	-2270	5536	91,2	227,5	156,31	2,1	3,7	78,2
65103_MTA		121,8	0,001	-5052	-2273	5540	91,18	227,5	156,31	0	0,1	78,2
65104_MTA		121,8	0,001	-5052	-2273	5540	91,18	227,5	156,31	0	0,1	78,2
65102_MTA		121,8	0,004	-5052	-2274	5540	91,18	227,5	156,31	0,2	0,4	78,2
65100_MTA		121,8	0,035	-5052	-2274	5540	91,18	227,5	156,31	1,6	2,9	78,2
436_MTA		121,9	0,036	-5054	-2277	5543	91,17	227,5	156,31	1,7	3,1	78,2
33985_MTA		121,9	0,038	-5055	-2280	5546	91,15	227,5	156,31	1,7	2,9	79,4
33986_MTA		122	0,033	-5057	-2283	5548	91,14	227,5	156,31	1,5	2,5	79,4
65073_MTA		122	0,013	-5070	-2290	5563	91,13	228	156,31	0,6	1,1	78,2
65075_MTA		122	0,019	-5677	-2562	6229	91,14	255,6	156,27	1	1,8	83,9
55531_MTA		122	0,001	-5678	-2564	6230	91,13	255,6	156,27	0,1	0,1	83,9
55530_MTA		122	0,001	-5678	-2564	6230	91,13	255,6	156,27	0,1	0,1	83,9
71775_MTA		122,6	0,316	-5678	-2564	6231	91,13	255,6	156,27	17,8	31,4	83,9
74578_MTA		122,6	0,027	-5707	-2600	6271	90,99	256,1	156,28	1,5	2,7	83,9
74577_MTA		122,8	0,07	-5714	-2605	6280	90,98	256,3	156,29	3,9	7	83,9
90232_MTA		123,1	0,181	-5728	-2616	6298	90,96	256,8	156,29	10,3	18,2	83,9
90231_MTA		123,3	0,103	-5751	-2639	6327	90,88	257,3	156,3	5,8	10,3	83,9
55528_MTA		123,3	0,008	-5757	-2649	6337	90,84	257,3	156,3	0,5	0,8	83,9
55526_MTA		124,7	0,806	-5757	-2650	6338	90,83	257,3	156,3	45,8	81	83,9
55525_MTA		125,1	0,243	-5803	-2730	6413	90,48	257,3	156,31	13,8	24,4	83,9
55524_MTA		125,6	0,254	-5817	-2754	6436	90,37	257,3	156,31	14,4	25,5	83,9
55523_MTA		125,9	0,201	-5831	-2780	6460	90,26	257,3	156,31	11,5	20,2	83,9
55522_MTA		126,1	0,081	-5843	-2800	6479	90,17	257,3	156,31	4,6	8,2	83,9
55534_MTA		126,6	0,279	-5847	-2808	6486	90,14	257,3	156,31	15,9	28	83,9
55537_MTA		126,6	0,021	-5863	-2836	6513	90,02	257,3	156,31	1,2	2,1	83,8
55538_MTA		126,6	0,001	-5864	-2838	6515	90,01	257,3	156,31	0,1	0,1	83,8
55539_MTA		126,6	0,001	-5864	-2838	6515	90,01	257,3	156,31	0,1	0,1	83,8
7684_MTS	3P_15kV.CU.4/0	126,7	0,06	-5864	-2838	6515	90,01	257,3	156,31	2,2	1,7	82,6

Carlos Aníbal Cuenca.

César Augusto Yaguache



Anexo 2. Resultados simulación demanda septiembre 2017 cuando queda fuera de servicio la subestación Celso Castellanos.

Nro. equipo	Id equipo	V	Longitud km	Potencia activa (kW)	Potencia reactiva (kVAR)	Potencia aparente (kVA)	Fp promedio (%)	IEquil (A)	Desfase I (°)	Pérdidas totales (kW)	Pérdidas totales (kVAR)	Carga (%)
644_MTS	3P_15kV.CU.4/0	120,4	0,015	1324	1568	2052	47,96	85,6	-49,83	0,4	0,3	55,9
60274_MTA		120,4	0,001	1324	1568	2052	47,95	85,6	-49,83	0	0	57,5
32827_MTA		120,4	0,023	1324	1568	2052	47,95	85,6	-49,83	0,4	0,8	57,5
32829_MTA		120,4	0,02	1323	1567	2051	47,95	85,6	-49,83	0,4	0,7	57,5
34660_MTA		120,4	0,049	1323	1567	2051	47,94	85,6	-49,83	0,9	1,7	57,5
34661_MTA		120,3	0,061	1322	1565	2049	47,93	85,6	-49,83	1,2	2,1	57,5
34662_MTA		120,3	0,041	1321	1563	2046	47,92	85,6	-49,83	0,8	1,4	57,5
34663_MTA		120,3	0,046	1320	1562	2045	47,92	85,6	-49,83	0,9	1,6	57,5
5574_MTA		120,3	0,008	1274	1543	2001	46,78	83,8	-50,5	0,2	0,3	57,3
5575_MTA		120,2	0,044	1057	1454	1797	39,93	75,3	-54,02	0,8	1,4	54,5
5576_MTA		120,2	0,042	1056	1453	1796	39,92	75,3	-54,02	0,7	1,4	54,5
5577_MTA		120,2	0,043	1055	1451	1794	39,91	75,3	-54,03	0,8	1,4	54,5
5578_MTA		120,2	0,034	1054	1450	1793	39,9	75,3	-54,03	0,6	1,1	54,5
5579_MTA		120,2	0,039	1054	1449	1792	39,89	75,3	-54,03	0,7	1,3	54,5
5580_MTA		120,1	0,038	1053	1448	1790	39,87	75,3	-54,03	0,7	1,2	54,5
5581_MTA		120,1	0,044	994	1419	1733	38,54	73	-55,04	0,8	1,4	54,5
5582_MTA		120,1	0,045	993	1418	1731	38,52	73	-55,04	0,8	1,4	54,5
71739_MTA		120,1	0,001	874	1361	1617	35,55	68,3	-57,31	0	0	54,5
71738_MTA		120,1	0,025	874	1361	1617	35,55	68,3	-57,31	0,4	0,7	54,5
5702_MTA		120	0,053	874	1360	1616	35,55	68,3	-57,31	0,9	1,7	53,7
23557_MTA		120	0,046	815	1335	1564	33,41	66,2	-58,62	0,8	1,5	53
23558_MTA		120	0,037	814	1334	1563	33,4	66,2	-58,63	0,6	1,1	53,8
23584_MTA		120	0,044	810	1331	1558	33,18	66,1	-58,71	0,7	1,3	53,8
23586_MTA		120	0,025	764	1312	1518	31,65	64,5	-59,81	0,4	0,7	53,5
22514_MTA		120	0,027	763	1312	1517	31,64	64,5	-59,81	0,4	0,8	53,5

Carlos Aníbal Cuenca.

César Augusto Yaguache

UNIVERSIDAD DE CUENCA



22513_MTA		119,9	0,022	763	1311	1517	31,63	64,5	-59,81	0,4	0,7	53,5
69458_MTA		119,9	0,026	762	1310	1516	31,63	64,5	-59,81	0,4	0,8	53,5
69457_MTA		119,9	0,014	755	1306	1509	31,22	64,2	-59,99	0,2	0,4	53,5
48087_MTA		119,9	0,018	-2057	25	2058	-73,86	85,6	-178,83	0,3	0,5	49,8
65094_MTA		119,9	0,001	-2058	24	2058	-73,86	85,6	-178,83	0	0	49
65096_MTA		119,9	0,001	-2058	24	2058	-73,86	85,6	-178,83	0	0	49
65093_MTA		119,9	0,033	-2058	24	2058	-73,86	85,6	-178,83	0,6	1	49,8
6334_MTA		119,9	0,019	-2060	22	2060	-73,96	85,6	-178,86	0,3	0,6	49
6335_MTA		120	0,033	-2060	21	2060	-73,97	85,6	-178,86	0,5	1	49,8
6336_MTA		120	0,035	-2061	20	2061	-73,97	85,6	-178,86	0,6	1,1	49,8
6337_MTA		120	0,03	-2061	19	2061	-73,98	85,6	-178,86	0,5	1	49
33034_MTA		120	0,016	-2062	18	2062	-73,98	85,6	-178,86	0,7	0,7	92,6
33035_MTA		120	0,017	-2066	16	2066	-74,07	85,8	-178,91	0,3	0,5	49,8
6338_MTA		120	0,026	-2066	15	2066	-74,07	85,8	-178,91	0,4	0,8	49,1
6339_MTA		120	0,038	-2067	14	2067	-74,08	85,8	-178,91	0,6	1,1	49,8
6340_MTA		120	0,04	-2067	13	2067	-74,08	85,8	-178,91	0,7	1,2	49,8
6017_MTA		120,1	0,033	-2068	12	2068	-74,09	85,8	-178,91	0,6	1	49,8
6018_MTA		120,1	0,039	-2068	11	2068	-74,1	85,8	-178,91	0,6	1,2	49,8
6019_MTA		120,1	0,036	-2069	10	2069	-74,1	85,8	-178,91	0,6	1,1	49,8
6135_MTA		120,1	0,016	-2070	9	2070	-74,11	85,8	-178,91	0,3	0,5	49,8
24412_MTA		120,1	0,048	-4478	-1602	4756	93,68	197,9	160,53	1,8	3,2	78,3
424_MTA		120,2	0,034	-4480	-1605	4759	93,66	197,9	160,53	1,3	2,2	78,3
49385_MTA		120,2	0,033	-4483	-1608	4763	93,65	198	160,52	1,3	2,2	78,3
52538_MTA		120,2	0,001	-4484	-1611	4765	93,63	198	160,52	0	0,1	77,2
52537_MTA		120,2	0,001	-4484	-1611	4765	93,63	198	160,52	0	0,1	77,2
52535_MTA		120,2	0,001	-4484	-1611	4765	93,63	198	160,52	0	0,1	77,2
49396_MTA		120,2	0,001	-4484	-1611	4765	93,63	198	160,52	0,1	0,1	97,2
49381_MTA		120,3	0,055	-4484	-1611	4765	93,63	198	160,52	2,1	3,7	78,3
423_MTA		120,3	0,021	-4492	-1618	4774	93,61	198,2	160,5	0,8	1,4	78,3
30893_MTA		120,4	0,034	-4493	-1619	4776	93,6	198,2	160,5	1,3	2,3	78,3

Carlos Aníbal Cuenca.

César Augusto Yaguache

UNIVERSIDAD DE CUENCA



41400_MTA		120,4	0,013	-4494	-1622	4778	93,59	198,2	160,51	0,5	0,9	78,3
33605_MTA		120,4	0,031	-4687	-1751	5003	93,22	207,5	159,9	1,3	2,3	78,6
315_MTA		120,5	0,05	-4688	-1754	5005	93,21	207,5	159,9	2,1	3,6	78,6
49386_MTA		120,5	0,04	-4693	-1759	5012	93,18	207,7	159,89	1,7	2,9	78,6
49387_MTA		120,5	0,019	-4695	-1762	5014	93,17	207,7	159,89	0,8	1,4	78,6
49394_MTA		120,6	0,01	-4696	-1763	5016	93,16	207,7	159,89	0,6	0,9	97,5
576_MTA		120,6	0,043	-4696	-1764	5017	93,15	207,7	159,89	1,8	3,2	78,6
577_MTA		120,7	0,037	-4698	-1767	5019	93,14	207,7	159,89	1,6	2,7	78,6
578_MTA		120,7	0,048	-4700	-1770	5022	93,12	207,7	159,89	2	3,5	78,6
41226_MTA		120,8	0,048	-4742	-1801	5073	93,09	209,7	159,75	2,1	3,5	78,6
579_MTA		120,8	0,04	-4744	-1805	5076	93,07	209,7	159,75	1,8	3,2	77,5
431_MTA		120,9	0,034	-4746	-1808	5079	93,06	209,7	159,75	1,5	3	77,5
24636_MTA		120,9	0,028	-4749	-1811	5082	93,04	209,7	159,75	1,2	2,4	77,5
432_MTA		121	0,042	-4961	-1958	5333	92,85	220,2	159,05	1,9	3,4	77,5
434_MTA		121,1	0,044	-4963	-1962	5336	92,83	220,2	159,05	2	3,6	77,5
65103_MTA		121,1	0,001	-4965	-1965	5339	92,81	220,2	159,05	0	0,1	77,5
65104_MTA		121,1	0,001	-4965	-1965	5339	92,81	220,2	159,05	0	0,1	77,5
65102_MTA		121,1	0,004	-4965	-1965	5340	92,81	220,2	159,05	0,2	0,3	77,5
65100_MTA		121,2	0,035	-4965	-1966	5340	92,81	220,2	159,05	1,6	2,8	77,5
436_MTA		121,2	0,036	-4966	-1969	5342	92,8	220,2	159,05	1,6	3	77,5
33985_MTA		121,3	0,038	-4968	-1972	5345	92,78	220,2	159,05	1,6	2,8	78,6
33986_MTA		121,3	0,033	-4970	-1974	5347	92,77	220,2	159,05	1,4	2,4	78,6
65073_MTA		121,3	0,013	-4983	-1984	5363	92,75	220,8	159,03	0,6	1,1	77,5
65075_MTA		121,4	0,019	-5602	-2394	6092	91,92	251,2	157,52	1	1,8	83,7
55531_MTA		121,4	0,001	-5603	-2395	6093	91,91	251,2	157,52	0,1	0,1	83,7
55530_MTA		121,4	0,001	-5603	-2395	6093	91,91	251,2	157,52	0,1	0,1	83,7
71775_MTA		121,9	0,316	-5603	-2396	6093	91,91	251,2	157,52	17,3	30,7	83,7
74578_MTA		121,9	0,027	-5631	-2433	6134	91,76	251,7	157,51	1,5	2,6	83,7
74577_MTA		122,1	0,07	-5638	-2439	6143	91,74	252	157,5	3,8	6,8	83,7
90232_MTA		122,4	0,181	-5653	-2452	6162	91,7	252,5	157,48	10	17,8	83,7

Carlos Aníbal Cuenca.

César Augusto Yaguache

UNIVERSIDAD DE CUENCA



90231_MTA		122,5	0,103	-5675	-2477	6192	91,61	253,1	157,47	5,7	10,1	83,7
55528_MTA		122,6	0,008	-5681	-2487	6201	91,56	253,1	157,47	0,5	0,8	83,7
55526_MTA		123,9	0,806	-5681	-2488	6202	91,56	253,1	157,47	44,8	79,3	83,7
55525_MTA		124,4	0,243	-5726	-2566	6275	91,21	253	157,47	13,5	23,9	83,7
55524_MTA		124,8	0,254	-5739	-2590	6297	91,1	253	157,48	14,1	25	83,7
55523_MTA		125,1	0,201	-5753	-2615	6320	90,99	253	157,48	11,2	19,8	83,7
55522_MTA		125,3	0,081	-5765	-2634	6338	90,9	253	157,48	4,5	8	83,7
55534_MTA		125,8	0,279	-5769	-2642	6346	90,87	253	157,48	15,5	27,4	83,7
55537_MTA		125,8	0,021	-5785	-2670	6371	90,74	253	157,48	1,2	2,1	83,7
55538_MTA		125,8	0,001	-5786	-2672	6373	90,74	253	157,48	0,1	0,1	83,7
55539_MTA		125,8	0,001	-5786	-2672	6373	90,74	253	157,48	0,1	0,1	83,7
7684_MTS	3P_15kV.CU.4/0	125,9	0,06	-5786	-2672	6373	90,73	253	157,48	2,2	1,7	82,5



Anexo 3. Resultados simulación demanda enero 2018 cuando queda fuera de servicio la subestación Lago Agrio.

Nro. equipo	Id equipo	V	Longitud km	Potencia activa (kW)	Potencia reactiva (kVAR)	Potencia aparente (kVA)	Fp promedio (%)	IEquil (A)	Desfase I (°)	Pérdidas totales (kW)	Pérdidas totales (kVAR)	Carga (%)
7684_MTS	3P_15kV.CU.4/0	120,3	0,0599	12685	6792	14389	88,16	599,8	-28,16	10,9	8,8	182,7
55539_MTA		120,3	0,001	12674	6784	14376	88,16	599,8	-28,17	0,3	0,5	185,4
55538_MTA		120,3	0,001	12674	6784	14375	88,16	599,8	-28,17	0,3	0,5	185,4
55537_MTA		120,2	0,0212	12674	6783	14375	88,17	599,8	-28,17	6,4	11,1	185,4
55534_MTA		119	0,2788	12667	6772	14364	88,19	599,8	-28,17	83,7	145,9	185,4
55522_MTA		118,7	0,0815	12584	6626	14222	88,48	599,9	-28,17	24,5	42,6	185,4
55523_MTA		117,8	0,2014	12559	6584	14180	88,57	599,9	-28,17	60,4	105,4	185,4
55524_MTA		116,8	0,2539	12499	6478	14078	88,78	599,9	-28,17	76,2	132,9	185,4
55525_MTA		115,8	0,2428	12423	6346	13950	89,05	599,9	-28,17	72,9	127,1	185,4
55526_MTA		112,4	0,8055	12350	6219	13827	89,31	599,9	-28,17	241,8	421,5	185,4
55528_MTA		112,4	0,0084	12108	5798	13425	90,19	599,9	-28,17	2,5	4,4	185,4
90231_MTA		111,9	0,1026	12105	5794	13420	90,2	599,9	-28,17	30,8	53,7	185,4
90232_MTA		111,2	0,1814	12063	5735	13357	90,31	599,3	-28,18	54,4	94,8	185,4
74577_MTA		110,9	0,0697	11998	5636	13256	90,51	598,8	-28,18	20,8	36,3	185,4
74578_MTA		110,8	0,0271	11971	5598	13216	90,59	598,5	-28,18	8,1	14,1	185,4
71775_MTA		109,5	0,3162	11953	5579	13191	90,61	598	-28,19	94,4	164,5	185,4
55530_MTA		109,5	0,001	11858	5415	13036	90,96	598	-28,19	0,3	0,5	185,4
55531_MTA		109,5	0,001	11858	5414	13036	90,96	598	-28,19	0,3	0,5	185,4
65075_MTA		109,4	0,0185	11858	5414	13035	90,97	598	-28,19	5,5	9,6	185,4
65073_MTA		109,4	0,0132	11245	5125	12358	90,99	567,2	-28,18	3,5	6,2	179
33986_MTA		109,3	0,0329	11230	5115	12340	91	566,7	-28,18	8,4	13,8	181,6
33985_MTA		109,1	0,0381	11222	5101	12327	91,04	566,7	-28,18	9,7	15,9	181,6
436_MTA		109	0,0359	11212	5085	12312	91,07	566,7	-28,18	9,6	16,8	179
65100_MTA		108,9	0,0346	11203	5068	12296	91,11	566,7	-28,18	9,3	16,2	179
65102_MTA		108,8	0,0043	11194	5052	12281	91,14	566,7	-28,18	1,1	2	179
65104_MTA		108,8	0,001	11192	5050	12279	91,15	566,7	-28,18	0,3	0,5	179
65103_MTA		108,8	0,001	11192	5049	12279	91,15	566,7	-28,18	0,3	0,5	179

UNIVERSIDAD DE CUENCA



434_MTA		108,7	0,0444	11192	5049	12278	91,15	566,7	-28,18	11,9	20,7	179
432_MTA		108,5	0,0423	11180	5028	12259	91,2	566,7	-28,18	11,3	19,8	179
24636_MTA		108,2	0,0281	10950	4901	11997	91,27	556	-28,16	7,2	12,7	179
431_MTA		108,1	0,0343	10942	4888	11984	91,3	556	-28,16	8,8	15,5	179
579_MTA		108	0,0396	10933	4873	11970	91,34	556	-28,16	10,2	17,9	179
41226_MTA		107,8	0,0484	10923	4855	11953	91,38	556	-28,16	11,9	19,6	181,6
578_MTA		107,6	0,0476	10871	4816	11890	91,43	553,9	-28,15	11,6	19,1	181,6
577_MTA		107,5	0,0374	10859	4797	11872	91,47	553,9	-28,15	9,1	15	181,6
576_MTA		107,4	0,0432	10850	4782	11857	91,5	553,9	-28,15	10,5	17,4	181,6
49387_MTA		107,2	0,0192	10836	4760	11835	91,55	553,9	-28,15	4,7	7,7	181,6
49386_MTA		107,1	0,0399	10831	4753	11828	91,57	553,9	-28,15	9,7	16	181,6
315_MTA		106,9	0,0496	10819	4735	11810	91,61	553,8	-28,15	12,1	19,9	181,6
33605_MTA		106,8	0,031	10807	4716	11791	91,65	553,8	-28,15	7,5	12,4	181,6
41400_MTA		106,8	0,013	10610	4614	11570	91,7	544,1	-28,14	3,1	5,1	181,4
30893_MTA		106,7	0,0342	10607	4609	11565	91,71	544,1	-28,14	8	13,3	181,4
423_MTA		106,6	0,0206	10599	4596	11553	91,74	544,1	-28,14	4,9	8	181,4
49381_MTA		106,4	0,0551	10589	4586	11539	91,76	543,8	-28,14	13	21,5	181,4
52535_MTA		106,4	0,001	10575	4564	11518	91,81	543,8	-28,14	0,2	0,4	178,7
52537_MTA		106,4	0,001	10575	4564	11518	91,81	543,8	-28,14	0,2	0,4	178,7
52538_MTA		106,4	0,001	10575	4563	11517	91,81	543,8	-28,14	0,2	0,4	178,7
49385_MTA		106,3	0,0331	10575	4563	11517	91,81	543,8	-28,14	7,8	12,9	181,4
424_MTA		106,2	0,0338	10565	4549	11503	91,84	543,8	-28,14	7,9	13,1	181,4
24412_MTA		106	0,0477	10557	4536	11491	91,87	543,8	-28,14	11,2	18,6	181,4
6135_MTA		106	0,0159	8378	3509	9083	92,22	430,2	-27,63	2,3	3,8	133,6
6019_MTA		105,9	0,0355	8375	3505	9079	92,24	430,2	-27,63	5,2	8,5	133,6
6018_MTA		105,8	0,0386	8370	3497	9071	92,26	430,2	-27,63	5,6	9,3	133,6
6017_MTA		105,7	0,033	8364	3487	9062	92,29	430,2	-27,63	4,8	7,9	133,6
6340_MTA		105,6	0,0403	8360	3480	9055	92,31	430,2	-27,63	5,9	9,7	133,6
6339_MTA		105,5	0,0377	8354	3470	9046	92,34	430,2	-27,63	5,5	9,1	133,6
6338_MTA		105,4	0,0256	8348	3461	9037	92,36	430,2	-27,63	3,9	6,9	131,6
33035_MTA		105,4	0,017	8344	3454	9031	92,39	430,2	-27,63	2,5	4,1	133,6
6337_MTA		105,2	0,0302	8331	3444	9015	92,4	430	-27,63	4,6	8,1	131,6
6336_MTA		105,1	0,0353	8326	3436	9007	92,43	430	-27,63	5,1	8,5	133,5

Carlos Aníbal Cuenca.

César Augusto Yaguache

UNIVERSIDAD DE CUENCA



6335_MTA		105	0,0328	8321	3427	9000	92,45	430	-27,63	4,8	7,9	133,5
6334_MTA		104,9	0,0185	8316	3420	8992	92,47	430	-27,63	2,8	5	131,6
65093_MTA		104,9	0,0334	8312	3414	8986	92,49	429,9	-27,63	4,9	8	133,5
48087_MTA		104,8	0,0179	8307	3405	8978	92,51	429,9	-27,63	2,6	4,3	133,5
69457_MTA		104,8	0,0137	6340	2689	6887	92,05	329,9	-28,31	1,2	1,9	101,1
69458_MTA		104,7	0,0262	6333	2685	6878	92,05	329,6	-28,32	2,2	3,7	100,9
22513_MTA		104,7	0,0225	6330	2681	6875	92,07	329,6	-28,32	1,9	3,2	100,9
22514_MTA		104,6	0,0272	6329	2678	6872	92,08	329,6	-28,32	2,3	3,8	100,9
23586_MTA		104,6	0,0252	6326	2674	6868	92,09	329,6	-28,32	2,2	3,5	100,9
23584_MTA		104,5	0,0439	6286	2659	6826	92,09	327,7	-28,35	3,7	6,1	100,6
23558_MTA		104,4	0,0369	6280	2652	6817	92,11	327,5	-28,35	3,1	5,1	100,4
23557_MTA		104,3	0,0458	6277	2647	6812	92,13	327,5	-28,35	4,1	7,1	99
5702_MTA		104,2	0,0531	6224	2624	6755	92,13	325,1	-28,39	4,7	8,1	98,3
71738_MTA		104,1	0,0245	6220	2616	6747	92,16	325,1	-28,39	2	3,4	99,7
71739_MTA		104,1	0,001	6218	2613	6744	92,18	325,1	-28,39	0,1	0,1	99,7
5582_MTA		104	0,0455	6147	2586	6669	92,16	321,4	-28,4	3,7	6,1	99,7
5581_MTA		104	0,0442	6143	2580	6663	92,18	321,4	-28,4	3,6	5,9	99,7
5580_MTA		103,9	0,0379	6105	2562	6621	92,2	319,6	-28,41	3,1	5	99,7
5579_MTA		103,8	0,0394	6102	2557	6616	92,22	319,6	-28,41	3,2	5,2	99,7
5578_MTA		103,7	0,034	6099	2551	6611	92,24	319,6	-28,41	2,7	4,5	99,7
5577_MTA		103,7	0,043	6096	2547	6607	92,26	319,6	-28,41	3,5	5,7	99,7
5576_MTA		103,6	0,0423	6093	2541	6602	92,28	319,6	-28,41	3,4	5,6	99,7
5575_MTA		103,5	0,0438	6090	2536	6596	92,3	319,6	-28,41	3,5	5,8	99,7
5574_MTA		103,5	0,0082	5906	2470	6402	92,24	310,5	-28,54	0,6	1	97
34663_MTA		103,4	0,0457	5868	2458	6362	92,22	308,5	-28,57	3,4	5,7	96,7
34662_MTA		103,3	0,0406	5864	2452	6356	92,25	308,5	-28,57	3,1	5	96,7
34661_MTA		103,2	0,0608	5861	2447	6352	92,27	308,5	-28,57	4,6	7,5	96,7
34660_MTA		103,1	0,0487	5857	2440	6344	92,3	308,5	-28,57	3,7	6	96,7
32829_MTA		103,1	0,0202	5853	2434	6339	92,32	308,5	-28,57	1,5	2,5	96,7
32827_MTA		103	0,0231	5851	2431	6336	92,33	308,6	-28,57	1,7	2,9	96,7
644_MTS	3P_15kV.CU.4/0	103	0,0149	5850	2428	6334	92,34	308,6	-28,57	0,7	0,6	93,9

Carlos Aníbal Cuenca.

César Augusto Yaguache



Anexo 4. Resultados simulación demanda septiembre 2017 cuando queda fuera de servicio la subestación Lago Agrio.

Nro. equipo	Id equipo	V	Longitud km	Potencia activa (kW)	Potencia reactiva (kVAR)	Potencia aparente (kVA)	Fp promedio (%)	IEquil (A)	Desfase I (°)	Pérdidas totales (kW)	Pérdidas totales (kVAR)	Carga (%)
7684_MTS	3P_15kV.CU.4/0	120,3	0,06	12086	7613	14284	84,61	595,4	-32,21	11	8,8	191
55539_MTA		120,3	0,001	12075	7605	14270	84,61	595,5	-32,21	0,3	0,5	193,8
55538_MTA		120,3	0,001	12075	7604	14270	84,61	595,5	-32,21	0,3	0,5	193,8
55537_MTA		120,2	0,021	12074	7604	14269	84,61	595,5	-32,21	6,3	11	193,8
55534_MTA		119	0,279	12068	7593	14258	84,63	595,5	-32,21	83,3	145	193,8
55522_MTA		118,6	0,081	11985	7448	14111	84,93	595,5	-32,21	24,3	42,4	193,8
55523_MTA		117,8	0,201	11960	7406	14068	85,02	595,5	-32,21	60,2	104,7	193,8
55524_MTA		116,6	0,254	11900	7301	13961	85,23	595,5	-32,21	75,8	132,1	193,8
55525_MTA		115,6	0,243	11824	7169	13828	85,51	595,5	-32,21	72,5	126,3	193,8
55526_MTA		112,1	0,806	11752	7043	13701	85,77	595,5	-32,21	240,6	419	193,8
55528_MTA		112,1	0,008	11511	6624	13281	86,67	595,5	-32,21	2,5	4,4	193,8
90231_MTA		111,6	0,103	11509	6620	13277	86,68	595,5	-32,21	30,7	53,4	193,8
90232_MTA		110,9	0,181	11466	6560	13210	86,8	594,9	-32,21	54,1	94,2	193,8
74577_MTA		110,6	0,07	11401	6459	13103	87,01	594,3	-32,21	20,7	36,1	193,3
74578_MTA		110,4	0,027	11375	6419	13061	87,09	594	-32,21	8,1	14	193,3
71775_MTA		109,1	0,316	11356	6399	13035	87,12	593,4	-32,21	93,9	163,5	193,3
55530_MTA		109,1	0,001	11262	6235	12873	87,48	593,4	-32,21	0,3	0,5	193,3
55531_MTA		109,1	0,001	11262	6235	12873	87,48	593,4	-32,21	0,3	0,5	193,3
65075_MTA		109	0,019	11262	6234	12872	87,49	593,4	-32,21	5,5	9,6	193,3
65073_MTA		109	0,013	10637	5806	12118	87,77	558,8	-31,89	3,4	6	175
33986_MTA		108,8	0,033	10622	5793	12099	87,79	558,2	-31,89	8,2	13,4	177
33985_MTA		108,7	0,038	10614	5780	12085	87,82	558,2	-31,89	9,4	15,5	177
436_MTA		108,6	0,036	10604	5764	12070	87,86	558,2	-31,89	9,3	16,4	174,4

UNIVERSIDAD DE CUENCA



65100_MTA		108,4	0,035	10595	5748	12053	87,9	558,2	-31,89	9	15,7	174,4
65102_MTA		108,4	0,004	10586	5732	12038	87,93	558,2	-31,89	1,1	1,9	174,4
65104_MTA		108,4	0,001	10585	5730	12036	87,94	558,2	-31,89	0,3	0,5	174,4
65103_MTA		108,4	0,001	10584	5730	12036	87,94	558,2	-31,89	0,3	0,5	174,4
434_MTA		108,2	0,044	10584	5729	12035	87,94	558,2	-31,89	11,6	20,2	174,4
432_MTA		108	0,042	10572	5709	12015	87,99	558,2	-31,89	11,1	19,3	174,4
24637_MTA		107,9	0,016	10561	5690	11997	88,04	558,2	-31,89	13,5	8,3	329,5
24636_MTA		107,8	0,028	10339	5534	11727	88,16	546	-31,74	7	12,2	171,5
431_MTA		107,7	0,034	10331	5522	11714	88,19	546	-31,74	8,5	14,9	171,5
579_MTA		107,5	0,04	10322	5507	11699	88,23	546	-31,74	9,9	17,2	171,5
41226_MTA		107,3	0,048	10312	5490	11682	88,27	546	-31,74	11,5	18,9	174
578_MTA		107,2	0,048	10260	5442	11614	88,34	543,6	-31,7	11,1	18,4	174
577_MTA		107	0,037	10249	5424	11595	88,39	543,6	-31,7	8,8	14,5	174
576_MTA		106,9	0,043	10240	5409	11581	88,42	543,6	-31,7	10,1	16,7	174
49394_MTA		106,8	0,01	10230	5392	11564	88,46	543,6	-31,7	3,7	4,4	215,9
49387_MTA		106,8	0,019	10226	5388	11559	88,47	543,6	-31,7	4,5	7,4	174
49386_MTA		106,6	0,04	10222	5381	11551	88,49	543,6	-31,7	9,4	15,4	174
315_MTA		106,4	0,05	10210	5364	11533	88,53	543,4	-31,7	11,6	19,1	174
33605_MTA		106,3	0,031	10198	5345	11514	88,57	543,4	-31,7	7,3	12	174
41400_MTA		106,3	0,013	9998	5200	11270	88,72	532,7	-31,59	3	4,9	173,7
30893_MTA		106,2	0,034	9995	5196	11265	88,73	532,7	-31,59	7,7	12,8	173,7
423_MTA		106,1	0,021	9987	5183	11252	88,76	532,7	-31,59	4,7	7,7	173,7
49381_MTA		105,9	0,055	9977	5172	11238	88,78	532,4	-31,59	12,5	20,6	173,7
49396_MTA		105,9	0,001	9965	5151	11217	88,83	532,4	-31,59	0,4	0,5	215,5
52535_MTA		105,9	0,001	9964	5151	11217	88,83	532,4	-31,59	0,2	0,4	171,2
52537_MTA		105,9	0,001	9964	5150	11216	88,83	532,4	-31,59	0,2	0,4	171,2
52538_MTA		105,9	0,001	9964	5150	11216	88,83	532,4	-31,59	0,2	0,4	171,2
49385_MTA		105,8	0,033	9963	5150	11216	88,84	532,4	-31,59	7,5	12,4	173,7
424_MTA		105,7	0,034	9954	5136	11201	88,87	532,3	-31,58	7,6	12,6	173,7
24412_MTA		105,5	0,048	9947	5124	11189	88,9	532,3	-31,58	10,8	17,8	173,7

Carlos Aníbal Cuenca.

César Augusto Yaguache

UNIVERSIDAD DE CUENCA



6135_MTA		105,5	0,016	8058	3858	8934	90,19	425,5	-29,94	2,3	3,8	135,5
6019_MTA		105,4	0,036	8056	3854	8931	90,2	425,5	-29,94	5,1	8,4	135,5
6018_MTA		105,3	0,039	8051	3846	8922	90,23	425,5	-29,94	5,5	9,1	135,5
6017_MTA		105,2	0,033	8045	3837	8913	90,26	425,5	-29,94	4,7	7,8	135,5
6340_MTA		105,1	0,04	8041	3829	8906	90,28	425,5	-29,94	5,8	9,5	135,5
6339_MTA		105	0,038	8035	3820	8897	90,31	425,5	-29,94	5,4	8,9	135,5
6338_MTA		104,9	0,026	8029	3811	8888	90,34	425,5	-29,94	3,9	6,7	133,5
33035_MTA		104,8	0,017	8026	3804	8881	90,36	425,5	-29,94	2,4	4	135,5
33034_MTA		104,7	0,016	8020	3798	8874	90,38	425,4	-29,94	7,4	4,5	252,1
6337_MTA		104,6	0,03	8012	3793	8865	90,38	425,4	-29,94	4,6	7,9	133,5
6336_MTA		104,6	0,035	8008	3786	8858	90,4	425,4	-29,94	5,1	8,3	135,5
6335_MTA		104,5	0,033	8003	3777	8849	90,43	425,4	-29,94	4,7	7,7	135,5
6334_MTA		104,4	0,019	7998	3769	8842	90,45	425,4	-29,94	2,8	4,9	133,5
65093_MTA		104,3	0,033	7994	3764	8835	90,47	425,3	-29,94	4,8	7,9	135,5
65096_MTA		104,3	0,001	7989	3756	8828	90,5	425,3	-29,94	0,2	0,3	133,5
65094_MTA		104,3	0,001	7989	3755	8827	90,5	425,3	-29,94	0,2	0,3	133,5
48087_MTA		104,3	0,018	7989	3755	8827	90,5	425,3	-29,94	2,6	4,2	135,5
69457_MTA		104,2	0,014	5720	2725	6336	90,28	305,5	-30,25	1	1,7	95,5
69458_MTA		104,2	0,026	5712	2720	6327	90,28	305,1	-30,26	1,9	3,2	95,5
22513_MTA		104,1	0,022	5710	2717	6323	90,29	305,1	-30,26	1,7	2,7	95,5
22514_MTA		104,1	0,027	5708	2714	6321	90,31	305,1	-30,26	2	3,3	95,5
23586_MTA		104	0,025	5706	2711	6318	90,32	305,1	-30,26	1,9	3,1	95,5
23584_MTA		104	0,044	5665	2693	6272	90,31	303,1	-30,28	3,2	5,3	94,7
23558_MTA		103,9	0,037	5658	2686	6263	90,33	302,9	-30,28	2,7	4,4	94,7
23557_MTA		103,8	0,046	5655	2681	6259	90,35	302,9	-30,28	3,5	6,1	93,3
5702_MTA		103,7	0,053	5594	2652	6191	90,36	299,9	-30,32	4	7	92,5
71738_MTA		103,6	0,025	5590	2645	6184	90,39	299,9	-30,32	1,8	2,9	93,8
71739_MTA		103,6	0,001	5588	2642	6181	90,4	299,9	-30,32	0,1	0,1	93,8
5582_MTA		103,5	0,045	5507	2604	6091	90,4	295,5	-30,31	3,2	5,2	93,8
5581_MTA		103,5	0,044	5503	2599	6086	90,42	295,5	-30,31	3,1	5	93,8

Carlos Aníbal Cuenca.

César Augusto Yaguache

UNIVERSIDAD DE CUENCA



5580_MTA		103,4	0,038	5461	2576	6038	90,44	293,4	-30,3	2,6	4,2	93,8
5579_MTA		103,3	0,039	5458	2572	6033	90,46	293,4	-30,3	2,7	4,4	93,8
5578_MTA		103,3	0,034	5455	2567	6029	90,48	293,4	-30,3	2,3	3,8	93,8
5577_MTA		103,2	0,043	5453	2563	6025	90,49	293,4	-30,3	2,9	4,8	93,8
5576_MTA		103,1	0,042	5450	2559	6021	90,52	293,4	-30,3	2,9	4,7	93,8
5575_MTA		103	0,044	5447	2554	6016	90,54	293,4	-30,3	3	4,9	93,8
5574_MTA		103	0,008	5228	2460	5778	90,48	282	-30,41	0,5	0,8	90,4
34663_MTA		102,9	0,046	5189	2444	5736	90,47	280	-30,43	2,8	4,7	90,2
34662_MTA		102,9	0,041	5186	2439	5731	90,49	280	-30,43	2,5	4,1	90,2
34661_MTA		102,7	0,061	5184	2435	5727	90,51	280	-30,44	3,8	6,2	90,2
34660_MTA		102,7	0,049	5180	2429	5721	90,54	280	-30,44	3	5	90,2
32829_MTA		102,6	0,02	5177	2424	5716	90,56	280	-30,44	1,3	2,1	90,2
32827_MTA		102,6	0,023	5176	2422	5714	90,57	280	-30,44	1,4	2,4	90,2
60274_MTA		102,6	0,001	5174	2419	5712	90,58	280	-30,44	0	0,1	90,2
644_MTS	3P_15kV.CU.4/0	102,6	0,015	5174	2419	5712	90,58	280	-30,44	0,6	0,5	87,5



Anexo 5. Diagrama ortogonal de la S/E Lago Agrio y Celso Castellanos.



Anexo 6. Plano para el tendido de la fibra óptica.



Anexo 7. Ubicación de seccionadores para la transferencia de carga.



Anexo 8. Troncal de transferencia.