



**Universidad
Técnica de
Cotopaxi**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

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

INGENIERÍA ELÉCTRICA

TESIS DE GRADO

TEMA:

**“ANÁLISIS DE CARGABILIDAD DEL SISTEMA DE
SUBTRANSMISIÓN A NIVEL DE 69 KV CONSIDERANDO LA
INCORPORACIÓN MASIVA DE LAS COCINAS DE INDUCCIÓN PARA
LA DEMANDA PROYECTADA AL AÑO 2020, EN LA ZONA CENTRO
DE LA EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A. EN EL
PERIODO 2015”**

TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA.

AUTORES:

GALLO PÉREZ WILMER FERNANDO

GUAMANGALLO PANCHI LUIS SEGUNDO

DIRECTOR DE TESIS:

ING. SAAVEDRA ACOSTA CARLOS EDUARDO, Msc.

ASESOR METODOLÓGICO

DR. MARCELO BAUTISTA

LATACUNGA - ECUADOR.

2015



FORMULARIO DE LA APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi y por la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes:

- Gallo Pérez Wilmer Fernando
- Guamangallo Panchi Luis Segundo

Con la tesis, cuyo título es:

“ANÁLISIS DE CARGABILIDAD DEL SISTEMA DE SUBTRANSMISIÓN A NIVEL DE 69kV CONSIDERANDO LA INCORPORACIÓN MASIVA DE LAS COCINAS DE LAS COCINAS DE INDUCCIÓN PARA LA DEMANDA PROYECTADA AL AÑO 2020, EN LA ZONA CENTRO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A EN EL PERIODO 2015”

Han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al **Acto de Defensa de Tesis** en la fecha y hora señalada.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 04 de Diciembre del 2015

Para constancia firman:

Ing. Xavier Proaño M. Mg.C
PRESIDENTE

DR. Marcelo Bautista
MIEMBRO

PhD. Iliana González
OPOSITOR

Ing. Carlos Saavedra
TUTOR (DIRECTOR)



AUTORÍA

Nosotros Gallo Pérez Wilmer Fernando y Guamangallo Panchi Luis Segundo, declaramos que el contenido de la presente Tesis de Grado, es un fruto de nuestra investigación, esfuerzo, responsabilidad y disciplina conservados en nuestras vidas, y durante la realización de la misma, logrando que los objetivos propuestos se culminen con éxito.

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

Gallo Pérez Wilmer Fernando
C.I. 050348798-5

Guamangallo Panchi Luis Segundo
C.I. 050350007-6



AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

En mi calidad de Director del trabajo de investigación sobre el tema:

“Análisis de Cargabilidad del sistema de Subtransmisión a nivel de 69kv considerando la incorporación masiva de las cocinas de inducción para la demanda proyectada al año 2020, en la zona centro de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A En el periodo 2015.”

De los señores estudiantes; **GALLO PÉREZ WILMER FERNANDO Y GUAMANGALLO PANCHI LUIS SEGUNDO** postulantes de la Carrera de Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia.

CERTIFICO QUE:

Una vez revisado el documento entregado a mi persona, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos - técnicos necesarios para ser sometidos a la **Evaluación del Tribunal de Validación de tesis** que el Honorable Consejo Académico de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 04 de Diciembre del 2015

EL DIRECTOR

.....
Ing. Saavedra Acosta Carlos Eduardo
DIRECTOR DE TESIS



AVAL DEL ASESOR DE LA TESIS

En calidad de Asesor Metodológico del Trabajo de Investigación sobre el tema:

“ANÁLISIS DE CARGABILIDAD DEL SISTEMA DE SUBTRANSMISIÓN A NIVEL DE 69KV CONSIDERANDO LA INCORPORACIÓN MASIVA DE LAS COCINAS DE INDUCCIÓN PARA LA DEMANDA PROYECTADA AL AÑO 2020, EN LA ZONA CENTRO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A EN EL PERIODO 2015.”

De los señores estudiantes; **GALLO PÉREZ WILMER FERNANDO Y GUAMANGALLO PANCHI LUIS SEGUNDO** postulantes de la Carrera de Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia.

CERTIFICO QUE:

Una vez revisado el documento entregado a mi persona, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos - técnicos necesarios para ser sometidos a la **Evaluación del Tribunal de Validación de Tesis** que el Honorable Consejo Académico de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 04 de Diciembre del 2015

.....
Dr. Marcelo Bautista
ASESOR METODOLÓGICO

CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN



EMPRESA ELÉCTRICA
PROVINCIAL COTOPAXI S.A.

Oficio N° : ELEPCOSA-DRI(E)-2015-01502-OF
Latacunga, 21 de agosto del 2015

Asunto: Elaboración de Tesis

Señores:
UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
Presente

De mi consideración:

En atención al oficio S/N de fecha 03 de agosto del 2015, informo que los señores Galo Pérez Wilmer Fernando y Guamangello Panchi Luis Segundo, estudiante de la carrera de Ingeniería Eléctrica, fueron autorizados para que realice para el desarrollo de su tesis de grado: "ANÁLISIS DE CARGABILIDAD DEL SISTEMA DE SUBTRANSMISIÓN A NIVEL DE 69KV CONSIDERANDO LA INCORPORACIÓN MASIVA DE LAS COCINAS DE INDUCCIÓN PARA LA DEMANDA PROYECTADA AL AÑO 2020, EN LA ZONA CENTRO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A. EN EL PERIODO 2015" en el Departamento de Planificación a partir del 20 de agosto del 2014.

Particular que informo para su conocimiento.

Aterramiento

Arg. Fernando López C.

DIRECTOR DE RELACIONES INDUSTRIALES, ENCARGADO

R. Calero

Maripata de Mariposa 5-41 y Quijano y Oroño
Teléfono N°. (033) 512630 512640 512650 512660 512700
Fax: (033) 512623 Casilla 228
www.elepcosa.com 5126060000@elepcosa.com
www.factbook.com/elepcosa www.s/elepcosa.com/elepcosa
Latacunga - Ecuador

AGRADECIMIENTO

A Dios, ya que con su bendición, nos ha llenado de fortaleza y sabiduría, en cada etapa de nuestras vidas.

A nuestros padres por ser los seres más sublimes, por estar siempre con nosotros en los buenos y malos momentos, por brindarnos todo su apoyo incondicional y ser nuestra fuente de inspiración para alcanzar las metas que nos planteamos en nuestra vida.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi quien nos acogió para culminar nuestros estudios, quien día a día fue cimentando las bases para formarnos como personas y profesionales haciendo frente a los obstáculos que se presentan en la vida.

**WILMER GALLO
LUIS GUAMANGALLO**

DEDICATORIA

A Dios

Por darme la oportunidad de vivir y por haberme puesto en mi camino a aquellas personas que me han acompañado durante todo el periodo de mi estudio.

A mis padres

Por ser la base que me ayuda a lograr mis objetivos. Por su gran apoyo y motivación para la culminación de este proyecto.

A mis amigos que siempre estuvieron a mi lado para ayudarme, escucharme, y aconsejarme.

A la empresa eléctrica ELEPCO S.A por la apertura para la realización de este tema, en especial a la área de planificación por proporcionar la información para la realización de esta tesis.

Wilmer Gallo

DEDICATORIA

La presente Tesis se la dedico principalmente a Dios por ser la fuente de luz y fortaleza.

A mi madre y a mi padre por ser seres maravillosos que me concedieron la vida, gracias por estar ahí siempre brindandome su amor incondicional

A mi familia, por apoyarme en las deciciones que he tomado a lo largo de mi vida.

Esta tesis se la dedico en general a todas aquellas personas que confiaron mi y nunca dudaron de mis capacidades

Gracias a todos ustedes.

Luis Guamangallo

ÍNDICE GENERAL

FORMULARIO DE LA APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	ii
AUTORÍA.....	iii
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS	iv
AVAL DEL ASESOR DE LA TESIS	v
CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	viii
ÍNDICE GENERAL.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xviii
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
AVAL DE TRADUCCIÓN	xxii
INTRODUCCIÓN	xxiii
1. CAPÍTULO I.....	1
FUNDAMENTO TEÓRICO	1
1.1. Demanda de Energía Eléctrica	1
1.2. Líneas Eléctricas.....	3
1.2.1. Conductores para Líneas de Subtransmisión.	3
1.2.2. Tipos de Líneas de Transmisión	4
1.2.2.1. Línea de Transmisión Corta.....	5
1.2.2.2. Línea de Transmisión Media	6

1.2.2.3.	Línea de Transmisión Larga	6
1.3.	Parámetros Fundamentales de Líneas de Trasmisión.....	7
1.3.1.	Resistencia eléctrica	7
1.3.2.	Distancia media geométrica	8
1.3.3.	Inductancia	9
1.3.4.	Capacitancia	10
1.3.5.	Conductancia.....	11
1.3.6.	Efecto Skin	11
1.3.7.	Efecto corona	11
1.4.	Cargabilidad en Líneas de Transmisión	12
1.4.1.	Limitación Térmica.....	12
1.4.2.	Caída de Voltaje.....	13
1.4.3.	Margen de estabilidad de estado estable	13
1.5.	Subestaciones Eléctricas.....	13
1.6.	Cocinas de Inducción	15
1.6.1.	Incremento de Potencia en un Sistema Eléctrico	15
1.7.	Flujos De Potencia.....	17
1.8.	Powerworld Simulator.....	18
1.9.	Proyección de Demanda	19
1.9.1.	Proyección lineal	20
1.9.2.	Proyección Logaritmica	20
1.9.3.	Proyección Exponencial.....	20
1.9.4.	Proyección potencial	21
1.10.	Prorratio.....	21
1.10.1.	Prorratio Primario.....	21
1.10.2.	Prorratio Secundario	22

1.11.	Términos Básicos.....	22
1.11.1.	Demanda o carga máxima.....	22
1.11.2.	Demanda diversificada o coincidente.....	23
1.11.3.	Demanda máxima no coincidente.....	23
1.11.4.	Curvas de carga diaria.....	23
1.11.5.	Curvas de carga anual.....	23
1.11.6.	Factor de demanda.....	24
1.11.7.	Factor de carga.....	24
1.11.8.	Factor diversidad.....	24
1.11.9.	Factor de coincidencia.....	25
2.	CAPÍTULO II.....	26
2.1.	Entorno del Lugar de Investigación.....	26
2.1.1.	Antecedentes Históricos.....	26
2.1.2.	Descripción del sistema actual de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi “ELEPCO S.A.”.....	27
2.1.2.1.	Área de Concesión.....	27
2.1.2.2.	Generación Local.....	28
2.1.3.	Líneas de Subtransmisión ELEPCO S.A.....	29
2.1.4.	Subestaciones de ELEPCO S.A.....	31
2.1.5.	Demanda Máxima ELEPCO S.A. actual.....	32
2.1.6.	Conexión con El Sistema Nacional Interconectado (S.N.I).....	33
2.1.7.	Área de Estudio.....	34
2.2.	Diseño Metodológico.....	35
2.2.1.	Métodos.....	35
2.2.1.1.	Método Lógico Inductivo.....	35
2.2.2.	Tipo de Investigación.....	36

2.2.2.1.	Investigación Documental	36
2.2.2.2.	Investigación Descriptiva	36
2.2.2.3.	Investigación Explicativa.....	36
2.2.2.4.	Investigación Proyectiva.....	37
2.3.	Sistema Eléctrico de Potencia Actual Elepco S.A. Zona Centro	37
2.3.1.	Levantamiento y toma de datos.....	37
2.3.2.	Datos Técnicos de la Zona Centro Elepco S.A.....	38
2.3.3.	Análisis de Demanda Actual de la Zona Centro ELEPCO S.A.....	41
2.3.4.	Validación y procesamiento de la información.....	43
2.3.5.	Modelación del Sistema de Subtransmisión Actual de ELEPCO S.A. 43	
2.3.6.	Resultados del Modelamiento en PowerWorld.....	46
2.3.6.1.	Generación	46
2.3.6.2.	Líneas y Transformadores	46
2.3.6.3.	Demanda	49
2.3.7.	Evaluación Técnica del Sistema Actual.....	51
2.4.	Proyección de La Demanda.....	52
2.4.1.	Proyección de Usuarios.....	53
2.4.2.	Proyección de Demanda.....	59
2.4.3.	Implemento de potencia por cocinas de Inducción	62
2.5.	Análisis del Incremento de Potencia en El Sistema de Subtransmisión de la Zona Centro ELEPCO S.A.....	66
2.5.1.	Consideraciones para el flujo de potencia con demanda proyecta y cocinas de inducción	66
2.5.2.	Análisis de Incremento de potencia en la Primera Etapa.....	69
2.5.3.	Análisis de Incremento de potencia en la Segunda Etapa.....	74
3.	CAPÍTULO III.....	79

PROPUESTA.....	79
REFORZAMIENTO DEL SISTEMA DE SUBTRANSMISIÓN CONSIDERANDO EL INCREMENTO DE LA DEMANDA DEBIDO AL IMPACTO DE LAS COCINAS DE INDUCCIÓN.....	79
3.1. Introducción.....	79
3.2. Justificación del Problema.....	80
3.3. Objetivos	81
3.3.1. Objetivo General	81
3.3.2. Objetivos Específicos.....	81
3.4. Desarrollo de La Propuesta	81
3.4.1. Mejoras para el reforzamiento del Sistema.....	82
3.4.2. Análisis Económico	91
CONCLUSIONES	96
RECOMENDACIONES	98
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA.....	99
ANEXOS	102

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 GENERACIÓN HIDRÁULICA PROPIA DE ELEPCO S.A.....	29
TABLA 2 LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN DE ELEPCO S.A	31
TABLA 3 SUBESTACIONES DE ELEPCO S.A.....	32
TABLA 4 DEMANDA DE POTENCIA ACTIVA EN MW DE LAS SUBESTACIONES.	33
TABLA 5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS GENERADORES DE ELEPCO S.A. EN LA ZONA CENTRO.....	38
TABLA 6 DESCRIPCIÓN DE LAS SUBESTACIONES DE ELEPCO S.A. EN LA ZONA CENTRO.	39
TABLA 7 DESCRIPCIÓN DE LAS LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN DE ELEPCO S.A EN LA ZONA CENTRO.....	40
TABLA 8 DESCRIPCIÓN DE LOS ALIMENTADORES DE ELEPCO S.A. EN LA ZONA CENTRO.	41
TABLA 9 ALIMENTADORES DE ELEPCO S.A. DICIEMBRE DEL 2014....	42
TABLA 10 CONTRIBUCIONES ENERGÉTICAS AL SISTEMA DE ELEPCO S.A, ZONA CENTRO.	46
TABLA 11 REPORTE DE FLUJOS DE POTENCIA EN LÍNEAS Y TRANSFORMADORES A 69 KV.....	47
TABLA 12 REPORTE DE FLUJOS DE POTENCIA EN BARRAS DEL SISTEMA A 13,8 kV.....	48
TABLA 13 REPORTE DE FLUJOS DE POTENCIA EN BARRAS DEL SISTEMA A 69 KV.....	48
TABLA 14 REPORTE DE FLUJOS DE POTENCIA EN PUNTOS DE INTERCONEXIÓN Y GENERADORES DEL SISTEMA A 69 KV.	49
TABLA 15 DEMANDAS POR ALIMENTADOR DE LA ZONA CENTRO ELEPCO S.A.	50

TABLA 16 DATOS HISTÓRICOS DE USUARIOS RESIDENCIALES.	53
TABLA 17 PROYECCIÓN DE USUARIOS RESIDENCIALES.....	53
TABLA 18 DATOS HISTÓRICOS DE USUARIOS COMERCIALES E INDUSTRIALES	54
TABLA 19 PROYECCIÓN DE USUARIOS COMERCIALES E INDUSTRIALES	55
TABLA 20 DATOS HISTORICOS DE USUARIOS OTROS	56
TABLA 21 PROYECCIÓN DE USUARIOS OTROS	57
TABLA 22 NÚMERO DE USUARIOS POR ALIMENTADOR DE ELEPCO S.A PROYECTADOS HASTA EL AÑO 2020.....	58
TABLA 23 DATOS HISTÓRICOS DE POTENCIA MÁXIMA	59
TABLA 24 PROYECCIÓN DE POTENCIA MÁXIMA.....	60
TABLA 25 DEMANDA MÁXIMA COINCIDENTE ELEPCO S.A. SIN COCINAS DE INDUCCIÓN.	61
TABLA 26 INCREMENTO DE DEMANDA POR COCINAS DE INDUCCIÓN PARA EL MEDIO DÍA	63
TABLA 27 INCREMENTO DE DEMANDA POR COCINAS DE INDUCCIÓN PARA LA NOCHE.....	64
TABLA 28 INCREMENTO PROGRESIVO DE LA DEMANDA AL MEDIO DÍA.....	67
TABLA 29 INCREMENTO PROGRESIVO DE LA DEMANDA EN LA NOCHE.....	68
TABLA 30 REPORTES DE LÍNEAS Y TRANSFORMADORES EN LA PRIMERA ETAPA.....	70
TABLA 31 REPORTES DE GENERACIÓN EN LA PRIMERA ETAPA.....	71
TABLA 32 REPORTES DE BARRAS A 69 Kv. EN LA PRIMERA ETAPA ...	71
TABLA 33 REPORTES DE BARRAS A 13,8 kV. EN LA PRIMERA ETAPA	72

TABLA 34 REPORTES DE LÍNEAS Y TRANSFORMADORES DE LA SEGUNDA ETAPA.....	74
TABLA 35 REPORTES DE GENERACIÓN DE LA SEGUNDA ETAPA	76
TABLA 36 REPORTES DE BARRAS DE 69 kV DE LA SEGUNDA ETAPA	76
TABLA 37 REPORTES DE BARRAS DE 13,8 kV DE LA SEGUNDA ETAPA	77
TABLA 38 FLUJO DE POTENCIA CON MEJORAS AL MEDIO DÍA DE LÍNEAS Y TRANSFORMADORES	85
TABLA 39 FLUJO DE POTENCIA CON MEJORAS AL MEDIO DÍA EN LAS BARRAS DE GENERACIÓN	86
TABLA 39 FLUJO DE POTENCIA CON MEJORAS AL MEDIO DÍA EN LAS BARRAS DE 69 kV.	86
TABLA 39 FLUJO DE POTENCIA CON MEJORAS AL MEDIO DÍA EN LAS BARRAS DE 13,8 kV.	87
TABLA 40 RESUMEN DE MODIFICACIONES EN EL SISTEMA DE SUBTRANSMISIÓN.....	91
TABLA 41 MATERIALES DEL MONTAJE DE UNA SUBESTACIÓN	91
TABLA 42 DETALLE DE RUBROS SUBESTACIÓN	93
TABLA 43 MATERIALES DEL MONTAJE DE UNA SUBESTACIÓN	93
TABLA 44 DETALLE DE RUBROS LÍNEA DE SUBTRANSMISIÓN.....	93
TABLA 45 INVERSIÓN TOTAL.....	94
TABLA 38 FLUJOS DE CAJA PROYECTADO AL AÑO 2020	94
TABLA 39 RESULTADOS DEL VAN Y TIR.....	95

ÍNDICE DE GRÁFICOS

FIGURA 1 CURVA DE DEMANDA	2
FIGURA 2 CONFIGURACIÓN DE UN CONDUCTOR.....	4
FIGURA 3 CIRCUITO EQUIVALENTE DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN CORTA	5
FIGURA 4 CIRCUITO NOMINAL II DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN MEDIA.....	6
FIGURA 5 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE UNA LÍNEA DE TRASMISIÓN LARGA.....	7
FIGURA 6 DISTANCIAS POSIBLES ENTRE CONJUNTOS DE 2 Y 5 ELEMENTOS	9
FIGURA 7 INDUCTANCIA LÍNEA SIMPLE SIMÉTRICA EN TRIÁNGULO EQUILÁTERO	9
FIGURA 8 ESQUEMA DE UN TRANSFORMADOR.....	14
FIGURA 9 CIRCUITO EQUIVALENTE DE UN TRANSFORMADOR.....	14
FIGURA 10 DEMANDA MÁXIMA DIVERSIFICADA PROMEDIO POR USUARIO.....	16
FIGURA 11 ÁREA DE CONCESIÓN ELEPCO S.A	28
FIGURA 12 TORRE Y POSTE UTILIZADOS EN LAS LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN DE ELEPCO S.A.	30
FIGURA 13 CURVA DE CARGA DE LA DEMANDA AL AÑO 2014	33
FIGURA 14 NODOS DEL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO S.N.I QUE ALIMENTAN A ELEPCO S.A.....	34
FIGURA 15 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	35
FIGURA 16 MODELACIÓN SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL DE ELEPCO S.A.....	45
FIGURA 17 PROYECCIÓN DE USUARIOS RESIDENCIALES	54

FIGURA 18 PROYECCIÓN DE USUARIOS COMERCIALES.....	55
FIGURA 19 PROYECCIÓN DE USUARIOS INDUSTRIALES	56
FIGURA 20 PROYECCIÓN DE USUARIOS OTROS.....	57
FIGURA 21 PROYECCIÓN DE DEMANDA	60
FIGURA 22 CURVA DE CARGA TIPO CON COCINAS DE INDUCCIÓN... 65	
FIGURA 23 PROYECCIÓN DE DEMANDA CON COCINAS Y SIN COCINAS DE INDUCCIÓN.....	65
FIGURA 24 SISTEMA ELÉCTRICO DE ELEPCO S.A, ACTUAL CON DEMANDAS EN LA PRIMERA ETAPA.....	73
FIGURA 25 SISTEMA ELÉCTRICO DE ELEPCO S.A. ACTUAL CON DEMANDAS EN LA SEGUNDA ETAPA	78
FIGURA 26 SISTEMA ELÉCTRICO DE ELEPCO S.A. PROYECTADO AL AÑO 2020 CON MEJORAS AL MEDIO DÍA.....	89
FIGURA 27 NUEVA CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA DEL LA ZONA CENTRO DE ELEPCO S.A A NIVEL DE 69 kV 90	

RESUMEN

Un Sistema Eléctrico de Potencia, está sujeto al incremento o decremento de la demanda, y son aquellos usuarios finales los que consumen o se abstienen del uso de la energía eléctrica, es decir, todos los sistemas eléctricos, Generación, Transmisión, Subtransmisión y Distribución, operan bajo las condiciones del perfil de la curva de carga, y deben ser diseñados para servir en óptimas condiciones a dicha demanda.

La Presidencia de la República a través del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, MEER, ha implementado el programa de cocción eficiente, el cual está basado en la sustitución de Gas Licuado de Petróleo por electricidad para la cocción, aplicado al sector residencial. Este cambio en la matriz energética junto con la proyección de la demanda, obliga a las empresas distribuidoras a realizar una evaluación de la infraestructura eléctrica, indicar falencias y proponer cambios necesarios para garantizar un servicio de calidad una vez implementado el uso de las cocinas de inducción.

El presente trabajo, analiza el sistema de Subtransmisión de La Empresa Eléctrica de Provincial Cotopaxi, ELEPCO S.A. de la Zona Centro, el cual actualmente se alimenta a través de dos puntos de interconexión con el Sistema Nacional Interconectado, S.N.I, y las centrales de generación Illuchi 1 e Illuchi 2. Cuenta con 8 subestaciones y una demanda máxima de 57,91 MW. De acuerdo a la proyección de la demanda se espera un consumo de 97,03 MW y con el impacto de la cocinas de inducción la demanda estimada asciende a 173,3 MW para el año 2020. Este incremento de demanda, obliga al sistema de Subtransmisión a realizar varios cambios para su óptimo funcionamiento, entre ellos, la implementación de las subestaciones Tanicuchí y Latacunga a 138 kV, constituyéndose en nuevos puntos de interconexión con el S.N.I, además la repotenciación de las subestaciones existentes, el montaje de 4 subestaciones nuevas y la construcción de 7 líneas de subtransmisión. Con la propuesta realizada se asegura un sistema eléctrico robusto que opera en óptimas condiciones mejorando de esta manera la confiabilidad y continuidad del servicio eléctrico.

ABSTRACT

An Electrical Power System is subject to increased or decreased demand, and they are those final users who consume or abstain of the electric power use, that is to say, Generation, Transmission, Sub-transmission and Distribution. They are operating under the profile conditions of the load curve, and should be designed to serve under optimal conditions to such demand.

The Presidency of the Republic through the Electricity and Renewable Energy Ministry (MEER), has implemented the efficient cooking program, which is based on replacing of Liquefied Petroleum Gas by electricity for cooking, mainly applied to the residential sector. This change in the energy matrix along with the demand projection obliges to the distribution enterprises to make an assessment of the electrical infrastructure, to indicate shortcomings and to propose necessary changes for assuring a quality service once made the implement of the induction cookers.

The present work analyzes the sub-transmission system from Cotopaxi Provincial Electric Enterprise S.A. (ELEPCO) of the Central Zone, which currently, is fed through two interconnection points with the Interconnected National System (SNI) and the Illuchi 1 and Illuchi 2 generation plants count with 8 substations and a maximum demand of 57,91 MW. According, to the demand projection is expected a consumption of 97,03 MW and with the impact of the induction cookers, the estimated demand amounts to 173,3 MW by 2020. This increase from demand forces the sub-transmission system to make several changes for its optimum performance, among them, the implementation of Latacunga and Tanicuchi substations to 138 kV, are becoming new interconnection points with the (SNI). In addition, the repowering of existing sub-stations, the mounting of 4 new sub-stations and the build of 7 sub-transmission lines. Assuring, an electrical system in optimal conditions improved the reliability and continuous electricity service.



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica De Cotopaxi, yo Lic. Marcia Chiluisa con la C.C. 050221430-7 CERTIFICO que he realizado la respectiva revisión de la Traducción del Abstract; con el tema: **“ANÁLISIS DE CARGABILIDAD DEL SISTEMA DE SUBTRANSMISIÓN A NIVEL DE 69KV CONSIDERANDO LA INCORPORACIÓN MASIVA DE LAS COCINAS DE INDUCCIÓN PARA LA DEMANDA PROYECTADA AL AÑO 2020, EN LA ZONA CENTRO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A EN EL PERIODO 2015.”** cuyos autores son: **Gallo Wilmer y Guamangallo Luis** y director de tesis **Ing. Saavedra Carlos Eduardo**

Latacunga 04 de Diciembre del 2015

Docente:

Lic. Marcia Chiluisa
C.I. 050221430-7

INTRODUCCIÓN

El Sistema de Subtransmisión Eléctrico, debe ser modelado y analizado con parámetros eléctricos cercanos a la realidad, por tal motivo se establece los métodos de cálculo de los parámetros eléctricos presentes en un sistema de potencia, así como el crecimiento de la demanda en el tiempo, de acuerdo a criterios establecidos tales como, el crecimiento poblacional de un determinado sector y el impacto masivo del plan de cocción eficiente. Estos parámetros eléctricos, aseguran un estudio confiable que ayudarán a tomar decisiones sobre posibles cambios en la red.

La Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi, ELEPCO S.A, se enfrenta al incremento de potencia debido a la inclusión de cocinas de inducción en el sector residencial, lo que obliga al estudio y análisis de todo el Sistema Eléctrico, para lo cual se debe realizar un diagnóstico del sistema actual, las falencias y debilidades de la red. El presente trabajo realiza el análisis del Sistema de Subtransmisión a 69 kV.

El resultado del diagnóstico actual, ayuda a determinar los puntos afectados a corto, mediano y Segunda Etapa, para proponer cambios en el sistema eléctrico y enfrentar el incremento de potencia a lo largo del tiempo, con la creación de nuevas subestaciones, líneas de transmisión, nuevos puntos de suministro eléctrico a través del Sistema Nacional Interconectado. Asegurando así la continuidad del servicio eléctrico y la confiabilidad del sistema de Subtransmisión

CAPÍTULO I

FUNDAMENTO TEÓRICO

La creciente demanda en el sector eléctrico ecuatoriano, obliga a las Empresas Eléctricas Distribuidoras a un constante cambio en el transporte y distribución de energía eléctrica, lo que implica el correcto modelamiento de todos los elementos de las redes eléctricas, utilizando programas computacionales que acercan a la realidad operativa del sistema de distribución, cuyos resultados ayuda a tomar decisiones correctas ante un cambio en la matriz energética, como es el caso del incremento de carga debido a las cocinas de inducción. Para cumplir este objetivo es necesario determinar los parámetros eléctricos de cada elemento de la red de acuerdo al tipo de material utilizado, los niveles de voltaje y corriente que se transporta, la distancia y carga instalada. Estos parámetros son necesarios para realizar un correcto modelamiento del sistema actual.

Para que un usuario sea servido con el suministro eléctrico, la energía eléctrica, pasa por varias etapas desde la producción hasta los puntos de consumo en todos los rincones de una nación, este Sistema Eléctrico de Potencia, está conformado por la Generación, Transmisión, Subtransmisión y Distribución, siendo las Subestaciones Eléctricas el punto de enlace entre todas las etapas del Sistema Eléctrico.

1.1. Demanda de Energía Eléctrica

Es la cantidad de potencia eléctrica que un usuario utiliza en un cierto periodo de tiempo. El período durante el cual se analiza la demanda, se denomina intervalo de demanda. El valor de demanda que se desee conocer dependerá de la duración

que se fije en este intervalo. La demanda se puede expresar en kVA, kW, kVAR, A, etc. La variación de la demanda en el tiempo para una carga, origina la curva de carga con unidades demanda vs tiempo, como se observa en la Figura 1.

FIGURA 1 CURVA DE DEMANDA



Fuente: Grupo Investigador

Recopilación: Grupo Investigador

El Sistema Eléctrico de Potencia está sujeto a la demanda y su incremento en el tiempo.

- Etapa de Generación: el principal elemento lo constituye el generador y este debe ser capaz de producir toda la demanda que los usuarios requieren.
- Etapa de Transmisión, Subtransmisión y Distribución: el principal elemento lo constituyen las líneas y cables, los cuales deben ser capaces de transportar toda la demanda que los usuarios requieren.
- Subestaciones Eléctricas: el principal elemento lo constituye el transformador, el cual debe ser capaz soportar toda la demanda que los usuarios requieren.

El incremento de la demanda obliga a un correcto dimensionamiento a lo largo de todo el Sistema Eléctrico, a esto se lo conoce como Cargabilidad del Sistema y para una correcta calibración de los elementos de la red eléctrica, es indispensable conocer los parámetros eléctricos y limitantes que las líneas, transformadores y generadores presentan.

1.2. Líneas Eléctricas

Las líneas eléctricas constituyen el medio físico mediante el cual se realiza la transmisión y distribución de energía eléctrica, desde los puntos de generación hasta los puntos de transformación y desde los transformadores de distribución hasta los usuarios finales. Se constituyen por conductores, estructuras de soporte, y cables de guarda utilizada en líneas de alto voltaje las cuales protegen a las mismas de descargas atmosféricas.

Las principales características de las líneas de transmisión, constituyen los parámetros de impedancia y admitancia, la primera está conformada por la resistencia y la inductancia uniformemente distribuidas a lo largo de la línea y se representa como un elemento en serie. La segunda está integrada por la susceptancia y la conductancia y en este caso se representa como un elemento en paralelo, la conductancia representa las corrientes de fuga entre los conductores y los aisladores, esta es prácticamente despreciable por lo que no es considerado un parámetro influyente.

1.2.1. Conductores para Líneas de Subtransmisión.

Viqueira, Landa Jacinto. (1970), Manifiesta que: “El conductor eléctrico es el elemento más importante de la línea de transmisión, ya que de él depende aspectos significativos como es: el costo de inversión de la línea y el costo de operación de la misma”.

El cobre y aluminio al presentar baja resistencia al paso de la corriente eléctrica, y su bajo costo, son considerados los materiales más utilizados en líneas eléctricas, al combinar el aluminio y el acero, se proporciona mayor resistencia mecánica a las redes consiguiendo vanos más largos en el transporte de energía.

Los conductores que son utilizados en líneas de transmisión se obtienen mediante cableados de hilos metálicos alrededor de un hilo central. Un conductor puede estar conformado por hilos del mismo material o de distintos materiales, según

sean las características mecánicas y eléctricas deseadas, una descripción se muestra en la Figura 2

FIGURA 2 CONFIGURACIÓN DE UN CONDUCTOR.



Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3949/1/CD-3717.pdf>

Recopilación: Grupo Investigador

Entre las principales características electromecánicas que deben cumplir los materiales que conforman el conductor están:

- Baja resistencia eléctrica.
- Elevada resistencia mecánica
- Costo razonable

Entre los diferentes tipos de conductores de aluminio se tienen los siguientes:

- AAC. Conductor de aluminio.
- AAAC. Conductor de aleación de aluminio.
- ACSR. Conductor de aluminio con alma de acero.
- ACAR. Conductor de aluminio con alma de aleación de aluminio.

1.2.2. Tipos de Líneas de Transmisión

En la transmisión de potencia en alto voltaje existen diferentes tipos de líneas de transmisión, y se puede clasificar en función de su longitud o en función del nivel de voltaje de transmisión.

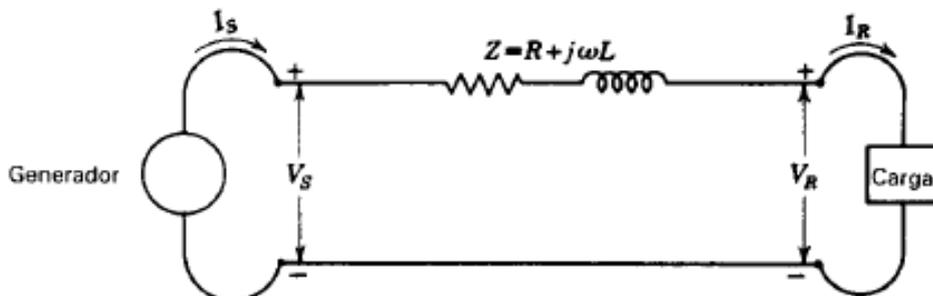
Tipos de líneas en función de su longitud:

- Líneas de corta longitud (menor a 80 km)
- Líneas de media longitud (entre 81 y 240 km)
- Líneas de larga longitud (mayor a 241 km)

1.2.2.1. Línea de Transmisión Corta

Son aquellas líneas de transmisión que no exceden los 80 km. de longitud, en este tipo de línea, los parámetros se consideran en su forma concentrada siendo la resistencia R y la reactancia inductiva L los de mayor importancia. El valor de la capacitancia C, es muy pequeño por lo que se desprecia. Sin embargo de estas consideraciones, las ecuaciones utilizadas determinan valores muy confiables.

FIGURA 3 CIRCUITO EQUIVALENTE DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN CORTA



Fuente: Grainger, John J. - Stevenson Jr, William D. Análisis de Sistemas de Potencia.
Recopilación: Grupo Investigador

La Ecuación 1.1 describe el modelo de líneas cortas.

$$V_S = V_R + I_R Z \quad \text{Ecuación 1.1}$$

$$I_S = I_R \quad \text{Ecuación 1.2}$$

Donde, I_S e I_R , son las corrientes del extremo generador y receptor, respectivamente, y son los voltajes de línea a neutro en los mismos extremos.

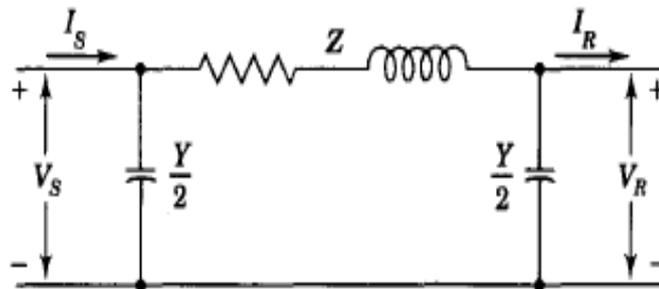
En la Figura 3 se muestra como R y L forman un circuito simple, donde Z es la impedancia total de la línea de transmisión.

1.2.2.2. Línea de Transmisión Media

Grainger, Stevenson (1996). Explica que: “En la línea de transmisión media se incluye la admitancia paralelo. Si se divide en dos partes iguales la admitancia paralelo total de la línea y cada uno se coloca en los extremos generador y receptor, se obtiene el llamado circuito nominal π ”. En base a la Figura 4 se desarrollan las ecuaciones para obtener una expresión para V_S , se puede ver que la corriente en la capacitancia en el extremo receptor es $V_R Y/2$ y la corriente en la rama serie es $I_R + V_R Y/2$. Entonces la Ecuación 1.3

$$V_S = \left(V_R \frac{Y}{2} + I_R \right) Z + V_R \quad \text{Ecuación 1.3}$$

FIGURA 4 CIRCUITO NOMINAL π DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN MEDIA.



Fuente: Grainger, John J. - Stevenson jr, William D. Análisis de sistemas de potencia.

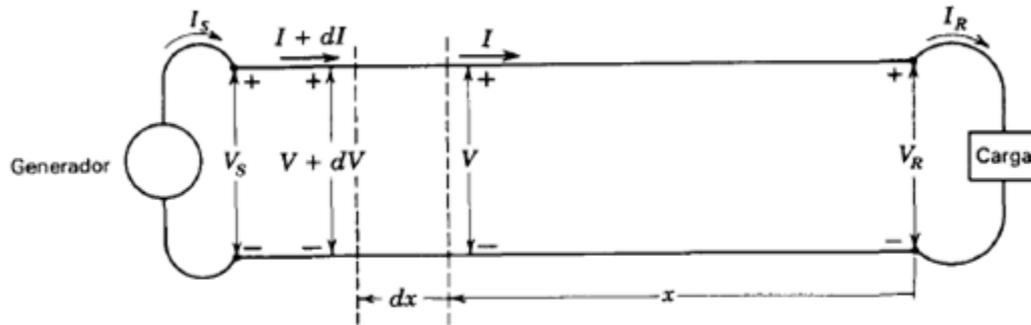
Recopilación: Grupo Investigador

1.2.2.3. Línea de Transmisión Larga

Gross, Charles A. (1984). Análisis de sistemas de potencia: Considera a las líneas de transmisión superiores a los 240 km de longitud, se representa de igual forma que la línea media, con la diferencia que sus parámetros deben considerarse en forma distribuida a lo largo de toda la línea, la diferencia entre parámetros concentrados y distribuidos consiste en el caso de parámetros concentrados, al recibir una señal en el punto de entrada del sistema instantáneamente aparece en su punto de salida, mientras que al considerar los parámetros distribuidos la señal se retarda en reflejarse en el punto de salida, esto implica un nuevo modelado de las ecuaciones que considere la longitud apropiada de la línea, de las cuales

existen los métodos por ecuaciones diferenciales y el método Hiperbólico, la Figura 5 muestra un esquema de una línea larga.

FIGURA 5 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN LARGA



Fuente: Grainger, John J. - Stevenson jr, William D. Análisis de sistemas de potencia.
Recopilación: Grupo Investigador

1.3. Parámetros Fundamentales de Líneas de Trasmisión

Las líneas de transmisión son modeladas usando cuatro parámetros que afectan sus características de comportamiento. Estos cuatro parámetros son: resistencia serie, inductancia serie, capacitancia en derivación y conductancia en derivación. Los dos primeros son de fundamental importancia para la realización de estudios eléctricos, sin embargo en algunos estudios es posible omitir los parámetros en derivación, lo que permite simplificar el circuito de manera considerable esto ayuda reduciendo el tiempo en los cálculos.

1.3.1. Resistencia eléctrica

La causa más importante de pérdidas de potencia en líneas eléctricas es la resistencia de los conductores también llamada resistencia efectiva. La resistencia de corriente directa está dada por la Ecuación 1.4

$$R = \rho \frac{L}{A} \Omega \quad \text{Ecuación 1.4}$$

Donde:

ρ Resistividad del conductor

L Longitud

A Área de sección transversal

En corriente alterna varía la resistencia, a medida que aumenta la frecuencia, las diferencias entre la densidad de corriente en las distintas zonas de una sección transversal se hace más notoria. Este fenómeno se conoce como efecto pelicular o efecto skin. Esto produce un aumento de la resistencia efectiva en comparación con la resistencia en corriente continua.

Factores que afectan a la resistencia

- Material y dimensiones del conductor
- Temperatura
- Frecuencia (Efecto skin o pelicular)
- Cercanía a otros conductores (Efecto proximidad)
- Espiralidad
- Intensidad de la corriente en conductores magnéticos

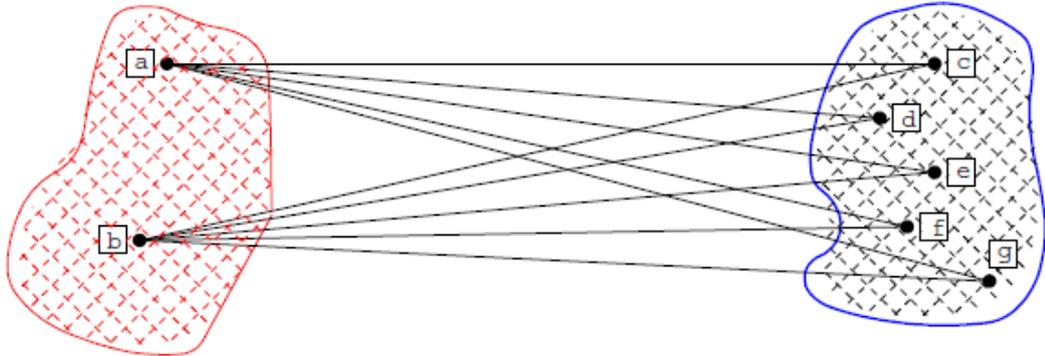
1.3.2. Distancia media geométrica

CARDONA C Leonardo, establece que “Matemáticamente una distancia media geométrica (DMG) entre un grupo de elementos de un conjunto con otro grupo de elementos de otro conjunto, se define como la raíz n-ésima de todas las distancias posibles, entre cada uno de los elementos del primer conjunto con los elementos del segundo conjunto”. Para el caso ilustrado de la Figura 6, la DMG está definida como:

$$DMG = \sqrt[10]{D_{ac} D_{ad} D_{ae} D_{af} D_{ag} D_{bc} D_{bd} D_{be} D_{bf} D_{bg}} \quad \text{Ecuación 1.5}$$

En la Figura 6, se observan las distancias posibles entre un conjunto de 2 elementos y otro conjunto de 5 elementos. La distancia media geométrica será la distancia que hay entre el conductor A hacia cada uno de los sub-conductores de la fase

FIGURA 6 DISTANCIAS POSIBLES ENTRE CONJUNTOS DE 2 Y 5 ELEMENTOS

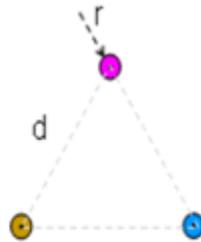


Fuente: CARDONA C. Leonardo, Modelación de Redes de transmisión eléctrica. Colombia 2004
Recopilación: Grupo Investigador

1.3.3. Inductancia

La inductancia en una línea de transmisión se origina por la corriente que circula por este conductor y la corriente que circula por los conductores cercanos al mismo.

FIGURA 7 INDUCTANCIA LÍNEA SIMPLE SIMÉTRICA EN TRIÁNGULO EQUILÁTERO



Fuente: <http://www.tuveras.com/lineas/parametros/parametros.htm#inductancia>
Recopilación: Grupo Investigador

Para el cálculo de la inductancia por fase de líneas trifásicas se resume en la Ecuación 1.6

$$L = 2 * 10^{-7} \ln \frac{D_{eq}}{D_s} \quad H m \quad \text{Ecuación 1.6}$$

La reactancia inductiva en ohm por kilómetro a 60 Hz se encuentra multiplicando el valor de la inductancia, en henrios por metro, por $2\pi \times (\text{frecuencia}) \times 1000$ y se refleja en la Ecuación 1.7 y Ecuación 1.8 para una frecuencia de 60 Hz

$$X_L = 0.0754 \ln \frac{D_{eq}}{D_s} \quad \Omega km \quad \text{Ecuación 1.7}$$

$$X_L = 0.1213 \ln \frac{D_{eq}}{D_s} \quad \Omega milla \quad \text{Ecuación 1.8}$$

Donde D_{eq} corresponde a la distancia media geométrica y si la línea tiene un conductor por fase, D_s se obtiene directamente de las tablas.

Para líneas de un solo conductor por fase o de conductores agrupados la DMG resulta de aplicar la Ecuación 1.9

$$D_{eq} = \sqrt[3]{D_{ab} D_{bc} D_{ca}} \quad \text{Ecuación 1.9}$$

Para líneas de conductores agrupados, $D_{ab} D_{bc} D_{ca}$ son las distancias entre los centros de los agrupamientos de las fases a, b y c.

1.3.4. Capacitancia

Los conductores de una línea eléctrica, aislados entre si y tierra son, desde el punto de vista eléctrico, equivalentes a las armaduras de un condensador y cuando están a potenciales distintos, toman una carga eléctrica dependiente de los valores relativos de dichos potenciales, entre si y respecto a tierra. Estos dos fenómenos de capacidad tienen lugar simultáneamente y se engloban para el cálculo. La ecuación importante para el cálculo de la capacitancia al neutro de un circuito monofásico de una línea trifásica es la Ecuación 1.10

$$C_n = \frac{2\pi k}{\ln \frac{D_{eq}}{D_{sc}}} \quad F m \quad \text{Ecuación 1.10}$$

D_{sc} Es el radio externo r del conductor para una línea que consiste en un conductor por fase. Para líneas aéreas, k es 8.854×10^{-12} ya que para el aire, k es 1.0.

La reactancia capacitiva en ohm-metro es $\frac{1}{2\pi fC}$, donde C está en faradios por metro. Así, a 60 Hz, así la reactancia capacitiva en Ω km, viene determinada por la Ecuación 1.11 y Ecuación 1.12

$$X_C = 4,77 * 10^4 \ln \frac{D_{eq}}{D_{SC}} \quad \Omega \text{ km} \quad \text{Ecuación 1.11}$$

$$X_C = 2,965 * 10^4 \ln \frac{D_{eq}}{D_{SC}} \quad \Omega \text{ milla} \quad \text{Ecuación 1.12}$$

1.3.5. Conductancia

La conductancia tiene en cuenta las corrientes de fuga tanto de los aisladores que sostienen a las líneas aéreas, como las corrientes de electrones a través del aire (Efecto Corona). La conductancia depende de numerosos factores, entre ellos los climatológicos o medioambientales, que son difíciles de predecir, aparte de no mantenerse constantes a lo largo de toda una línea.

La conductancia representa solo una pequeña participación en el total de los efectos eléctricos de un circuito, y como resulta del todo imposible su cálculo exacto, se desprecia en la mayoría de casos.

1.3.6. Efecto Skin

El efecto skin (pelicular o superficial) es la tendencia que tiene la corriente alterna a concentrarse en la superficie del conductor, producto del efecto de oposición al flujo de corriente al centro del conductor. Mientras que en corriente continua, ésta se distribuye uniformemente en el conductor. Cabe indicar que el efecto Skin se incrementa con la sección del conductor, por su permeabilidad magnética y con la frecuencia. Es por ello, que estos son algunas de las razones del porqué los conductores de las Líneas de Transmisión son cableados.

1.3.7. Efecto corona

El efecto corona se presenta cuando el potencial de un conductor en el aire se eleva hasta valores tales que sobrepasan la rigidez dieléctrica del aire que rodea al

conductor. El efecto corona se manifiesta por luminiscencias o penachos azulados que aparecen alrededor del conductor, más o menos concentrados en las irregularidades de su superficie, la descarga va acompañada de un sonido silbante y de olor de ozono. Si hay humedad apreciable, se produce ácido nitroso.

En las líneas de transmisión, el efecto corona origina pérdidas de energía y, si alcanza cierta importancia, produce corrosiones en los conductores a causa del ácido formado.

1.4. Cargabilidad en Líneas de Transmisión

La Cargabilidad o capacidad de transmisión se define como la cantidad máxima de potencia eléctrica que se puede enviar a través de una línea de transmisión manteniendo sus condiciones normales de operación.

Los indicadores fundamentales de la cargabilidad se pueden mencionar:

- Capacidad térmica.
- Caída de voltaje
- Margen de estabilidad en estado estable.

1.4.1. Limitación Térmica

La Capacidad térmica está determinado por la máxima temperatura del conductor que conforma la línea de transmisión, afectando la flecha entre torres y la pérdida de la tensión mecánica debido al recocimiento que puede sufrir si la temperatura es muy alta.

La temperatura del conductor depende de la magnitud de la corriente y de su duración sin embargo se debe tomar en cuenta la temperatura ambiente, velocidad del viento y las condiciones físicas de la superficie del conductor.

El exceso de temperatura en el conductor puede ocasionar daños como reducir la distancia a tierra permisible o exceder el límite de elasticidad del mismo.

1.4.2. Caída de Voltaje

En sistemas eléctricos longitudinales la caída de voltaje es de suma importancia, ya que un bajo voltaje ocasiona daños a los equipos eléctricos conectados. En un diseño correcto se espera un margen menor en la caída de voltaje.

1.4.3. Margen de estabilidad de estado estable

La limitación de estabilidad se refiere al margen existente entre la potencia máxima y la potencia de operación permisible y se lo selecciona para proporcionar un funcionamiento estable del sistema ante una variedad de contingencias las cuales pueden provocar cambios de carga permanentes y transitorios

Estos cambios pueden ser provocados debido a maniobras de apertura y cierre de líneas y transformadores, cambios de despacho de generación. Además existen fallas en la red que ocasionan la apertura de una línea. Generalmente se utiliza un margen del 35 %.

1.5. Subestaciones Eléctricas.

Enríquez Harper (2002), indica que “Una subestación eléctrica es un conjunto de máquinas, aparatos y circuitos que tiene la función de modificar los parámetros de la potencia eléctrica (voltaje y corriente) y de proveer un medio de interconexión y despacho entre las diferentes líneas de un sistema”.

El elemento principal de una subestación eléctrica, lo constituye el transformador, el cual es el encargado de cambiar los parámetros eléctricos de voltaje y corriente, se puede citar la siguiente clasificación de acuerdo a la función que desempeñan:

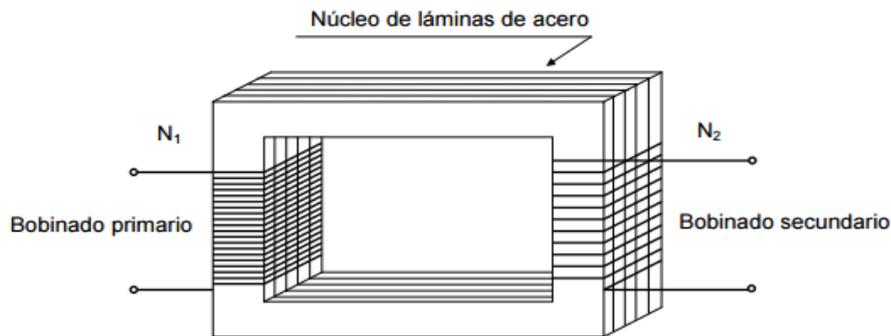
- Subestaciones variadoras de voltaje.
- Subestaciones de maniobra o seccionadoras de circuito.
- Subestaciones mixtas Asimismo, pueden agruparse de acuerdo con la potencia y voltaje que operan en:

Subestaciones de transmisión. Operan en intervalos de voltaje desde 230 kV, 400 kV y mayores.

Subestaciones de subtransmisión. Operan en intervalos de voltaje desde 69 kV hasta 161 kV.

En la Figura 8 se muestra el transformador, el cual está formado por un núcleo compuesto por láminas de hierro y dos bobinados, primario y secundario.

FIGURA 8 ESQUEMA DE UN TRANSFORMADOR

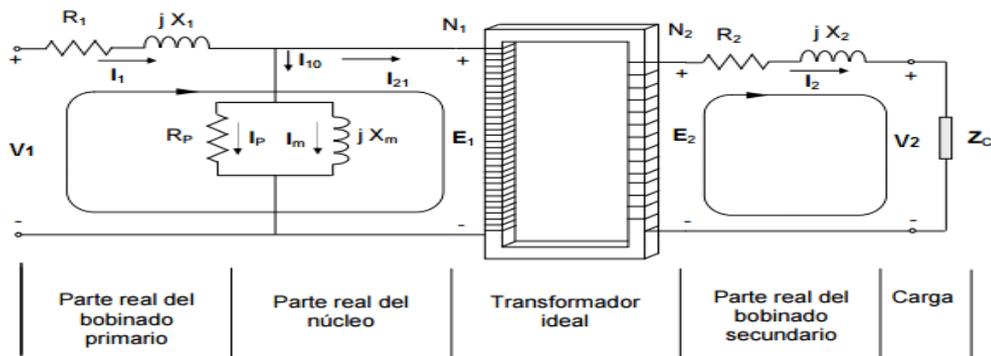


Fuente: http://www4.frba.utn.edu.ar/html/Electrica/archivos/electrotecnica_y_maquinas_electricas/apuntes/7_transformador.pdf

Recopilación: Grupo Investigador

En la Figura 9 se puede analizar el transformador reemplazando las partes del transformador por resistencias y reactancias concentradas para un correcto modelado.

FIGURA 9 CIRCUITO EQUIVALENTE DE UN TRANSFORMADOR



Fuente: http://www4.frba.utn.edu.ar/html/Electrica/archivos/electrotecnica_y_maquinas_electricas/apuntes/7_transformador.pdf

Recopilación: Grupo Investigador

1.6. Cocinas de Inducción

Es un tipo de cocina vitrocerámica, la cual, mediante un campo electromagnético, calienta directamente el recipiente en vez de valerse del calor radiante utilizando resistencias. Estas cocinas utilizan un campo magnético alternante que magnetiza el material ferromagnético del recipiente en un sentido y en otro. Este proceso tiene menos pérdidas de energía, el material se agita magnéticamente, la energía absorbida se desprende en forma de calor, calentando el recipiente. Los recipientes deben contener un material ferromagnético al menos en la base, por lo que los de aluminio, terracota, cerámica, vidrio o cobre no son utilizables con este tipo de cocinas.

Actualmente el costo de la tecnología de inducción duplica al de una cocina tradicional, pero las elevadas prestaciones así como su mayor eficiencia energética la convierten en una inversión atractiva. El costo de la producción de esta tecnología se centra en la electrónica de potencia necesaria para su funcionamiento.

1.6.1. Incremento de Potencia en un Sistema Eléctrico

Para la inclusión de las cocinas de inducción en un Sistema Eléctrico, se debe tener en cuenta el número de cocinas instaladas en el sistema de potencia y la potencia de la misma, así como, la curva de carga que se presenta en el sistema eléctrico.

El presente método de cálculo para el incremento de potencia debido a las cocinas de inducción, se aplica a los alimentadores de una subestación, tomando en cuenta el número de usuarios que utilizarán la cocina, la potencia del equipo y el factor de coincidencia.

Además se debe tomar en cuenta la hora del pico máximo de la curva de carga y la hora de máxima incidencia de las cocinas de inducción.

El National Electrical Code, en el artículo 220 Branch-Circuit, Feeder, and Service Calculations, en la Tabla 220.5 de dicho Artículo, Indicada en los Anexos.

Establece que una cocina de inducción menor a 4 kW, tiene un factor de demanda de 80%, por lo tanto, para las cocinas de 4 kW resulta una demanda individual de 3,2 kW.

El factor de coincidencia para los usuarios residenciales por alimentador se establece a través de un procedimiento basado en la metodología desarrollada por la Westinghouse, donde se determina el factor de coincidencia de cada alimentador de acuerdo al número de usuarios residenciales presentes por alimentador.

FIGURA 10 DEMANDA MÁXIMA DIVERSIFICADA PROMEDIO POR USUARIO

Load Characteristics

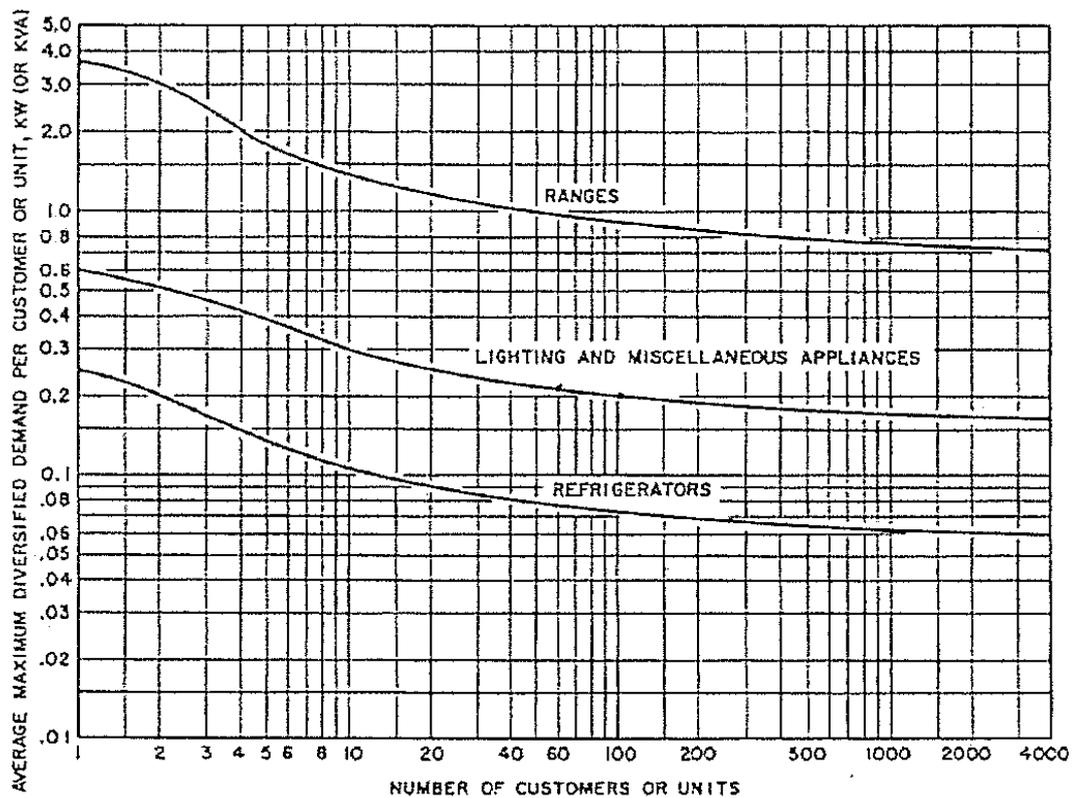


Fig. 7—Basic Diversified Demand Characteristics as Given in Reference 6.

Fuente: El National Electrical Code

Recopilación: Grupo Investigador

En la curva de la Figura 10. Muestra La demanda máxima diversificada promedio por número de usuarios, de diferentes equipos, para diagnosticar la demanda de un alimentador sin la implementación de las cocinas de inducción, se utilizará la

curva de iluminación y artefactos misceláneos (lighting and miscellaneous appliances).

De la curva de la Figura 10. Relaciona la demanda correspondiente al número de usuarios del alimentador con la demanda correspondiente a un usuario para obtener el factor de coincidencia que se debe aplicar en el alimentador analizado. Se debe tener en cuenta que a partir de los 4000 usuarios se tiene una curva asintótica, es decir la variación del factor de coincidencia va a ser despreciable con el incremento del número de usuarios en el alimentador.

Empleando el análisis para la demanda individual de las cocinas de inducción y el factor de coincidencia indicado anteriormente, se determina la demanda que se debe incrementar debido a las cocinas de inducción de la siguiente manera:

- Para el incremento en el pico del medio día, se debe añadir a la demanda sin cocción del alimentador correspondiente al medio día, la incidencia de las cocinas, cuyo valor se obtiene al multiplicar la demanda individual de las cocinas de inducción 3,2 kW con un factor de potencia 0,95 por el número de usuarios y afectado por el factor de coincidencia correspondiente al número de cocinas que se incorporarán.
- Para el incremento en el pico de la noche, se debe añadir a la demanda sin cocción del alimentador correspondiente a la noche el 60% de la incidencia calculada para el medio día.

Con este procedimiento se tiene dos escenarios, al medio día y la noche, lo que implica que el pico de demanda máxima puede aparecer en cualquiera de estos escenarios.

1.7. Flujos De Potencia

Los estudios de flujos de potencia son de gran importancia en la planeación y diseño de la expansión futura de los sistemas eléctricos de potencia, así como también en la determinación de las mejores condiciones de operación de los sistemas existentes.

La información que se obtiene de los flujos de potencia es la magnitud y el ángulo del voltaje en cada barra y las potencias real y reactiva que fluyen en cada línea. Esto se debe a que el análisis nodal común o de mallas, no es adecuado para estudios de flujo de potencia por que los datos de entrada para las cargas por lo general se dan en términos de potencia, no de impedancia. Asimismo, se considera a los generadores como fuentes de potencia, no fuentes de voltaje o corriente.

El problema de flujos de potencia se formula como un conjunto de ecuaciones algebraicas no lineales adecuado para resolverlo por computadora, debido a la complejidad matemática de estas ecuaciones. Los programas para resolver los flujos de potencia calculan la magnitud y ángulo del voltaje en cada barra, además permiten calcular los flujos de potencia real y reactiva para los equipos que interconectan las barras, así como las pérdidas de los equipos. Son de interés tanto los elementos de sistema de potencia existente como los cambios propuestos, incluyendo nueva generación y transmisión para satisfacer el crecimiento de la carga proyectada.

1.8. Powerworld Simulator

El Manual del Usuario de POWERWORLD, establece que: el programa de simulación por computadora de sistemas eléctricos de potencia permite realizar distintos tipos de análisis, entre los cuales se encuentran: flujos de carga, flujo de potencia óptimo, fallas por cortocircuito, estabilidad, despacho económico, entre otros.

Trabaja en un ambiente gráfico e interactivo con el usuario y está destinado a labores de ingeniería, personal técnico y para fines académicos en el análisis de sistemas de potencia.

El programa está dirigido principalmente a sistemas de potencia interconectados, ya que permite trabajar por áreas y zonas. Está estructurado en una serie de módulos interrelacionados entre sí a través del módulo principal de cálculo de cargas.

1.9. Proyección de Demanda

RAMÍREZ CASTAÑO (2005): Establece que la tasa de crecimiento de la demanda “Es uno de los parámetros de diseño cuya determinación requiere el máximo cuidado a fin de evitar la subestimación y la sobrestimación de las demandas futuras. La tasa de crecimiento de la demanda en redes de distribución es diferente para cada clase de consumo, es evidente que el aumento de la demanda máxima individual, que es el criterio de diseño, es mayor para una zona de consumo bajo que para una zona de consumo medio o alto”

El crecimiento de demanda puede deberse a los siguientes parámetros:

- El crecimiento demográfico.
- El incremento de consumo por mejoramiento del nivel de vida.
- El desarrollo industrial, industrial artesanal, comercial, agropecuario y turístico, entre otros.
- El posible represamiento de la demanda debido al mal servicio prestado anteriormente.

Se concluye que la proyección de la demanda de energía eléctrica es un procedimiento sistemático que define cuantitativamente la demanda futura, esta información debe ser lo más exacta posible ya que constituye una información de vital importancia para el funcionamiento futuro del Sistema Eléctrico. Se debe tener en cuenta nuevas centrales de generación, subestaciones y redes de transmisión asociadas para satisfacer la carga futura.

García, D. & Cabrera, A. (2003). Establecen que: “El pronóstico de la demanda de potencia o carga es fundamental en cualquier problema de toma de decisiones sobre un sistema eléctrico, por tanto, es una de las actividades básicas en la planificación. La proyección de la demanda puede referirse a la potencia pico, energía total demandada o el comportamiento de la curva.”

Al diseñar un sistema de distribución eléctrica, el cual toma en consideración el dimensionamiento de subestaciones, alimentadores primarios, transformadores de

distribución, acometidas medidores, los cuales abastecerán de energía eléctrica a una determinada área, es ineludible realizar proyecciones de demanda en el área de influencia, teniendo en cuenta la existencia de numerosos datos estadísticos que permiten aplicar criterios de extrapolación.

1.9.1. Proyección lineal

El modelo gráfico más sencillo es una línea recta, la cual relaciona una variable dependiente con una independiente, este método obedece a la Ecuación 1.13 es:

$$Y = b_0 + bX + e \quad \text{Ecuación 1.13}$$

Donde:

b_0 : Intersección en eje Y cuando $X=0$

b : pendiente de la recta, cambio en Y al incrementar X

e : diferencia entre valor real y valor estimado

1.9.2. Proyección Logarítmica

Las relaciones que siguen una expresión logarítmica obedecen la ecuación

$$y = b + a \ln(x) \quad \text{Ecuación 1.14}$$

Es muy utilizada cuando la relación aumenta o disminuye rápidamente y luego se estabiliza

1.9.3. Proyección Exponencial

Este tipo de proyección obedece a la Ecuación 1.14

$$Y = ae^{bx} \quad \text{Ecuación 1.15}$$

Linealizando esta expresión aplicando logaritmos a la ecuación 1.15

$$\ln(y) = \ln(a) + bx \quad \text{Ecuación 1.16}$$

Se opera con estas aproximaciones similares a una proyección lineal $\ln(y) = y$ y $\ln(a) = a$

$$Y' = a' + bX \quad \text{Ecuación 1.17}$$

1.9.4. Proyección potencial

Para esta proyección se utiliza la siguiente Ecuación 1.17

$$Y = aX^b \quad \text{Ecuación 1.18}$$

Aplicando logaritmos ambos lados de la Ecuación 1.16

$$\log(Y) = b \log(x) + \log(a) \quad \text{Ecuación 1.19}$$

Donde

b= pendiente de la recta

log(a)= coeficiente de posición de la recta

1.10. Prorrateo

- Reparto proporcional de una cantidad.
- Es la base para la asignación de un importe de manera proporcional y equitativa a cada departamento.
- Distribución y redistribución de los Gastos Indirectos de Producción en cada departamento.

1.10.1. Prorrateo Primario.

Consiste en distribuir y acumular los cargos indirectos primariamente entre los centros de producción y de servicios existentes.

También podemos decir que es, la aplicación de los gastos indirectos de producción a cada departamento conociéndose al final del periodo los gastos del departamento que mayor servicio ha otorgado

Para realizar el prorrateo primario es necesario utilizar una base de distribución y aplicar la fórmula siguiente:

Cargo indirecto/ base seleccionada = factor de distribución.

Entre las Bases de aplicación más conocidas para llevar acabo el Prorrateo Primario de los gastos indirectos de fabricación.

1.10.2. Prorrateo Secundario

Consiste en redistribuir los cargos indirectos acumulados en los centros de servicio a los diferentes centros de producción.

Se realiza también a través de bases de distribución, empezando por los costos de los centros de mayor servicio proporciona a otros centros de producción, es decir, de los más generales a los menos generales, hasta los cargos indirectos queden acumulados en los centros productivos únicamente.

Esta operación contable tiene como finalidad hacer una derrama interdepartamental, empezando a repartir los gastos del departamento que mayor servicio proporcione, o sea, el que sirve a más departamentos, tomando como base el servicio recibido por los demás departamentos.

1.11. Términos Básicos

1.11.1. Demanda o carga máxima.

Corresponde a la carga mayor que se presenta en un sistema o instalación en un período de trabajo previamente establecido. Para establecer la demanda máxima se debe especificar el intervalo de demanda para medirla.

La carga puede expresarse en p.u de la carga pico del sistema. 10 a 25 minutos

1.11.2. Demanda diversificada o coincidente.

Es la suma de varias cargas en un momento determinado. Se considera el mismo intervalo de tiempo. 10 a 25 minutos.

Su valor se determinan mediante la Ecuación 1.20

$$D_{DIV} = \sum_{i=1}^n D_i * t_i \quad \text{Ecuación 1.20}$$

Dónde:

D_i = Demanda de energía eléctrica del usuario

t_i = Periodo en que se registra la demanda

i = Número de usuarios

1.11.3. Demanda máxima no coincidente.

Es la suma de la demanda máxima de cada usuario sin importar que ocurran o no al mismo tiempo. 10 a 25 minutos

1.11.4. Curvas de carga diaria.

Las curvas de carga diaria están formadas por los picos obtenidos en intervalos de una hora para cada hora del día. Las curvas de carga diaria dan una indicación de las características de la carga en el sistema, para el sector residencial, comercial o industrial y de la forma en que se combinan para producir el pico.

1.11.5. Curvas de carga anual.

Las curvas de carga anual están formadas por los valores de la demanda a la hora pico en cada mes, permiten una visualización de los crecimientos y variaciones de los picos mensuales y anuales. El análisis de las causas de estas variaciones debe conducir a conclusiones prácticas sobre el comportamiento del sistema y los factores que lo afectan.

1.11.6. Factor de demanda

El factor de demanda en un intervalo de tiempo t , de una carga, es la razón entre la D_{max} y la carga total instalada. El factor de demanda por lo general es menor que 1. En el caso de máquinas eléctricas recibe el nombre de factor de uso o de utilización. 10 a 25 minutos y está definida por la Ecuación 1.21

$$F_{Dem} = \frac{D_{max}}{\text{carga instalada}} \leq 1 \quad \text{Ecuación 1.21}$$

1.11.7. Factor de carga

Es la razón entre la D_{prom} en un intervalo de tiempo dado y la D_{max} observada en el mismo intervalo de tiempo. 10 a 25 minutos.

Se calcula mediante la Ecuación 1.22

$$FC = \frac{D_{prom}}{D_{max}} \quad \text{Ecuación 1.22}$$

$$0 < FC \leq 1 \quad \text{Ecuación 1.23}$$

1.11.8. Factor diversidad

Es la razón entre la sumatoria de las demandas máximas individuales y la demanda máxima del conjunto o grupo de usuarios (llamada también demanda máxima coincidente). 25 minutos.

Se define mediante la Ecuación 1.24

$$F_{div} = \frac{\sum D_{max\ individuales}}{D_{max\ individuales}} = \frac{D_{max\ no\ coincidente}}{D_{max\ coincidente}} \quad \text{Ecuación 1.24}$$

1.11.9. Factor de coincidencia

Es la relación entre la demanda máxima coincidente de un grupo de consumidores y la suma de las demandas de potencia máxima de consumidores individuales que conforman el grupo, ambos tomados en el mismo punto de alimentación para el mismo tiempo. 25 minutos, determinada con la Ecuación 1.25

$$F_{co} = \frac{D_{max\ coincidente}}{\sum D_{max\ individual}} = \frac{D_{max\ coincidente}}{D_{max\ no\ coincidente}} \quad \text{Ecuación 1.25}$$

CAPÍTULO II

2.1. Entorno del Lugar de Investigación

2.1.1. Antecedentes Históricos

Según los estatutos de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi (2014), establece que ELEPCO S.A, se formó primeramente como Sistema Eléctrico Latacunga (SEL), el 11 de abril de 1909, dotando del servicio exclusivamente a clientes residenciales de las calles céntricas de la ciudad y alumbrado público. En 1925 se inaugura una Central Hidráulica de 300 KW, en el Río Yanayacu.

Con el crecimiento de la demanda eléctrica, en 1951 se inaugura la primera etapa de dos Grupos Generadores Hidroeléctricos de 700 kW cada uno. En la segunda etapa se instaló el tercer grupo, 1400 kW, operando desde en 1955. En 1967 entró en operación la Central Illuchi N° 2 con 1400 kW. Los caudales de agua utilizadas correspondían a las lagunas de Piscacocha y Salayambo, y las captaciones de las acequias ramales, Ashpacocha y Dragones. Con las nuevas centrales se cambió el sistema de distribución a 6.300 V. y el servicio eléctrico se extendió a las zonas rurales, es decir, a las parroquias de Aláquez, Joseguango, Guaytacama, Mulaló, Tanicuchí, Toacazo, Pastocalle, a 29 recintos y caseríos; además se vendía en bloque a los municipios de Pujilí y Saquisilí.

Posteriormente el 2 de mayo de 1975 el Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL) se hace cargo de la administración de la energía eléctrica de Cotopaxi, fundándose así el Sistema Eléctrico Latacunga (S.E.L.).

En mayo de 1977 el S.E.L, se interconecta al Sistema Nacional mediante la S/E San Rafael y una línea de 69 kV, construida desde Ambato. Al disponer de energía suficiente, el S.E.L, inicia una ampliación de su sistema de distribución, dotando de energía a varias fábricas antiguas y nuevas en la vía a Lasso. A la vez se da inicio a la integración de los cantones Salcedo, Saquisilí y Pujilí.

En mayo de 1979 se integra al SEL el cantón Salcedo, posteriormente en junio de 1980 se integra el cantón Pujilí y finalmente en marzo de 1982 se integra el cantón Saquisilí.

El 25 de noviembre de 1983 cambia su denominación de Sistema Eléctrico Latacunga a "EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL DE COTOPAXI S.A, ELEPCO S.A ", mediante escritura pública de constitución de la compañía anónima.

El 1 de febrero de 1984 entra en funcionamiento la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A, siendo sus Accionistas INECEL y los Municipios de Latacunga, Saquisilí, Salcedo y Pujilí.

En marzo de 1987 se realiza la construcción de la ampliación de las Centrales Hidráulicas Illuchi N° 2, con el financiamiento proveniente del INECEL y fondos propios de la empresa. Esta ampliación tiene 5200 kW divididos en dos grupos, inició su funcionamiento en diciembre de 1987.

La Junta General de Accionistas en sesión extraordinaria del 29 de diciembre de 1994, aprobó la incorporación del H. Consejo Provincial de Cotopaxi y de la Ilustre Municipalidad de Pangua como accionistas de ELEPCO S.A

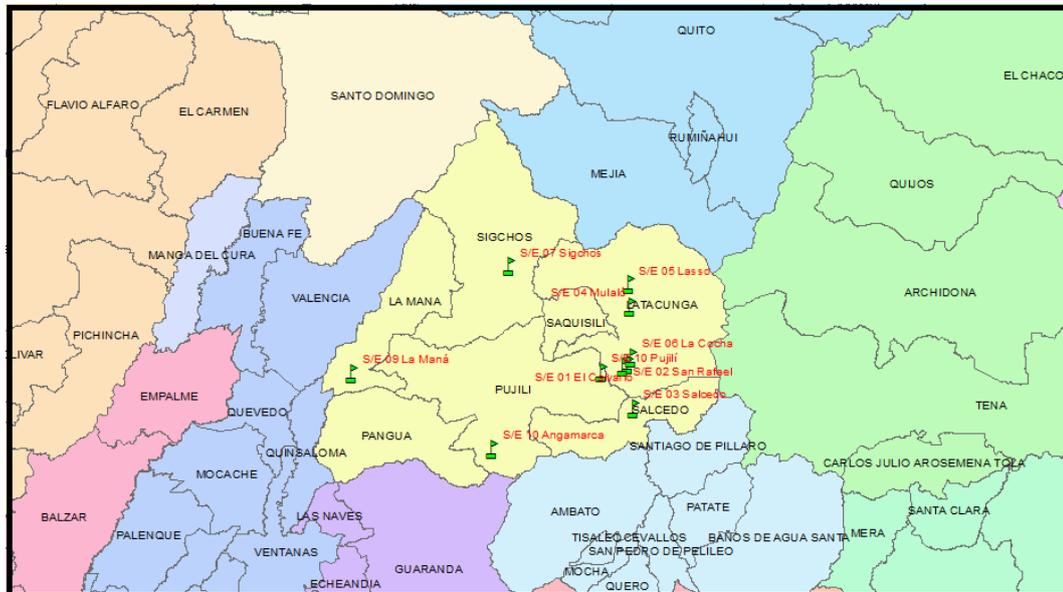
2.1.2. Descripción del sistema actual de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi "ELEPCO S.A."

2.1.2.1. Área de Concesión

Con el fin de dar cumplimiento a la Ley de Régimen del Sector Eléctrico y en una reunión con todas las Empresas Eléctricas del País se fijaron los límites de áreas de concesión y en el mes de Octubre de 1998 en las oficinas del Consejo Nacional

de Electricidad ARCONEL, organismo rector del sector energético se firmó el acta de Límites de ELEPCO S.A, del área de concesión tal como se indica en la Figura 11.

FIGURA 11 ÁREA DE CONCESIÓN ELEPCO S.A



Fuente: Departamento de Planificación ELEPCO S.A.
Recopilación: Grupo Investigador

2.1.2.2. Generación Local

El parque generador de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi está conformada por cinco Centrales Hidroeléctricas: Illuchi 1 e Illuchi 2, ubicadas en el Cantón Latacunga, Catazacón ubicado en el Cantón Pangua, El Estado en la parroquia el Tingo y Angamarca situado en el sector del Shuyo, estas dos últimas pertenecen al Cantón Pujilí.

La capacidad instalada disponible de las cinco centrales para la generación de energía eléctrica es de 15,24 MVA.

Las centrales que mayor aportan son las Illuchi 1 e Illuchi 2 con capacidades de 5,24 MVA y 6,5 MVA respectivamente.

Las centrales con menor aporte se encuentran en el sector occidental de la Provincia, cada una con las siguientes capacidades: central El Estado con 2,125 MVA, central Catazacón con 1,0 MVA y la central Angamarca con 0,375 MVA.

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

En la Tabla 1 se muestran las características de las centrales de generación de ELEPCO S.A.

TABLA 1 GENERACIÓN HIDRÁULICA PROPIA DE ELEPCO S.A.

CENTRAL	ILLUCHI 1	ILLUCHI 2	EL ESTADO	CATAZACÓN	ANGAMARCA
CAPACIDAD (KVA)	5244	6500	2125	1000	375
VOLTAJE (V)	2400	2400	4160	440	4160
FRECUENCIA(HZ)	60	60	60	60	60
FP	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
N° DE GRUPO	4	4	2	2	2
AÑO ENT. SERVICIO	1951	1979	1986	1991	1994
OBSERVACIONES	Inter. al sistema	Inter. al sistema	Inter. Al sistema	Inter. al sistema	Aislado del sistema

FUENTE: Dirección de Generación ELEPCO S.A.

Recopilación: Grupo Investigador

2.1.3. Líneas de Subtransmisión ELEPCO S.A.

El sistema de Subtransmisión de ELEPCO S.A. permite transportar energía eléctrica desde sus fuentes de suministro (centrales de generación y nodos SNI) hasta sus centros de carga o subestaciones, mediante líneas de Subtransmisión con niveles de voltaje a 69 kV, 22 kV, y 13,8 kV, en esquema eléctrico radial.

El sistema de Subtransmisión cuenta con tres zonas perfectamente definidas que se interconectan de la siguiente manera: en la zona A, comprenden las subestaciones San Rafael, La Cocha, El Calvario, Pujilí, Mulaló, Lasso, Sigchos y Novacero, en la zona B, luego de la apertura de la línea en el sector de San Rafael, se continúa con la interconexión de las subestaciones Holcim, Salcedo, Fairis, y por último, la zona C al occidente de la provincia. La subestación La Maná también se conecta radialmente a la S/E Quevedo.

La línea de Subtransmisión Ambato Salcedo utiliza torres, así como también las líneas que van desde Mulaló hacia La Cocha, San Rafael y Pujilí. La línea que une Lasso y Sigchos está formada por torres y postes de hormigón según sea la condición del terreno. Para transportar energía desde las centrales de generación Illuchi 1 e Illuchi 2, se utiliza postes de hormigón. En la zona Occidental, el sistema de Subtransmisión está constituido por torres en su totalidad.

Para las nuevas demandas privadas como el caso del Centro de Rehabilitación, Familia Sancela y Novacero se utiliza postes de hormigón para el primer caso y torres de Subtransmisión para los casos restantes.

En la Figura 12 se muestran una torre de la línea Ambato Salcedo, y una estructura en poste de la línea Mulaló Lasso

FIGURA 12 TORRE Y POSTE UTILIZADOS EN LAS LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN DE ELEPCO S.A.



Fuente: Trabajo de campo
Recopilación: Grupo Investigador

Las estructuras son de vital importancia para determinar características de la línea necesarias para el modelamiento de la misma.

El sistema de Subtransmisión cuenta con varios niveles de voltaje 13,8 kV, 22 kV y 69 kV, con distancias relativamente cortas. A continuación se detallan estos valores en la Tabla 2.

TABLA 2 LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN DE ELEPCO S.A

Línea	Salida	Llegada	Distancia (km)	Tipo	CALIBRE (mcm ó awg)	Voltaje (kV)
1	S/E Ambato	S/E Fairis	13,37	ACSR	300	69
2	S/E Fairis	S/E Salcedo	10,21	ACSR	300	69
3	S/E Salcedo	Deriv San Juan	9,66	ACSR	300	69
4	Deriv San Juan	S/E Holcim	0,7	ACSR	300	69
5	Deriv San Juan	S/E San Rafael	1,45	ACSR	300	69
6	S/E San Rafael	S/E Pujilí	6,98	ACSR	266,8	69
7	S/E San Rafael	Deriv Rehab	6	ACSR	266,8	69
8	Deriv Rehabilitación	S/E Centro Rehab	2,282	ACSR	4/0	69
9	Deriv Rehabilitación	Deriv Laygua	4,44	ACSR	266,8	69
10	Deriv Laygua	S/E La Cocha	6,34	ACSR	266,8	69
11	S/E La Cocha	S/E El Calvario	2,32	ACSR	3/0	13,8
12	Deriv Laygua	S/E Mulaló	7,87	ACSR	266,8	69
13	S/E Mulaló	Deriv Familia	4,27	ACSR	266,8	69
14	Deriv Familia	S/E Familia	1	ACSR	300	69
15	Deriv Familia	S/E Lasso	2,22	ACSR	266,8	69
16	S/E Lasso	S/E Sigchos	33,8	ACSR	266,8	69
17	Illuchi 1	El Calvario	9,45	Cu	2	22
18	Illuchi 2	El Calvario	7,49	ACSR	477	13,8
19	S/E Quevedo	S/E Calope	29,716	ACSR	477	69
20	S/E La Mana	S/E Calope	5,5	ACSR	266,8	69
21	S/E El Estado	Carga Guayacán	21,2	ACSR	3/0	13,8
22	S/E La Maná	Carga Guayacán	20,12	ACSR	3/0	13,8
23	S/E La Maná	S/E Catzacón	37,94	ACSR	3/0	13,8

FUENTE: Dirección de Planificación ELEPCO S.A.

Recopilación: Grupo Investigador

2.1.4. Subestaciones de ELEPCO S.A

ELEPCO S.A. cuenta en la actualidad con nueve subestaciones a 69 kV, y cinco subestaciones de elevación ubicadas en las centrales de generación, como se muestra en la Tabla 3, cuya disposición básica es de barra simple para todos los niveles de voltaje.

TABLA 3 SUBESTACIONES DE ELEPCO S.A

SUBESTACIÓN	TIPO	VOLTAJE (kV)	CONEXIÓN	CAPACIDAD (MVA)	SISTEMA ELÉCTRICO
S/E SALCEDO	R	69,0/13,8	Dy1	10,0	Subtransmisión
S/E SAN RAFAEL	R	69,0/13,8	Dy1	10/13,0	Subtransmisión
S/E PUJILÍ	R	69,0/13,8	Dy1	5	Subtransmisión
S/E EL CALVARIO	R	23,0/13,8	Dy1 t	4/5,2	Subtransmisión
S/E LA COCHA	R	69,0/13,8	Dy1	10/12,5	Subtransmisión
S/E LA MANÁ	R	69,0/13,8	Dy1	10/12,5	Subtransmisión
S/E LASSO	R	69,0/13,8	Dy1	20	Subtransmisión
S/E MULALO	R	69,0/13,8	Dy1	10/12,5	Subtransmisión
S/E SIGCHOS	R	69,0/13,8	Dy1	5,0	Subtransmisión
ILLUCHI 1	E	2,4/22,0	Dy1	3x1,75	Subtransmisión
ILLUCHI 2	E	2,4/13,8	Dy1	6,5	Subtransmisión
S/E EL ESTADO	E	4,16/13,8	Dy	2,5	Distribución
S/E CATAZACON	E	0,44/13,8	yd5	1,0	Distribución
S/E ANGAMARCA	E	4,16/13,8	Ynd11	0,375	Distribución

Fuente: Jefatura de Subestaciones ELEPCO S.A.

Recopilación: Grupo Investigador

2.1.5. Demanda Máxima ELEPCO S.A. actual

El análisis del sistema actual, debe plasmar las condiciones operativas del sistema, de la tal manera que reflejen los principales centros de demanda, las falencias en líneas y transformadores, las pérdidas en el sistema y partir de este resultado para proyectar el sistema a futuro. Es Así que se considera como escenario del presente proyecto, el día 24 de junio del 2014, a las 19:30 en el que se registra la máxima demanda del sistema, como se muestra en la Tabla 4.

Además gracias a los registros obtenidos en la Tabla 4, se ha elaborado el perfil de la curva de carga del año 2014 como se indica en la Figura 13, valores que se han ingresado como datos de carga para el análisis del año base.

Es de vital importancia señalar que las demandas descritas, no incluye a Novacero, ya que este gran consumidor, se alimenta a través de una línea de transmisión a 138 kV con una subestación propia. Razón por la cual se excluye

del análisis presentado en este trabajo. Contemplando así únicamente el sistema a 69 kV. Y alimentadores a 13,8 kV.

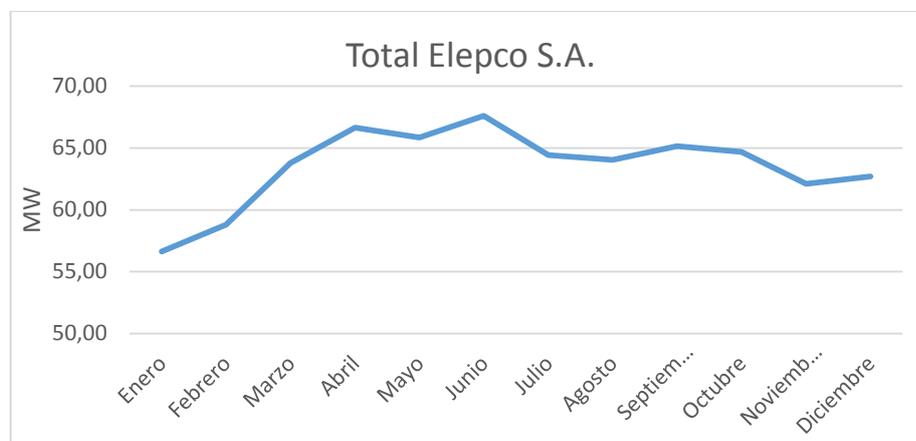
TABLA 4 DEMANDA DE POTENCIA ACTIVA EN MW DE LAS SUBESTACIONES.

Mes	Calvario MW	La Cocha MW	Lasso MW	Mulaló MW	Pujilí MW	San Rafael MW	Sigchos MW	Salcedo MW	La Maná MW	Total MW
Ene	8,18	5,17	5,11	7,68	4,36	5,82	0,95	9,52	9,84	56,63
Feb	7,84	5,20	5,19	7,74	4,51	8,50	0,95	9,49	9,39	58,81
Mar	8,28	5,16	13,97	7,24	4,25	7,69	0,97	9,51	6,70	63,78
Abr	8,31	5,36	14,33	7,65	4,38	8,08	0,99	9,75	7,80	66,65
May	8,40	5,43	14,07	7,38	4,26	8,06	0,99	9,74	7,54	65,85
Jun	8,28	5,39	14,15	7,49	4,38	9,31	0,98	9,53	8,11	67,61
Jul	8,24	2,43	14,54	8,06	4,41	9,18	1,00	8,76	7,82	64,42
Ago	8,45	2,39	14,61	7,66	4,35	8,60	0,97	9,21	7,81	64,04
Sep	8,24	2,48	14,44	7,92	4,69	8,91	1,05	9,63	7,79	65,15
Oct	8,41	2,50	14,29	8,10	4,63	8,95	1,04	10,05	6,71	64,69
Nov	8,71	2,49	14,47	7,87	4,53	8,56	1,08	9,67	4,72	62,10
Dic	8,83	2,47	14,47	8,08	4,52	8,67	1,04	9,77	4,84	62,69

Fuente: ELEPCO S.A.

Recopilación: Grupo Investigador

FIGURA 13 CURVA DE CARGA DE LA DEMANDA AL AÑO 2014



Fuente: ELEPCO S.A.

Elaboración: Grupo Investigador.

2.1.6. Conexión con El Sistema Nacional Interconectado (S.N.I)

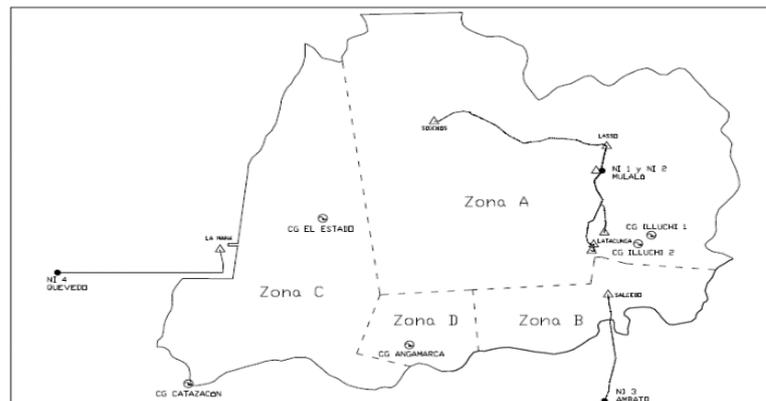
El sistema de Subtransmisión de la ELEPCO S.A, se enlaza al S.N.I a través de tres nodos, uno situado en la subestación Mulaló a 138 kV, otro en la subestación Ambato a 69 kV y el tercer nodo se conecta a la subestación Quevedo a 69 kV, como se observa en la Figura 14.

El nodo de mayor importancia está localizado en la subestación Mulaló por estar situado cerca de la mayor concentración de carga de ELEPCO S.A, abasteciendo a las subestaciones La Cocha, San Rafael, El Calvario, Pujilí, Lasso, Sigchos y Familia Sancela; Mulaló está conectada a la línea de transmisión Pucará-Santa Rosa a un voltaje de 138 kV, y cuenta con un transformador de 50/63 MVA, que reduce el voltaje de los 138 kV, a 69 kV, el mismo que dispone de regulación automática bajo carga.

El siguiente nodo se localiza en la subestación Samanga, el que se encuentra interconectado con la línea de transmisión Pisayambo – Totoras a 138 kV, cuenta con un transformador de 33/44 MVA, que reduce el voltaje de 138 kV a 69 kV y no dispone de regulación automática bajo carga. Abastece de energía a las subestaciones Fairis, Salcedo y Holcim.

El tercer nodo se localiza en la subestación Quevedo, físicamente está instalado en la central de generación Enermax (Calope – La Maná), abasteciendo de energía a la subestación La Maná. Como se observa en la Figura 14.

FIGURA 14 NODOS DEL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO S.N.I QUE ALIMENTAN A ELEPCO S.A.



Fuente: Dirección de Planificación ELEPCO S.A.

Recopilación: Grupo Investigador

2.1.7. Área de Estudio

El presente estudio se limita al análisis de Cargabilidad de la zona centro de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi, la misma que está conformada por la zona A, que abarca las subestaciones San Rafael, La Cocha, El Calvario, Pujilí, Mulaló,

2.2.2. Tipo de Investigación

2.2.2.1. Investigación Documental

Laura Cázares Hernández (2007) menciona en su libro que según: Ya se ha visto (v. supra p.18) que en toda investigación documental, el investigador necesita recurrir a diversas fuentes de información (libros, revistas, periódicos, documentos, etc.). Para poder extraer de ellas ideas o los datos que habrán de respaldar o refutar determinada hipótesis, o que servirán de base para el análisis de un tema específico. Pág. 78

La investigación documental para el presente estudio es de mucha importancia porque podemos recopilar datos técnicos del sistema eléctrico a nivel de Subtransmisión y Distribución los mismos que serán proporcionados por ELEPCOS.A. Información técnica acerca del modelamiento de la red.

2.2.2.2. Investigación Descriptiva

Sánchez Carlessi H. y Reyes Meza C. (2006) dice: la Investigación Descriptiva Tiene como objetivo la descripción precisa del evento de estudio. Este tipo de investigación se asocia con el diagnóstico. El método se basa en la indagación, observación, el registro y la definición.

Se utilizará la investigación descriptiva para conocer la situación actual del sistema y saber qué sucederá con la Cargabilidad del sistema en un futuro debido a la incorporación de las cocinas de inducción.

2.2.2.3. Investigación Explicativa

Sánchez Carlessi H. y Reyes Meza C. (2006) dicen: “la Investigación Explicativa se encarga de buscar, él porque de los hechos, mediante el establecimiento de relaciones causa- efecto, respondiendo a las preguntas por qué y como del evento estudiado. Su método es observación, descripción y comparación”

Este tipo de investigación se lo utilizará para conocer si el incremento de demanda afectará a la Cargabilidad del sistema de Subtransmisión en la zona centro de la ELEPCO S.A.

2.2.2.4. Investigación Proyectiva

Sánchez Carlessi H. y Reyes Meza C dice: Esta investigación intenta proponer soluciones a una situación determinada. Implica explorar, describir, explicar y proponer alternativas de cambio, mas no necesariamente ejecutar la propuesta.

Este tipo de investigación se la utilizara para proponer soluciones que beneficien a la empresa en lo que se refiere a calidad de energía como también a la situación económica por infraestructura por otro lado los usuarios también se verán beneficiados puesto que al tener un sistema confiable y eficaz, significa tener un buen suministro de energía hacia sus hogares.

2.3. Sistema Eléctrico de Potencia Actual Elepco S.A. Zona Centro

Para poder realizar un diagnóstico de cualquier sistema sea de transmisión, Subtransmisión o distribución es importante conocer cómo está funcionando en condiciones actuales y de esta manera se puede partir de datos reales hacia un plan de reforzamiento o expansión.

2.3.1. Levantamiento y toma de datos

Los datos necesarios para la investigación, fueron obtenidos de los diferentes departamentos de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi, ELEPCO S.A.

- Demanda a la cabecera de alimentadores utilizando medidores en medio voltaje ION 7600.
- Diagramas Unifilares de Sistema de Subtransmisión.
- Datos de Placa y Características Técnicas de Equipos de Transformación.
- Información sobre nodos frontera y puntos de interconexión con el Sistema Nacional Interconectado.
- Datos históricos de la empresa

- Impedancias equivalentes del SNI, en los diferentes puntos de intercambio del sistema eléctrico de ELEPCO S.A.
- Registros estadísticos de la demanda eléctrica de ELEPCO S.A.
- Proyecciones de la demanda eléctrica de ELEPCO S.A.
- Costo de equipos y materiales referenciales
- Información del trazado de líneas de subtransmisión, disposición y calibres de conductores.
- Información de las centrales de generación
- Información sobre grandes clientes

2.3.2. Datos Técnicos de la Zona Centro Elepco S.A.

El presente estudio contempla la zona centro de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi, ELEPCO S.A, y en esta zona se encuentran en funcionamiento las centrales de generación Illuchi 1 e Illuchi 2, con las siguientes características técnicas mostradas en la Tabla 5. Cabe indicar que las generadoras descritas se conectan a la Subestación El Calvario.

TABLA 5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS GENERADORES DE ELEPCO S.A. EN LA ZONA CENTRO

Generación	Grupo	X1	X2	X0	Voltaje Generación (V)	kW
Illuchi 1	Generador 1	3,81	3,81	2,86	2400	1653
	Generador 2	3,81	3,81	2,86	2400	1653
	Generador 3	3,81	3,81	2,86	2400	826,5
	Generador 4	3,81	3,81	2,86	2400	826,5
Illuchi 2	Generador 1	3,07	3,07	2,30	2400	3087,5
	Generador 2	3,07	3,07	2,30	2400	3087,5

Fuente: Dirección de Planificación ELEPCO S.A.

Recopilación: Grupo Investigador

Las subestaciones de reducción que se encuentran en operación en la zona centro de ELEPCO S.A, incluyen Salcedo, El Calvario, San Rafael, Mulaló, Lasso, La Cocha, Sigchos y Pujilí, así como subestaciones de elevación que incluyen las correspondientes a Illuchi 1 e Illuchi 2, cada una con las características técnicas mostradas en la Tabla 6.

TABLA 6 DESCRIPCIÓN DE LAS SUBESTACIONES DE ELEPCO S.A. EN LA ZONA CENTRO.

						Base 100 MVA	
Subestación	Potencia MVA	Grupo Conexión	AT (kV)	BT (kV)	Impedancia %	Resistencia	Reactancia
Subestaciones de Reducción							
Salcedo	12,5	Dyn1	69	13,8	6,47	0,1185	0,51
Pujilí	5	Dyn1	69	13,8	6,87	0,185	1,37
San Rafael	10	Dyn1	69	13,8	6,87	0,0426	0,68
La Cocha	12,5	Dyn1	69	13,8	6,44	0,1185	0,51
Mulaló	12,5	Dyn1	69	13,8	7,57	0,0421	0,6
Lasso	13	Dyn1	69	13,8	7,13	0,0423	0,35
Sigchos	6,25	Dyn1	69	13,8	6,9	0,12	1,11
El Calvario	5,2	Dyn1	23	13,8	5,81	0,119	1,4525
Centro de Rehab	3,5	Dyn1	69	13,8	6,87	0,185	1,37
Familia Sancela	10	Dyn1	69	13,8	6,87	0,0426	0,687
Subestaciones de Elevación							
Subestación	Potencia MVA	Grupo Conexión	AT (kV)	BT (kV)	Impedancia %	Resistencia	Reactancia
Illuchi 1	3 x 1,75	Dyn1	22	2,4	6,8	0	0,068
Illuchi 2	6,5	Dyn1	13,8	2,4	8,43	0	0,0843

Fuente: Dirección de Planificación ELEPCO S.A.

Recopilación: Grupo Investigador

Las líneas de Subtransmisión descritas en este análisis corresponden a las mostradas en la Tabla 7, de acuerdo a las características técnicas descritas en la misma, en valores por unidad.

Existen 5 derivaciones, Laygua, San Juan, Derivación al Centro de Rehabilitación, Derivación a Familia y Derivación a Fairis. Las mismas que constituyen nodos a 69 kV., a través de los cuales el sistema de Subtransmisión se expande para energizar varias subestaciones a 69 kV tanto propias como privadas.

Además el sistema de Subtransmisión cuenta con un alimentador de Interconexión entre la subestación El Calvario y la Cocha a 13,8 kV, el cual sirve de enlace entre las mismas para abastecer la demanda de El Calvario.

TABLA 7 DESCRIPCIÓN DE LAS LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN DE ELEPCO S.A EN LA ZONA CENTRO

Salida	Llegada	Dist (km)	Calibre	Voltaje (kV)	Z BASE	Resist (p.u.)	Reactancia Inductiva (p.u.)
S/E Ambato	S/E Fairis	13,37	300,00	69,00	47,61	0,0539	0,1326
S/E Fairis	S/E Salcedo	10,21	300,00	69,00	47,61	0,0411	0,1012
S/E Salcedo	Deriv San Juan	9,66	300,00	69,00	47,61	0,0388	0,0958
Deriv San Juan	S/E Holcim	0,70	300,00	69,00	47,61	0,0026	0,0069
Deriv San Juan	S/E San Rafael	1,45	300,00	69,00	47,61	0,0058	0,0144
S/E San Rafael	S/E Pujili	6,98	266,80	69,00	47,61	0,0315	0,0698
S/E San Rafael	Deriv Rehab	6,00	266,80	69,00	47,61	0,0250	0,0600
Deriv Rehab	S/E Centro Rehab	2,28	4/0	69,00	47,61	0,0130	0,0233
Deriv Rehab	Deriv Laygua	4,44	266,80	69,00	47,61	0,0185	0,0444
Deriv Laygua	S/E La Cocha	6,34	266,80	69,00	47,61	0,0286	0,0634
S/E La Cocha	S/E El Calvario	2,32	3/0	13,80	1,90	0,3842	0,5205
Deriv Laygua	S/E Mulalo	7,87	266,80	69,00	47,61	0,0356	0,0787
S/E Mulalo	Deriv Familia	4,27	266,80	69,00	47,61	0,0178	0,0427
Deriv Familia	S/E Familia	1,00	300,00	69,00	47,61	0,0040	0,0099
Deriv Familia	S/E Lasso	2,22	266,80	69,00	47,61	0,0101	0,0222
S/E Lasso	S/E Sigchos	33,80	266,80	69,00	47,61	0,1408	0,3382
Illuchi 1	El Calvario	9,45	2,00	22,00	4,84	1,6932	1,0350
Illuchi 2	El Calvario	7,49	477,00	13,80	1,90	0,4744	1,5372

Fuente: Dirección de Planificación ELEPCO S.A.

Recopilación: Grupo Investigador

Como se muestra en la Tabla 8. Existen 29 alimentadores en la zona centro de ELEPCO S.A, entre los cuales se destaca Residenciales, Comerciales e Industriales.

Es necesario indicar que 3 alimentadores corresponden a usuarios privados, tales como, Acosa, La FAE e Interconexión, los cuales no corresponde a ELEPCO S.A. y no afecta la potencia incrementada por el impacto de las cocinas de inducción.

La salida seis de Lasso, corresponde a un alimentador de respaldo para la Subestación Familia, el cual en condiciones normales no se encuentra energizado ni alimenta transformadores pertenecientes a la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi.

TABLA 8 DESCRIPCIÓN DE LOS ALIMENTADORES DE ELEPCO S.A. EN LA ZONA CENTRO.

	Cód S/E	Descripción S/E	Código Alimentador	Descripción Alimentadores	Código Transf	Volt (kV)
1	01CV	El Calvario	01CV13B1S1	011 Oriental	04T04R2213	13,8
2	01CV	El Calvario	01CV13B1S2	012 Industrial Sur	04T04R2213	13,8
3	01CV	El Calvario	01CV13B1S3	013 Redes Subterráneas	04T04R2213	13,8
4	01CV	El Calvario	01CV13B1S4	014 Latacunga Sur	04T04R2213	13,8
5	02SR	San Rafael	02SR13B1S1	021 Brigada Patria - Calera	05T10R6913	13,8
6	02SR	San Rafael	02SR13B1S2	022 Santa Rosa - Pujilí	05T10R6913	13,8
7	02SR	San Rafael	02SR13B1S4	024 Niagara	05T10R6913	13,8
8	03SA	Salcedo	03SA13B1S1	031 Salcedo Norte - Oriente	19T10R6913	13,8
9	03SA	Salcedo	03SA13B1S2	032 Salcedo Centro	19T10R6913	13,8
10	03SA	Salcedo	03SA13B1S3	033 Sur Salcedo	19T10R6913	13,8
11	03SA	Salcedo	03SA13B1S4	034 Salcedo Occidental	19T10R6913	13,8
12	04ML	Mulaló	04ML13B1S1	041 Mulaló - José Guango Bajo	07T10R6913	13,8
13	04ML	Mulaló	04ML13B1S2	042 Saquisilí - Guaytacama	07T10R6913	13,8
14	04ML	Mulaló	04ML13B1S4	044 Provefrut - Brigada Patria	07T10R6913	13,8
15	05LA	Lasso	05LA13B1S1	051 Toacazo	09T16R6913	13,8
16	05LA	Lasso	05LA13B1S2	052 Tanicuchí - Río Blanco	09T16R6913	13,8
17	05LA	Lasso	05LA13B1S3	053 Chasqui San Agustín	09T16R6913	13,8
18	05LA	Lasso	05LA13B1S4	054 Lasso Centro - Sur	09T16R6913	13,8
19	05LA	Lasso	05LA13B1S5	055 Acosa	09T16R6913	13,8
20	05LA	Lasso	05LA13B1S6	056 Familia Sancela	09T16R6913	13,8
21	06CH	La Cocha	06CH13B1S1	061 Yugsiloma	10T10R6913	13,8
22	06CH	La Cocha	06CH13B1S2	062 Interconexión	10T10R6913	13,8
23	06CH	La Cocha	06CH13B1S3	063 Latacunga Centro Norte	10T10R6913	13,8
24	06CH	La Cocha	06CH13B1S4	064 Fae	10T10R6913	13,8
25	06CH	La Cocha	06CH13B1S5	065 Latacunga Norte - Aláquez	10T10R6913	13,8
26	08SG	Sigchos	08SG13B1S1	081 Sigchos Centro - Chugchilan	11T05R6913	13,8
27	08SG	Sigchos	08SG13B1S2	082 Las Manzanas-San Francisco	11T05R6913	13,8
28	10PJ	Pujilí	10PJ13B1S1	101 La Victoria-Isinche-Zumbah	06T04R6913	13,8
29	10PJ	Pujilí	10PJ13B1S2	102 Pujili - Centro - Alpamalag	06T04R6913	13,8

Fuente: Dirección de Planificación ELEPCO S.A.

Recopilación: Grupo Investigador

2.3.3. Análisis de Demanda Actual de la Zona Centro ELEPCO S.A.

El consumo por alimentador obtenido a la cabecera de los alimentadores por el analizador de redes ION 7600 y el número de usuarios presentes en la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi, se resume en la Tabla 9, de esta información se

obtiene los datos necesarios para el análisis de los alimentadores de la Zona Centro. La cual corresponde al área de estudio.

TABLA 9 ALIMENTADORES DE ELEPCO S.A. DICIEMBRE DEL 2014

Subestación	Alimentador	Medio Día		Noche		Usuarios			
		MW	MVAr	MW	MVAr	Residen	Comercial	Industrial	Otros
El Calvario	Salida 1	0,71	0,27	1,52	0,28	3643	161	162	36
	Salida 2	2,29	0,68	2,50	0,77	303	33	11	6
	Salida 3	1,79	0,25	1,60	0,22	778	468	21	84
	Salida 4	1,39	0,62	2,30	0,49	4688	536	261	84
San Rafael	Salida 1	2,60	1,10	3,30	0,80	3972	620	758	103
	Salida 2	1,70	1,00	2,80	0,70	2288	182	134	145
	Salida 3	2,60	0,76	3,21	0,93	2681	290	106	4
Salcedo	Salida 1	2,49	1,33	3,73	1,14	4429	288	308	188
	Salida 2	1,50	0,51	2,07	0,40	2855	906	189	40
	Salida 3	1,33	0,42	1,56	0,21	10124	357	427	92
	Salida 4	0,54	0,15	1,30	0,15	4826	54	62	113
Mulaló	Salida 1	2,03	0,77	1,33	0,28	2314	129	142	62
	Salida 2	1,83	0,80	3,16	0,78	8345	534	289	180
	Salida 4	2,58	0,89	2,93	0,80	263	3	7	4
Lasso	Salida 1	1,56	0,90	2,58	0,68	3871	171	281	96
	Salida 2	0,83	0,41	0,87	0,14	3070	214	261	0
	Salida 3	0,88	0,54	0,73	0,13	1253	67	425	30
	Salida 4	1,26	0,49	0,85	0,29	341	69	76	45
	Salida 5	4,18	1,47	4,23	1,41	-	-	1	-
	Salida 6	-	-	-	-	-	-	1	-
La Cocha	Salida 1	0,27	0,11	0,74	0,14	2684	81	98	69
	Salida 2		-	-	-	-	-	-	-
	Salida 3	1,05	0,31	1,27	0,26	2326	1087	73	69
	Salida 4	0,36	0,03	0,35	0,01			1	
	Salida 5	2,07	0,94	2,98	0,70	5475	609	295	88
Sigchos	Salida 1	0,30	0,06	0,77	0,05	4478	136	76	171
	Salida 2	0,05	0,01	0,14	0,01	1471	19	25	48
La Maná	Salida 1	0,83	0,10	1,77	0,41	4437	102	55	133
	Salida 2	1,21	1,05	1,75	0,84	4414	188	42	135
	Salida 3	2,30	0,61	3,17	0,57	8684	1145	-	-
	Salida 4	0,71	0,44	1,19	0,45	3115	411	-	-
Pujilí	Salida 1	1,25	0,42	2,66	0,42	10161	198	115	140
	Salida 2	0,97	0,40	1,59	0,30	2970	250	105	79
Shuyo	Salida 1	0,05	0,03	0,15	0,09	1441	42	16	53
TOTAL		45,52	17,88	61,10	14,85	111700	9350	4823	2297

Fuente: Dirección de Planificación ELEPCO S.A.

Recopilación: Grupo Investigador

2.3.4. Validación y procesamiento de la información

La veracidad de la información es muy importante para la ejecución de un diagnóstico, por lo que ha sido imprescindible que posterior a la etapa primaria de recopilación de la información y durante la etapa de actualización para complementación de la misma, se ha procedido a confirmar y validar, de manera que se asegure su consistencia y confiabilidad, particularmente los datos característicos de los equipos y elementos instalados en: centrales de generación, líneas de subtransmisión, subestaciones y alimentadores pertenecientes a la zona centro de ELEPCO S.A.

Los valores de la resistencia por metro de la línea fueron determinados en base a catálogos de los fabricantes, la impedancia, capacitancia y susceptancia de la línea fueron calculados tomando en cuenta las distancias que tienen las estructuras tipo y las normas del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable y de acuerdo al procedimiento y ecuaciones indicadas en el Capítulo I.

Adicionalmente se utilizó información primaria, como el uso de catálogos y manuales, de donde se obtuvo las características técnicas de los conductores de líneas, tipo de estructuras de soporte y algunos equipos eléctricos de potencia.

Para el análisis de flujos de potencia es necesario conocer las condiciones de carga bajo las cuales opera el sistema, para lo cual es necesario conocer el detalle de la demanda coincidente en cada subestación del sistema y cada central de generación, considerando el día de demanda máxima de todo el sistema. Esta información se la encuentra en los registros históricos de las estadísticas de operación del sistema.

2.3.5. Modelación del Sistema de Subtransmisión Actual de ELEPCO S.A.

Para el análisis de las condiciones operativas, se consideran los modelos matemáticos de todas las partes o elementos constitutivos del sistema de potencia, que fueron tratados en las secciones precedentes a ésta. Con el uso de estos modelos se configura todo el sistema eléctrico y se realizan los cálculos de flujos

de potencia en líneas y transformadores, para condiciones normales de operación y se obtienen todos los parámetros eléctricos en nodos y líneas.

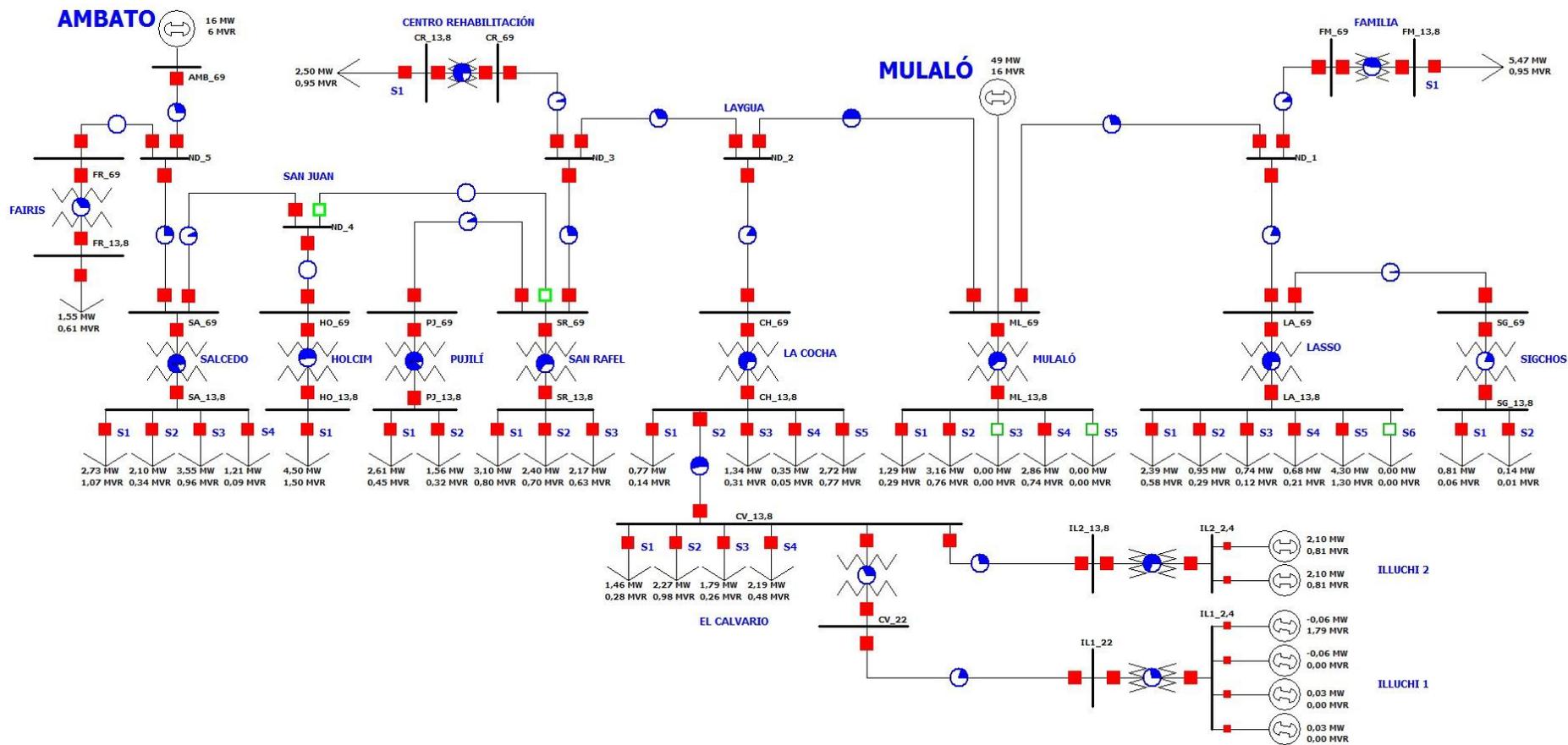
Pese a todos los métodos de cálculo desarrollados para los sistemas de potencia, éstos resultan ser una tarea muy complicada sin la ayuda de un sistema informático. Por lo que es necesario recurrir a herramientas computacionales que ayuden con el objetivo propuesto, en tal virtud para el presente estudio se utiliza el programa computacional POWERWORLD, este software experto en el análisis de sistemas eléctricos de potencia, modela todo el sistema con base a objetos gráficos que representan cada uno de los elementos propios del sistema, como se observa en Figura 16.

El modelo muestra a manera de diagrama unifilar, el sistema eléctrico de ELEPCO S.A, con sus diferentes niveles de voltaje (13,8 kV, 22 kV y 69 kV) y etapas funcionales (generación, Subtransmisión y transformación), separados por barras de interconexión. Como se sabe, todo modelo requiere de al menos una barra infinita o barra slack, para proveer la potencia y estabilidad de voltaje necesaria en un sistema eléctrico, por lo que en el caso de ELEPCO S.A, éstas están constituidas por los nodos de intercambio con el S.N.I.

Una vez efectuados las corridas de flujos de potencia, con los resultados obtenidos, se pueden determinar los elementos que están operando en condiciones críticas, en límites de funcionamiento, o zonas de saturación, donde su comportamiento no es estable ni predecible.

De ésta manera, el diagnóstico se efectúa sobre cada uno de los elementos en particular o sobre todo el sistema en general, lo cual permite plantear soluciones inmediatas para superar ciertas limitaciones críticas actuales, pero especialmente para generar planes de reforzamiento o expansión del sistema de manera que la disponibilidad energética no se vea comprometida y se tenga siempre la suficiente capacidad para satisfacer el constante crecimiento de la demanda.

FIGURA 16 MODELACIÓN SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL DE ELEPCO S.A



Fuente: POWERWORLD
 Recopilación: Grupo Investigador.

2.3.6. Resultados del Modelamiento en PowerWorld

2.3.6.1. Generación

Realizadas los flujos de potencia, se determinan las contribuciones energéticas que realizan el patio generador y los nodos del Sistema Nacional Interconectado, S.N.I. a través de Mulaló y Ambato. Para la Zona Centro de ELEPCO S.A. Se tienen contribuciones energéticas de 59,39 MW por parte del S.N.I y 8,4 MW de las centrales Illuchi 1 y 2. Con un gran total de 67,79 MW y 21,93 MVar.

TABLA 10 CONTRIBUCIONES ENERGÉTICAS AL SISTEMA DE ELEPCO S.A, ZONA CENTRO.

Generación	Name	Status	Gen MW	Gen Mvar	Volt Gener kV
Barras Slack					
Mulaló	ML_69	Closed	44,33	15,39	69
Ambato	AMB_69	Closed	15,06	5,26	69
Barras PV					
Generación	Name	Status	Gen MW	Gen Mvar	Volt Gener kV
Illuchi 1	IL1_2,4	Closed	0,6	0	2,4
	IL1_2,4	Closed	1,1	0	2,4
	IL1_2,4	Closed	1,4	0,45	2,4
	IL1_2,4	Closed	0,5	0	2,4
Illuchi 2	IL2_2,4	Closed	2,4	0,27	2,4
	IL2_2,4	Closed	2,4	2	2,4
Total			67,79	21,93	

Fuente: POWER WORLD

Recopilación: Grupo Investigador.

La generación más importante del sistema en la Zona Centro de ELEPCO S.A. Lo constituye el S.N.I sin embargo las centrales de generación Illuchi 1 e Illuchi 2, contemplan un importante aporte a la Subestación El Calvario, ya que de no existir el patio de generación descrito el transformador de la Subestación la Cocha se vería seriamente afectada debido a la interconexión entre subestaciones.

2.3.6.2. Líneas y Transformadores

Las Líneas de Subtransmisión de la Zona Centro de ELEPCO S.A, llevan energía con un voltaje de 69 kV. A excepción de la línea Illuchi 1 – El Calvario la cual tiene un voltaje de 22 kV. Como se muestra en los resultados de Flujo de

potencia, la Línea Mulaló – Laygua, presenta la mayor Cargabilidad del sistema ya que constituye el principal transporte para las subestaciones ubicadas al sur del sistema, Dichos datos se resumen en la Tabla 11.

TABLA 11 REPORTE DE FLUJOS DE POTENCIA EN LÍNEAS Y TRANSFORMADORES A 69 KV

Nodo	Desde	Nodo	Hasta	Estado	Línea MVA	Cargabilidad %
LÍNEAS DE TRANSMISIÓN						
ML_69	Mulaló_69	ND_1	Der Famil	Closed	51,9	30,5
ML_69	Mulaló_69	ND_2	Der Laygua	Closed	51,9	45
LA_69	Lasso_69	SG_69	Sigchos_69	Closed	51,9	1,8
ND_1	Der Famil	LA_69	Lasso_69	Closed	51,9	20,6
ND_2	Der Laygua	CH_69	La Cocha_69	Closed	51,9	11,5
CH_13,8	La Cocha_13,8	CV_13,8	El Calvario_13,8	Closed	7,2	20,6
SR_69	San Rafel_69	PJ_69	Pujilí_69	Closed	51,9	8,5
ND_3	Der C. Rehabl	SR_69	San Rafel_69	Closed	51,9	27,6
SR_69	San Rafel_69	ND_4	Der San Juan	Open	56	0
IL2_13,8	Illuchi2_13,8	CV_13,8	El Calvario_13,8	Closed	8,9	56,6
IL1_22	Illuchi1_22	CV_22	El Calvario_22	Closed	14,7	24,8
ND_4	Der San Juan	SA_69	Salcedo_69	Closed	56	8,6
SA_69	Salcedo_69	ND_5	Der Fairis	Closed	56	25,1
ND_5	Der Fairis	FR_69	Fairis_69	Closed	34	5
ND_4	Der San Juan	HO_69	Holcim_69	Closed	56	8,6
ND_1	Der Famil	FM_69	Familia_69	Closed	56	9,1
ND_3	Der C. Rehabl	CR_69	C Rehabl_69	Closed	40,8	6,6
ND_2	Der Laygua	ND_3	Der C. Rehabl	Closed	51,9	33
AMB_69	Ambato_69	ND_5	Der Fairis	Closed	56	28,5
IL2_13,8	Illuchi2_13,8	IL2_2,4	Illuchi2_2,4	Closed	6,5	77,7
TRANSFORMADORES						
Nodo	Desde	Nodo	Hasta	Estado	Potencia MVA	Cargabilidad %
ML_69	Mulaló_69	ML_13,8	Mulaló_13,8	Closed	12,5	62,2
LA_69	Lasso_69	LA_13,8	Lasso_13,8	Closed	13	75,2
SG_69	Sigchos_69	SG_13,8	Sigchos_13,8	Closed	5	18,3
CH_69	La Cocha_69	CH_13,8	LaCocha_13,8	Closed	12,5	47,4
SR_69	San Rafel_69	SR_13,8	SanRafel_13,8	Closed	13	75,9
PJ_69	Pujilí_69	PJ_13,8	Pujilí_13,8	Closed	5	87,8
CV_13,8	El Calvari_13,8	CV_22	ElCalvario_22	Closed	5,2	66,8
SA_69	Salcedo_69	SA_13,8	Salcedo_13,8	Closed	12,5	72,6
FR_69	Fairis_69	FR_13,8	Fairis_13,8	Closed	5	33,7
HO_69	Holcim_69	HO_13,8	Holcim_13,8	Closed	9	53,6
FM_69	Familia_69	FM_13,8	Familia_13,8	Closed	12,5	40,7
CR_69	C Rehabl_69	CR_13,8	CRehabl_13,8	Closed	3,5	76,5
IL1_22	Illuchi1_22	IL1_2,4	Illuchi1_2,4	Closed	6,5	56,1

Fuente: POWER WORLD.

Recopilación: Grupo Investigador

TABLA 12 REPORTE DE FLUJOS DE POTENCIA EN BARRAS DEL SISTEMA A 13,8 kV.

Name	Barra	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)	Load MW	Load Mvar
BARRAS 13,8 kV (CARGA)						
ML_13,8	Mulaló_13,8	0,98	13,58	-2,57	7,42	1,86
LA_13,8	Lasso_13,8	0,98	13,51	-2,31	9,26	2,65
SG_13,8	Sigchos_13,8	0,99	13,66	-1,21	0,91	0,06
CH_13,8	La Cocha_13,8	0,96	13,27	-2,46	5,34	1,11
SR_13,8	San Rafel_13,8	0,95	13,1	-5,55	9,31	2,43
PJ_13,8	Pujilí_13,8	0,95	13,16	-5,37	4,25	0,72
CV_13,8	El Calvario_13,8	0,95	13,17	-2,05	7,92	1,76
SA_13,8	Salcedo_13,8	0,95	13,15	-4,32	8,66	1,9
FR_13,8	Fairis_13,8	0,97	13,39	-2,79	1,55	0,61
HO_13,8	Holcim_13,8	0,96	13,19	-4,14	4,5	1,5
M_13,8	Familia_13,8	0,98	13,55	-1,72	4,84	1,34
CR_13,8	C Rehabl_13,8	0,98	13,49	-1,4	2,5	0,95

Fuente: POWER WORLD

Recopilación: Grupo Investigador

TABLA 13 REPORTE DE FLUJOS DE POTENCIA EN BARRAS DEL SISTEMA A 69 KV.

Name	Barra	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)
BARRAS 69 kV				
LA_69	Lasso_69	0,99	68,55	-0,44
SG_69	Sigchos_69	0,99	68,43	-0,63
CH_69	La Cocha_69	0,98	67,74	-1,01
SR_69	San Rafel_69	0,97	67,14	-1,64
PJ_69	Pujilí_69	0,97	13,4	-1,81
CV_22	El Calvario_22	0,95	20,82	1,12
SA_69	Salcedo_69	0,98	67,29	-1,7
FR_69	Fairis_69	0,98	67,69	-1,55
HO_69	Holcim_69	0,97	67	-1,96
FM_69	Familia_69	0,99	68,64	-0,35
CR_69	C Rehabl_69	0,98	67,54	-1,25
IL1_22	Illuchi1_22	1	22,01	3,95
IL2_13,8	Illuchi2_13,8	1	13,78	1,95
ND_1	Der Famil	1	68,66	-0,32
ND_2	Der Laygua	0,99	67,97	-0,85
ND_3	Der C. Rehabl	0,98	67,58	-1,22
ND_4	Der San Juan	0,97	134,04	-1,95
ND_5	Der Fairis	0,99	67,97	-1

Fuente: POWER WORLD

Recopilación: Grupo Investigador

TABLA 14 REPORTE DE FLUJOS DE POTENCIA EN PUNTOS DE INTERCONEXIÓN Y GENERADORES DEL SISTEMA A 69 KV.

Name	Nodos	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)	Gen MW	Gen Mvar
PUNTOS DE INTERCONEXIÓN (SLACK)						
ML_69	Mulaló_69	1	69	0	44,33	15,39
AMB_69	Ambato_69	1	69	0	15,06	5,26
BARRAS GENERACIÓN DISTRIBUIDA						
Name	Nodos	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)	Gen MW	Gen Mvar
IL1_2,4	Illuchi1_2,4	1	2,4	4,09	3,6	-0,56
IL2_2,4	Illuchi2_2,4	1	2,4	2,18	4,8	1,56

Fuente: POWER WORLD

Recopilación: Grupo Investigador

Las Subestaciones reducen el voltaje a 13,8 kV. Con distintos transformadores de potencia, de los cuales el transformador de Pujilí se encuentra cerca de su potencia nominal. Y los demás se encuentran operando bajo el 80 % de la potencia nominal.

Las caídas de voltaje se ven afectadas principalmente en las Subestaciones Pujilí y el Centro de Rehabilitación

2.3.6.3. *Demanda*

La demanda presente en la Zona Centro de ELEPCO S.A, corresponde alimentadores urbanos y rurales, con carácter residencial comercial e industrial, determinando puntos principales de concentración de carga en el área de concesión de la empresa.

La demanda actual presente, refleja el 53,07 MW y 12,49 MVAR correspondientes a la carga propia de ELEPCO S.A, mientras que 13,39 MW y 4,4 MVAR, corresponde a la carga de grandes clientes del M.E.M entre ellos Fairis, Holcim, Familia Sancela y El Centro de Rehabilitación.

Sumando un gran total de 66.44 MW y 16,89 MVAR. El remanente comparado con la generación, corresponde a las pérdidas del sistema que haciende a un valor de 1,33 MW.

**TABLA 15 DEMANDAS POR ALIMENTADOR DE LA ZONA CENTRO
ELEPCO S.A.**

Subestación	Name	ID	Status	MW	Mvar	MVA
El Calvario	CV_13,8	1	Closed	1,52	0,28	1,55
	CV_13,8	2	Closed	2,5	0,77	2,62
	CV_13,8	3	Closed	1,6	0,22	1,62
	CV_13,8	4	Closed	2,3	0,49	2,35
San Rafael	SR_13,8	1	Closed	3,3	0,8	3,4
	SR_13,8	2	Closed	2,8	0,7	2,89
	SR_13,8	3	Closed	3,21	0,93	3,34
Salcedo	SA_13,8	1	Closed	3,73	1,14	3,9
	SA_13,8	2	Closed	2,07	0,4	2,11
	SA_13,8	3	Closed	1,56	0,21	1,57
	SA_13,8	4	Closed	1,3	0,15	1,31
Mulaló	ML_13,8	1	Open	1,33	0,28	1,36
	ML_13,8	2	Closed	3,16	0,78	3,25
	ML_13,8	3	Closed	0	0	0
	ML_13,8	4	Open	2,93	0,8	3,04
	ML_13,8	5	Closed	0	0	0
Lasso	LA_13,8	1	Closed	2,58	0,68	2,67
	LA_13,8	2	Closed	0,87	0,14	0,88
	LA_13,8	3	Closed	0,73	0,13	0,74
	LA_13,8	4	Closed	0,85	0,29	0,9
	LA_13,8	5	Closed	4,23	1,41	4,46
	LA_13,8	6	Open	0	0	0
La Cocha	CH_13,8	1	Closed	0,74	0,14	0,75
	CH_13,8	3	Closed	1,27	0,26	1,3
	CH_13,8	4	Closed	0,35	0,01	0,35
	CH_13,8	5	Closed	2,98	0,7	3,06
Sigchos	SG_13,8	1	Closed	0,77	0,05	0,77
	SG_13,8	2	Closed	0,14	0,01	0,14
Pujilí	PJ_13,8	1	Closed	2,66	0,42	2,69
	PJ_13,8	2	Closed	1,59	0,3	1,62
Fairis	FR_13,8	1	Closed	1,55	0,61	1,66
Holcim	HO_13,8	1	Closed	4,5	1,5	4,74
Familia Sancela	FM_13,8	1	Closed	4,84	1,34	5,02
Centro de Rehab	CR_13,8	1	Closed	2,5	0,95	2,67
Total Sistema				53,07	12,49	54,64
Total Grandes Clientes				13,39	4,4	14,09
Total ELEPCO S.A.				66,46	16,89	68,73

Fuente: POWER WORLD
Recopilación: Grupo Investigador

2.3.7. Evaluación Técnica del Sistema Actual

El Sistema de Subtransmisión en condiciones actuales de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi, presenta los siguientes resultados:

- El transformador de la Subestación Pujilí, presenta el 89% de Cargabilidad en condiciones actuales, razón por la cual se debe considerar un incremento de potencia o transferencia de energía del alimentador 1, el cual presenta grandes distancias y cargas concentradas.
- La Subestación El Calvario, se alimenta a través de la interconexión con la subestación La Cocha y la generación de Illuchi 1 y 2, lo que implica un constante riesgo al transformador la Cocha, pues en el caso que las Illuchi salieran de operación, toda la demanda de El Calvario asumiría La Cocha, y este transformador en las condiciones actuales no soporta el incremento mencionado.
- La subestación Pujilí y El Centro de Rehabilitación, por ser las subestaciones más alejadas, presentan las mayores caídas de voltaje del sistema, lo que ocasiona mala calidad de energía.
- La demanda de la subestación Lasso y parte de Mulaló, presenta gran demanda del sector residencial, lo que ocasiona bajos factores de potencia a la cabecera de los alimentadores asociados, afectando el servicio de los usuarios residenciales conectados a estas redes.
- Las subestaciones Salcedo, San Rafael, Lasso y Mulaló, si bien es cierto están dentro de los límites de sobrecarga, un incremento masivo como el caso de las cocinas de inducción podrían sobrepasar los valores nominales de los transformadores.
- Las principales líneas de Subtransmisión lo constituye Mulaló – Laygua por el lado sur y Mulaló - Lasso por el lado Norte, las cuales presentan la mayor Cargabilidad y pérdidas de las líneas.
- La línea San Juan- San Rafael, se encuentra fuera de servicio, la cual sirve de respaldo para la Subestación San Rafael y Pujilí.
- El Sistema de Subtransmisión es un sistema radial, dividido en dos partes Ambato por la parte sur de la zona de concesión y Mulaló por la parte

norte de la misma, presenta operación normal con pequeñas anomalías indicadas anteriormente, sin embargo puede sufrir varias falencias con el crecimiento de la demanda y el impacto masivo de las cocinas de inducción.

2.4. Proyección de La Demanda

El diseño de un Sistema Eléctrico de Potencia, está en función del crecimiento de la demanda en su área de concesión, lo cual asegura el correcto funcionamiento con el pasar de los años.

Para cumplir este cometido, se tiene datos históricos reales del crecimiento de acuerdo a tarifas Residencial, Comercial e Industrial, esto ayudará a proyectar correctamente y tomar en cuenta la implementación de Cocinas de Inducción en el sector Residencial, en las tablas siguientes se podrá observar los datos históricos de ELEPCO S.A.

De acuerdo a estas estadísticas, se realiza la proyección de la demanda hasta el año 2020, y con estos resultados la incorporación de las cocinas de inducción, utilizando una proyección geométrica.

Los resultados de la progresión geométrica, son validados y ajustados de acuerdo a factores físicos de cada sector, es decir la proyección de la demanda es un método matemático y muestra una curva creciente; sin embargo las condiciones físicas de cada sector para años lejanos no se ajusta a crecimientos lineales, es por ello que se crea la necesidad de artificios matemáticos que obligan a la curva a cambiar su pendiente tendiéndola a cero.

Los factores que influyen en este fenómeno constituyen:

- La migración poblacional en el sector analizado.
- El decremento de la tasa de crecimiento de un sector.
- Nivel de calidad de vida.
- Factores Sociales como delincuencia, posibilidades de trabajo.

2.4.1. Proyección de Usuarios

TABLA 16 DATOS HISTÓRICOS DE USUARIOS RESIDENCIALES.

AÑO	NUMERO DE ABONADOS (MILES)	TASA DE CRECIMI. # ABO-RES(%)
HISTÓRICOS		
1998	58.5	
1999	59.7	2.1
2000	61.4	2.8
2001	64.1	4.4
2002	67.1	4.7
2003	69.7	3.8
2004	73.7	5.8
2005	76.1	3.3
2006	78.9	3.6
2007	81.6	3.4
2008	83.2	2.0
2009	85.9	3.3
2010	88.7	3.3
2011	92.6	4.4
2012	96.6	4.3
2013	100.0	3.5
2014	111.7	11.7

Fuente: ELEPCO S:A

Recopilación: Grupo Investigador

TABLA 17 PROYECCIÓN DE USUARIOS RESIDENCIALES.

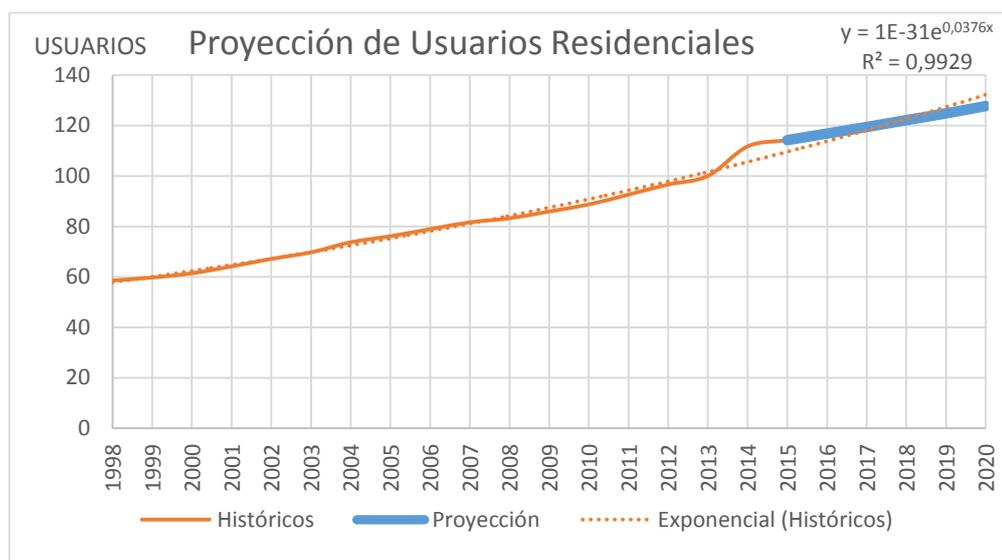
AÑO	NUMERO DE ABONADOS (MILES)
PRONOSTICO	
2015	114.2
2016	116.8
2017	119.4
2018	122.1
2019	124.8
2020	127.7

Fuente: Grupo Investigador

Recopilación: Grupo Investigador

De acuerdo a los datos históricos, se determina la curva de crecimiento de los usuarios y de acuerdo a la misma se estima los años futuros. Así se indica en la Figura 17.

FIGURA 17 PROYECCIÓN DE USUARIOS RESIDENCIALES



Fuente: Grupo Investigador
Recopilación: Grupo Investigador

La Figura 17 muestra los históricos del crecimiento de usuarios residenciales y su proyección hasta el año 2020.

TABLA 18 DATOS HISTÓRICOS DE USUARIOS COMERCIALES E INDUSTRIALES

AÑO	NUMERO DE ABO.COMER. (MILES)	TASA DE CRECIMIEN. ABO.COM(%)	NUMERO ABONAD INDUST (MILES)	TASA DE CRECIMI. # ABO.IND(%)
HISTÓRICOS		HISTÓRICOS		
1998	3.55		2.2810	
1999	3.61	1.7	2.3080	1.2
2000	3.71	2.8	2.3710	2.7
2001	3.81	2.8	2.5780	8.7
2002	4.01	5.1	2.7810	7.9
2003	4.14	3.3	2.9300	5.4
2004	4.31	4.0	3.2580	11.2
2005	4.45	3.3	3.4130	4.8
2006	4.69	5.4	3.6180	6.0
2007	4.97	5.9	3.8510	6.4
2008	5.49	10.5	4.0070	4.1
2009	5.82	6.1	4.2250	5.4
2010	6.01	3.2	4.2690	1.0
2011	6.62	10.1	4.6110	8.0
2012	7.13	7.8	4.7400	2.8
2013	8.10	13.5	4.9170	3.7
2014	9.35	15.5	4.8230	-1.9

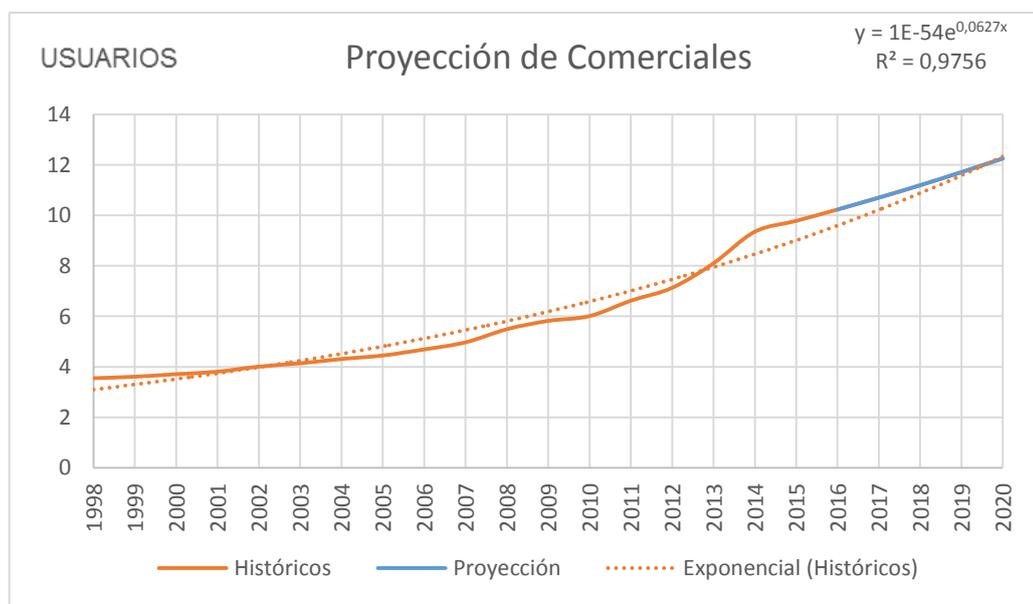
Fuente: ELEPCO S:A
Recopilación: Grupo Investigador

TABLA 19 PROYECCIÓN DE USUARIOS COMERCIALES E INDUSTRIALES

AÑO	NUMERO DE ABO.COMER. (MILES)	NUMERO ABONAD INDUST (MILES)
PRONOSTICO		
2015	9.78	4.905
2016	10.23	4.988
2017	10.70	5.073
2018	11.19	5.159
2019	11.71	5.247
2020	12.25	5.336

Fuente: Grupo Investigador
Recopilación: Grupo Investigador

FIGURA 18 PROYECCIÓN DE USUARIOS COMERCIALES

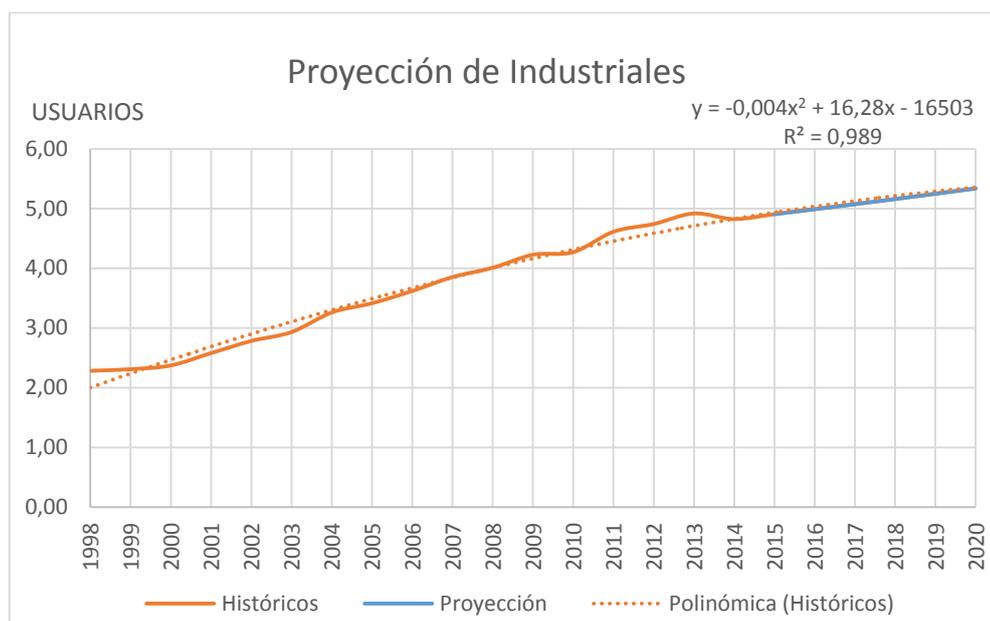


Fuente: Grupo Investigador
Recopilación: Grupo Investigador

La Figura 18 muestra el crecimiento exponencial de usuarios comerciales, a partir de los datos históricos mostrados en la Tabla 18. Los cuales obedecen a la ecuación de la curva de la figura descrita

La Figura 19 indica el crecimiento cuadrático de los usuarios Industriales, basados en datos estadísticos mostrados en la Tabla 18. Los cuales obedecen a la ecuación de la curva de la figura descrita

FIGURA 19 PROYECCIÓN DE USUARIOS INDUSTRIALES



Fuente: Grupo Investigador
Recopilación: Grupo Investigador

TABLA 20 DATOS HISTORICOS DE USUARIOS OTROS

AÑO	NUMERO DE ABON. OTROS (MILES)	TASA DE CRECIMI. # ABO-OTR(%)
HISTÓRICOS		
1998	1.2830	3.47
1999	1.3330	3.90
2000	1.3780	3.38
2001	1.4010	1.67
2002	1.4560	3.93
2003	1.5020	3.16
2004	1.5310	1.93
2005	1.5320	0.07
2006	1.5970	4.24
2007	1.6410	2.76
2008	2.1560	31.38
2009	2.1580	0.09
2010	2.1330	-1.16
2011	2.1090	-1.13
2012	2.1340	1.19
2013	2.1670	1.55
2014	2.2970	6.00

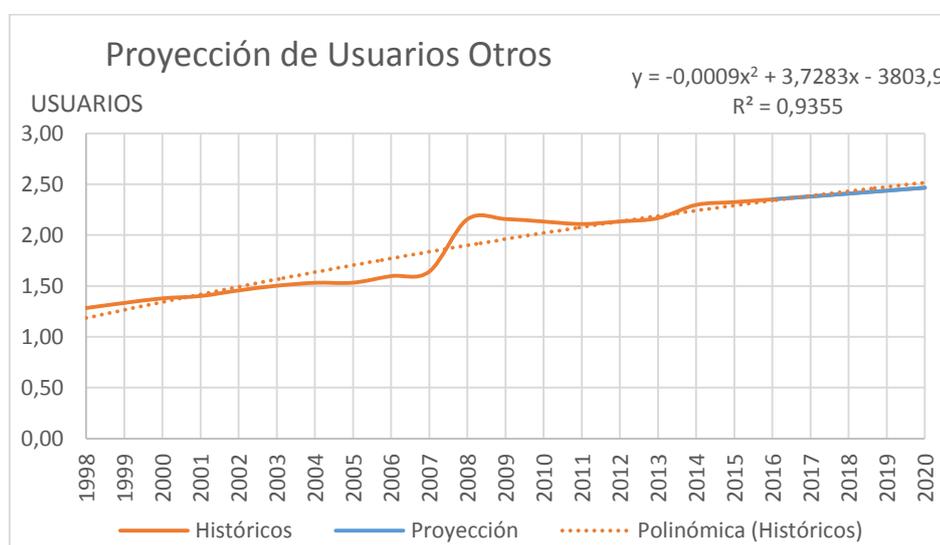
Fuente: ELEPCO S:A
Recopilación: Grupo Investigador

TABLA 21 PROYECCIÓN DE USUARIOS OTROS

AÑO	NUMERO DE ABON.OTROS (MILES)
PRONOSTICO	
2015	2.3243
2016	2.3520
2017	2.3800
2018	2.4083
2019	2.4370
2020	2.4660

Fuente: Grupo Investigador
Recopilación: Grupo Investigador

FIGURA 20 PROYECCIÓN DE USUARIOS OTROS



Fuente: Grupo Investigador
Recopilación: Grupo Investigador

La proyección de Otros Usuarios presentes en ELEPCO S.A, se lo realiza de forma cuadrática, basados en datos históricos obteniendo así la proyección para años futuros.

Se debe indicar que dentro de los usuarios Otros se citan centros educativos, hospitales, iglesias, unidades de policía comunitaria, bomberos, entidades de servicio a la comunidad, bancos entre otros.

De acuerdo a la proyección del número de usuarios indicada, resulta los siguientes números de usuarios para cada alimentador mostrado en la Tabla 22. Datos con los cuales se realizará el análisis de las cocinas de inducción.

**TABLA 22 NÚMERO DE USUARIOS POR ALIMENTADOR DE ELEPCO
S.A PROYECTADOS HASTA EL AÑO 2020.**

Cód SE	Cód Aliment	Descripción	Residen	Comercial	Industrial	Otros
01CV	01CV13B1S1	011 Oriental	4165	214	179	39
01CV	01CV13B1S2	012 Industrial Sur	346	44	12	7
01CV	01CV13B1S3	013 Redes Subterráneas	889	623	23	90
01CV	01CV13B1S4	014 Latacunga Sur	5360	713	289	90
02SR	02SR13B1S1	021 Brigada Patria - Calera	4541	825	838	110
02SR	02SR13B1S2	022 Pujilí - Zumbahua	2616	242	148	155
02SR	02SR13B1S3	023 Niagara	3066	386	118	5
03SA	03SA13B1S1	031 Salcedo Norte - Oriente	5064	383	341	202
03SA	03SA13B1S2	032 Salcedo Centro	3264	1205	210	43
03SA	03SA13B1S3	033 Sur Salcedo	11574	476	473	99
03SA	03SA13B1S4	034 Salcedo Occidental	5517	71	69	121
04ML	04ML13B1S1	041 Mulaló - José Guango Bajo	2646	172	158	67
04ML	04ML13B1S2	042 Saquisilí - Guaytacama	9540	711	320	187
04ML	04ML13B1S4	044 Provefrut - Brigada Patria	300	5	8	5
05LA	05LA13B1S1	051 Toacazo	4425	228	310	103
05LA	05LA13B1S2	052 Tanicuchí - Río Blanco	3509	284	289	
05LA	05LA13B1S3	053 Chasqui San Agustín	1432	90	467	32
05LA	05LA13B1S4	054 Lasso Centro - Sur	390	91	84	49
05LA	05LA13B1S5	055 Acosa				
05LA	05LA13B1S6	056 Familia Sancela				
06CH	06CH13B1S1	061 Yugsiloma	3068	108	109	74
06CH	06CH13B1S2	062 Interconexión				
06CH	06CH13B1S3	063 Latacunga Centro Norte	2659	1444	81	74
06CH	06CH13B1S4	064 Fae				
06CH	06CH13B1S5	065 Latacunga Norte - Aláquez	6260	810	326	94
08SG	08SG13B1S1	081 Sigchos Centro - Chugchilan	5120	181	84	184
08SG	08SG13B1S2	082 Las Manzanas - San Francisco	1682	26	28	51
09MA	09MA13B1S1	091 La Maná-Pucayacu- Est	5073	135	63	143
09MA	09MA13B1S2	092 Moraspungo-El Corazón	5046	251	47	145
09MA	09MA13B1S3	093 La Maná Urb. - El Carmen	9927	1524		
09MA	09MA13B1S4	094 Chipeamburgo	3562	547		
10PJ	10PJ13B1S1	101 La Victoria - Isinche - Zumbahua	11617	263	127	150
10PJ	10PJ13B1S2	102 Pujilí - Centro - Alpamalag	3395	333	116	85
45AG	45AG13B1S1	Angamarca Centro	1647	55	17	56
		TOTAL	127700	12440	5334	2460

Fuente: Direccion de Planificación
Recopilación: Grupo Investigador

De acuerdo a la proyección de los usuarios Residencial, Comercial, Industrial y Otros mostrado en la Tabla 17, Tabla 19 y Tabla 21 respectivamente se determina que para el año 2020 se tendrán 127.700 usuarios Residenciales, 12.440 usuarios Comerciales, 5334 usuarios Industriales y 2466 usuarios Otros.

El Alumbrado Público se considera como un usuario en ELEPCO S.A. Bajo esta proyección se tiene un total de 147.940 usuarios para el año 2020.

2.4.2. Proyección de Demanda

Los datos estadísticos que se muestran a continuación corresponden a la demanda máxima de ELEPCO S.A, en el año. A partir de estos valores se proyectará la demanda máxima hasta el año 2020. Se debe indicar que la demanda máxima corresponde a las horas de la noche de acuerdo a la curva de carga tipo en ELEPCO S.A.

TABLA 23 DATOS HISTÓRICOS DE POTENCIA MÁXIMA

AÑO	TOTAL MW	CRECIMIENTO
HISTÓRICOS		
1998	24,17	
1999	23,01	-4,8
2000	23,54	2,3
2001	23,00	-2,4
2002	26,30	14,4
2003	27,56	4,8
2004	28,33	2,8
2005	36,01	27,1
2006	42,71	18,6
2007	44,34	3,8
2008	37,90	-14,5
2009	35,51	-6,3
2010	47,81	34,6
2011	56,43	18
2012	60,87	7,9
2013	62,03	1,9
2014	70,60	13,8

Fuente: ELEPCO S:A

Recopilación: Grupo Investigador

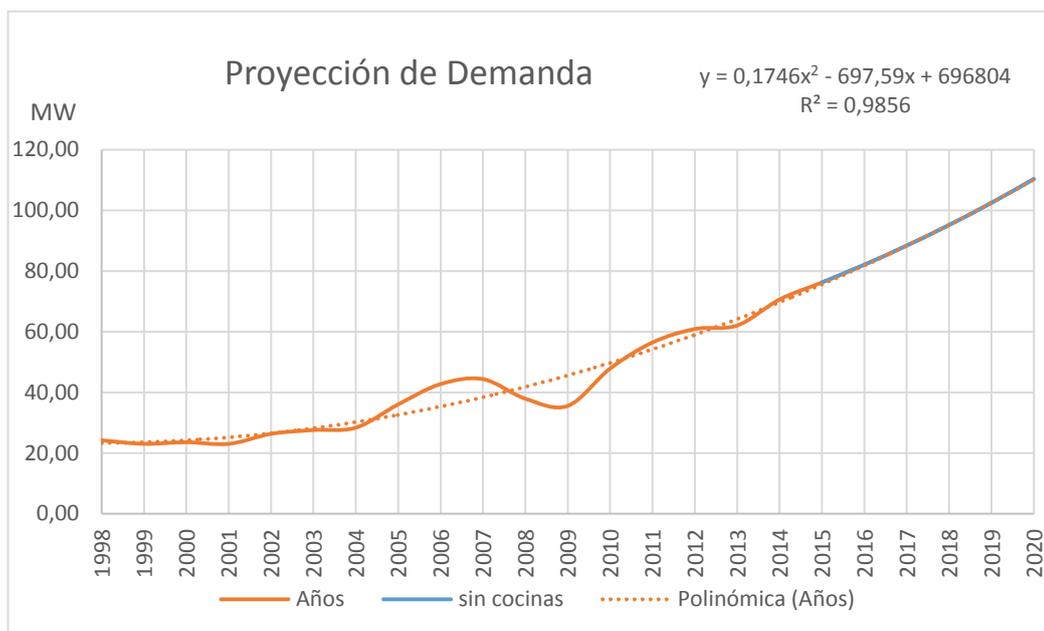
TABLA 24 PROYECCIÓN DE POTENCIA MÁXIMA

PRONOSTICO	
2015	76,23
2016	82,07
2017	88,37
2018	95,16
2019	102,46
2020	110,33

Fuente: Grupo Investigador
Recopilación: Grupo Investigador

La demanda máxima coincidente se ha tomado el 24 de junio del 2014 a las 12H00 para el análisis al medio día y las 7:30 para el análisis de la noche, a partir de estos datos se ha realizado la proyección hasta el año 2020

FIGURA 21 PROYECCIÓN DE DEMANDA



Fuente: Grupo Investigador
Recopilación: Grupo Investigador

La curva mostrada indica la tasa de crecimiento de potencia ELEPCO S.A, y de acuerdo a la proyección de demanda, la empresa consumirá 110,13 MW en el pico máximo para el año 2020. Para determinar la potencia al medio día se calcula el valor porcentual entre demanda a medio día y demanda a la noche. Además esta proyección no contempla el incremento de demanda para cocinas de inducción, por tal razón se debe utilizar el número de usuarios residenciales proyectados para adicionar la potencia debido al plan de cocción eficiente.

TABLA 25 DEMANDA MÁXIMA COINCIDENTE ELEPCO S.A. SIN COCINAS DE INDUCCIÓN.

Subestación	Alim	Demanda Actual 2014				Proyección de Demanda 2020			
		Medio día		Noche		Medio día		Noche	
		MW	MVAr	MW	MVAr	MW	MVAr	MW	MVAr
El Calvario	Salida 1	0,71	0,27	1,52	0,28	1,19	0,45	2,55	0,47
	Salida 2	2,29	0,68	2,50	0,77	3,84	1,14	4,19	1,29
	Salida 3	1,79	0,25	1,60	0,22	3,00	0,42	2,68	0,37
	Salida 4	1,39	0,62	2,30	0,49	2,33	1,04	3,85	0,82
San Rafael	Salida 1	2,60	1,10	3,30	0,80	4,35	1,84	5,53	1,34
	Salida 2	1,70	1,00	2,80	0,70	2,85	1,68	4,69	1,17
	Salida 3	2,60	0,76	3,21	0,93	4,35	1,27	5,38	1,56
Salcedo	Salida 1	2,49	1,33	3,73	1,14	4,17	2,23	6,25	1,91
	Salida 2	1,50	0,51	2,07	0,40	2,51	0,85	3,47	0,67
	Salida 3	1,33	0,42	1,56	0,21	2,23	0,70	2,61	0,35
	Salida 4	0,54	0,15	1,30	0,15	0,90	0,25	2,18	0,25
Mulaló	Salida 1	2,03	0,77	1,33	0,28	3,40	1,29	2,23	0,47
	Salida 2	1,83	0,80	3,16	0,78	3,06	1,34	5,29	1,31
	Salida 4	2,58	0,89	2,93	0,80	4,32	1,49	4,91	1,34
Lasso	Salida 1	1,56	0,90	2,58	0,68	2,61	1,51	4,32	1,14
	Salida 2	0,83	0,41	0,87	0,14	1,39	0,69	1,46	0,23
	Salida 3	0,88	0,54	0,73	0,13	1,47	0,90	1,22	0,22
	Salida 4	1,26	0,49	0,85	0,29	2,11	0,82	1,42	0,48
	Salida 5	4,18	1,47	4,23	1,41	7,00	2,46	7,08	2,36
	Salida 6	4,94	1,13	4,84	1,11	8,27	1,13	8,11	1,13
La Cocha	Salida 1	0,27	0,11	0,74	0,14	0,45	0,18	1,24	0,23
	Salida 2								
	Salida 3	1,05	0,31	1,27	0,26	1,76	0,52	2,13	0,44
	Salida 4	0,36	0,03	0,35	0,01	0,60	0,05	0,59	0,02
	Salida 5	2,07	0,94	2,98	0,70	3,47	1,58	4,99	1,17
La Maná	Salida 1	2,49	1,33	3,73	1,14	0,92	1,60	2,02	1,24
	Salida 2	1,50	0,51	2,07	0,40	0,50	0,87	0,96	0,58
	Salida 3	1,33	0,42	1,56	0,21	4,63	2,10	6,55	1,15
	Salida 4	0,54	0,15	1,30	0,15	2,44	1,25	3,66	0,65
Sigchos	Salida 1	0,30	0,06	0,77	0,05	0,50	0,10	1,29	0,08
	Salida 2	0,05	0,01	0,14	0,01	0,08	0,02	0,23	0,02
Pujilí	Salida 1	1,25	0,42	2,66	0,42	2,09	0,70	4,45	0,70
	Salida 2	0,97	0,40	1,59	0,30	1,62	0,67	2,66	0,50
Angamarca	Salida 1	0,05	0,02	0,09	0,03	0,08	0,03	0,15	0,02
Total		51,25	19,20	66,66	15,52	84,49	33,17	110,33	25,68

Fuente: Dirección de Planificación

Recopilación: Grupo Investigador

2.4.3. *Implemento de potencia por cocinas de Inducción*

El estrato residencial es el sector principalmente beneficiado por el implemento de cocinas de inducción; para ello se analizará el incremento de la demanda en cada alimentador de acuerdo al número de usuarios residenciales como se lo indica en la Tabla 22

El factor de coincidencia de acuerdo al método indicado anteriormente se lo determina de acuerdo al número de usuarios del alimentador; para la salida 1 del Calvario, Oriental, según su número de usuarios residenciales (2299), le corresponde una demanda diversificada de 0,16 kW según la Figura 10.

El factor de coincidencia del alimentador analizado resulta del cociente entre la demanda diversificada del número de usuarios y la demanda diversificada de uno solo es decir:

$$\text{factor coincidencia} = \frac{0,16 \text{ kW}}{0,6 \text{ kW}} = 0,267$$

La demanda que se incrementa para el análisis en el medio día debido al impacto de las cocinas de inducción corresponde al producto del número de usuarios totales proyectados de cada alimentador, la demanda individual de la cocina de inducción y el factor de coincidencia.

$$\text{Demanda incrementada medio dia} = 4165 * 0,0032 * 0,267 = 3,55 \text{ MW}$$

La demanda que se incrementa para el análisis en la noche corresponde al 60% del incremento al medio día.

$$\text{Demanda incrementada noche} = 0.6 * 3,55 = 2,13 \text{ MW}$$

Desarrollando este método para cada alimentador y agrupándolo por subestaciones, se tiene los incrementos y las nuevas demandas para el análisis de flujo de potencia.

En la Tabla 26 se indica el incremento de potencia con usuarios proyectados al año 2020 y afectados por el incremento de potencia debido al impacto de cocción eficiente para el medio día, correspondientes a la Zona Centro de ELEPCO S.A.

TABLA 26 INCREMENTO DE DEMANDA POR COCINAS DE INDUCCIÓN PARA EL MEDIO DÍA

Subestación	Alim	Medio día		Incremento		Total	
		MW	MVAr	MW	MVAr	MW	MVAr
El Calvario	Salida 1	1,19	0,45	3,55	1,34	4,74	1,79
	Salida 2	3,84	1,14	0,34	0,10	4,18	1,24
	Salida 3	3	0,42	0,83	0,12	3,83	0,54
	Salida 4	2,33	1,04	4,57	2,04	6,90	3,08
San Rafael	Salida 1	4,35	1,84	3,87	1,64	8,22	3,48
	Salida 2	2,85	1,68	2,30	1,36	5,15	3,04
	Salida 3	4,35	1,27	2,70	0,79	7,05	2,06
Salcedo	Salida 1	4,17	2,23	4,32	2,31	8,49	4,54
	Salida 2	2,51	0,85	2,87	0,97	5,38	1,82
	Salida 3	2,23	0,7	9,88	3,10	12,11	3,80
	Salida 4	0,9	0,25	4,71	1,31	5,61	1,56
Mulaló	Salida 1	3,4	1,29	2,33	0,88	5,73	2,17
	Salida 2	3,06	1,34	8,14	3,56	11,20	4,90
	Salida 4	4,32	1,49	0,30	0,10	4,62	1,59
Lasso	Salida 1	2,61	1,51	3,78	2,18	6,39	3,69
	Salida 2	1,39	0,69	3,09	1,53	4,48	2,22
	Salida 3	1,47	0,9	1,30	0,79	2,77	1,69
	Salida 4	2,11	0,82	0,38	0,15	2,49	0,97
	Salida 5	7	2,46	0,00	0,00	7,00	2,46
	Salida 6						
La Cocha	Salida 1	0,45	0,18	2,70	1,08	3,15	1,26
	Salida 2						
	Salida 3	1,76	0,52	2,34	0,69	4,10	1,21
	Salida 4	0,6	0,05	0,00	0,00	0,60	0,05
	Salida 5	3,47	1,58	5,34	2,43	8,81	4,01
Sigchos	Salida 1	0,5	0,1	4,51	0,90	5,01	1,00
	Salida 2	0,08	0,02	1,53	0,38	1,61	0,40
Pujilí	Salida 1	2,09	0,7	9,91	3,32	12,00	4,02
	Salida 2	1,62	0,67	11,77	4,87	13,39	5,54
Total		75,92	28,58	97,4	37,96	173,3	66,54

Fuente: Dirección de Planificación

Recopilación: Grupo Investigador

De la misma manera en la Tabla 27 se muestra el incremento de potencia con usuarios proyectados al año 2020 y afectados por el incremento de potencia debido al impacto de cocción eficiente para la noche, de acuerdo a la metodología expuesta anteriormente.

TABLA 27 INCREMENTO DE DEMANDA POR COCINAS DE INDUCCIÓN PARA LA NOCHE

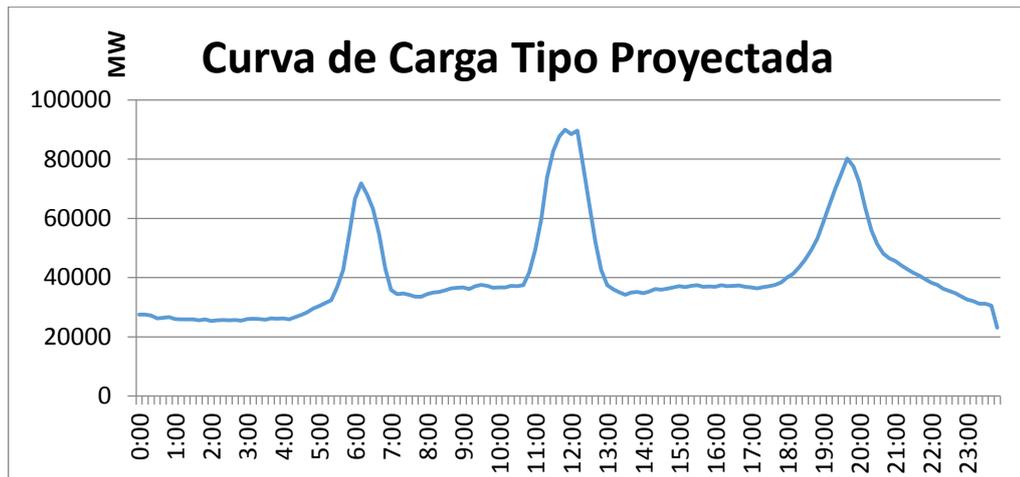
Subestación	Alim	Noche		Incremento		Total	
		MW	MVAr	MW	MVAr	MW	MVAr
El Calvario	Salida 1	2,55	0,47	2,13	0,39	4,68	0,86
	Salida 2	4,19	1,29	0,20	0,06	4,39	1,35
	Salida 3	2,68	0,37	0,50	0,07	3,18	0,44
	Salida 4	3,85	0,82	2,74	0,58	6,59	1,40
San Rafael	Salida 1	5,53	1,34	2,32	0,56	7,85	1,90
	Salida 2	4,69	1,17	1,38	0,34	6,07	1,51
	Salida 3	5,38	1,56	1,62	0,47	7,00	2,03
Salcedo	Salida 1	6,25	1,91	2,59	0,79	8,84	2,70
	Salida 2	3,47	0,67	1,72	0,33	5,19	1,00
	Salida 3	2,61	0,35	5,93	0,79	8,54	1,14
	Salida 4	2,18	0,25	2,82	0,32	5,00	0,57
Mulaló	Salida 1	2,23	0,47	1,40	0,29	3,63	0,76
	Salida 2	5,29	1,31	4,88	1,21	10,17	2,52
	Salida 4	4,91	1,34	0,18	0,05	5,09	1,39
Lasso	Salida 1	4,32	1,14	2,27	0,60	6,59	1,74
	Salida 2	1,46	0,23	1,85	0,29	3,31	0,52
	Salida 3	1,22	0,22	0,78	0,14	2,00	0,36
	Salida 4	1,42	0,48	0,23	0,08	1,65	0,56
	Salida 5	7,08	2,36	0,00	0,00	7,08	2,36
	Salida 6						
La Cocha	Salida 1	1,24	0,23	1,62	0,30	2,86	0,53
	Salida 2						
	Salida 3	2,13	0,44	1,40	0,29	3,53	0,73
	Salida 4	0,59	0,02	0,00	0,00	0,59	0,02
	Salida 5	4,99	1,17	3,21	0,75	8,20	1,92
Sigchos	Salida 1	1,29	0,08	2,70	0,17	3,99	0,25
	Salida 2	0,23	0,02	0,92	0,08	1,15	0,10
Pujilí	Salida 1	4,45	0,7	5,95	0,94	10,40	1,64
	Salida 2	2,66	0,5	7,06	1,33	9,72	1,83
Total		97	23,16	58,4	11,24	155,4	34,4

Fuente: Dirección de Planificación
 Recopilación: Grupo Investigador

Los valores mostrados en la Tabla 26 y Tabla 27 corresponden a la nueva demanda de ELEPCO S.A, en la zona centro, los cuales servirán para realizar corridas de flujo para el medio día y la noche respectivamente.

Se puede observar que se incrementa 97,4 MW para la noche y 58,4 MW para el medio día, y la demanda total sería en el medio día 173,3 MW y en la noche 155,4 MW. Se espera una curva de Carga con pico al medio día como se muestra en la Figura 22

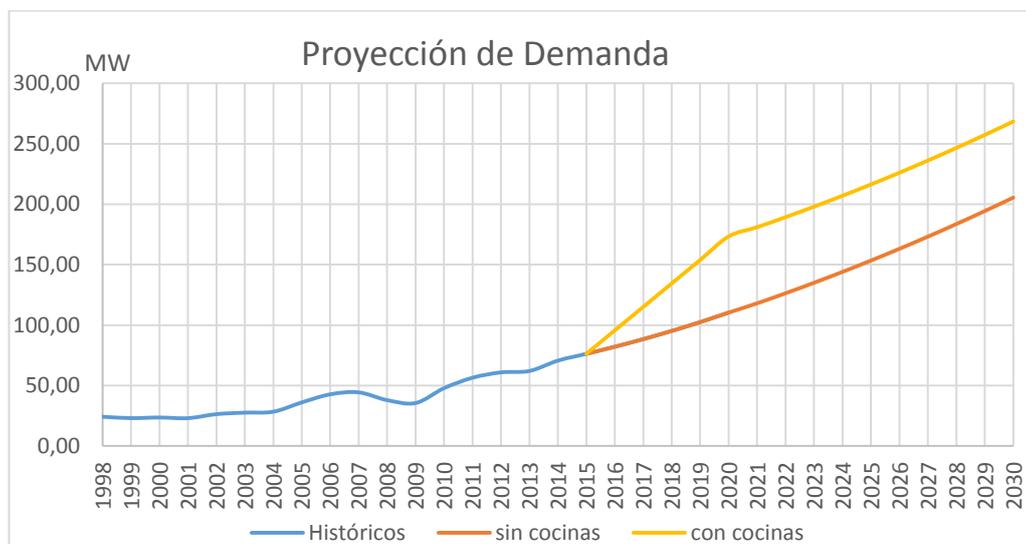
FIGURA 22 CURVA DE CARGA TIPO CON COCINAS DE INDUCCIÓN.



Fuente: Grupo Investigador
Recopilación: Grupo Investigador

Al estimar una curva de carga tipo diaria se espera que el incremento de demanda sea al momento de utilizar la cocina de inducción obteniendo el pico máximo de carga al medio día.

FIGURA 23 PROYECCIÓN DE DEMANDA CON COCINAS Y SIN COCINAS DE INDUCCIÓN.



Fuente: Grupo Investigador
Recopilación: Grupo Investigador

El incremento de potencia debido al plan de cocción eficiente, se verá afectado durante la transición de cocinas tradicionales a cocinas de inducción, durante el cual la potencia se incrementa súbitamente. Pasado este periodo la proyección de demanda seguirá la misma tendencia histórica como se muestra en la Figura 23.

2.5. Análisis del Incremento de Potencia en El Sistema de Subtransmisión de la Zona Centro ELEPCO S.A.

El gobierno Nacional a través del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable MEER, ha implantado el plan de cocción eficiente, este procedimiento contempla la sustitución de cocinas tradicionales por cocinas de inducción y está dirigido especialmente a los usuarios residenciales. El MEER ha indicado que se logrará disminuir el consumo de gas licuado de petróleo y aprovechar los nuevos proyectos de generación desarrollados en el país. Esto ha llevado a que todas las empresas distribuidoras realicen estudios eléctricos para solventar el incremento de potencia en sus redes eléctricas.

2.5.1. Consideraciones para el flujo de potencia con demanda proyecta y cocinas de inducción

El análisis para el incremento de potencia debido al plan de cocción eficiente se lo realiza en la zona centro del área de concesión de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi, para lo cual se utiliza información pertinente a los alimentadores pertenecientes a esta zona. El número de usuarios por alimentador se los puede tomar de la Tabla 22.

El análisis del incremento de demanda se lo realizará en dos etapas, ya que los usuarios adquieren las cocinas de inducción de manera progresiva y el incremento de demanda sigue esta secuencia. Es decir que hasta el año 2020 se prevé que todos los usuarios se acogerán al plan del gobierno nacional.

En base a este criterio se establece las demandas para una primera y segunda etapa tanto para el medio día como para la noche y se muestra en la Tabla 28 y Tabla 29, respectivamente.

TABLA 28 INCREMENTO PROGRESIVO DE LA DEMANDA AL MEDIO DÍA.

Subestación	Alim	I ETAPA (Hasta 2018)		II ETAPA Hasta (2020)	
		MW	MVAr	MW	MVAr
El Calvario	Salida 1	3,50	1,32	4,74	1,79
	Salida 2	4,01	1,19	4,18	1,24
	Salida 3	3,54	0,50	3,83	0,54
	Salida 4	5,30	2,37	6,90	3,08
San Rafael	Salida 1	6,87	2,91	8,23	3,48
	Salida 2	4,34	2,56	5,15	3,04
	Salida 3	6,11	1,78	7,05	2,06
Salcedo	Salida 1	7,41	3,96	8,49	4,54
	Salida 2	4,52	1,53	5,38	1,82
	Salida 3	7,17	2,25	12,10	3,80
	Salida 4	3,26	0,91	5,61	1,56
Mulaló	Salida 1	4,56	1,73	5,73	2,17
	Salida 2	7,54	3,30	11,21	4,91
	Salida 4	4,48	1,55	4,62	1,59
Lasso	Salida 1	4,50	2,60	6,39	3,70
	Salida 2	3,24	1,61	4,48	2,22
	Salida 3	2,25	1,38	2,77	1,70
	Salida 4	2,32	0,90	2,49	0,97
	Salida 5	4,2	1,5	4,2	1,5
	Salida 6				
La Cocha	Salida 1	1,80	0,72	3,15	1,26
	Salida 2	0,00	0,00	0,00	0,00
	Salida 3	3,40	1,00	4,10	1,21
	Salida 4	0,60	0,05	0,60	0,05
	Salida 5	6,14	2,79	8,81	4,01
Sigchos	Salida 1	2,76	0,55	5,01	1,00
	Salida 2	0,85	0,21	1,61	0,40
Pujilí	Salida 1	7,05	2,36	12,01	4,02
	Salida 2	9,27	3,84	13,39	5,54
Total		123,80	48,34	165,04	64,16

Fuente: Dirección de Planificación

Recopilación: Grupo Investigador

De acuerdo a la Tabla 28, La Empresa Eléctrica Cotopaxi, requerirá una potencia de 165,04 MW, lo que implica un cambio de potencia máxima en la curva tipo de demanda, es decir la demanda máxima ya no será en la noche sino se trasladará al medio día debido al incremento de carga por las cocinas de inducción.

TABLA 29 INCREMENTO PROGRESIVO DE LA DEMANDA EN LA NOCHE.

Subestación	Alim	I ETAPA (Hasta 2018)		II ETAPA Hasta (2020)	
		MW	MVAr	MW	MVAr
El Calvario	Salida 1	3,93	0,72	4,68	0,86
	Salida 2	4,29	1,32	4,39	1,35
	Salida 3	3,00	0,41	3,18	0,44
	Salida 4	5,64	1,20	6,60	1,40
San Rafael	Salida 1	7,04	1,71	7,85	1,90
	Salida 2	5,59	1,39	6,07	1,51
	Salida 3	6,43	1,86	6,99	2,03
Salcedo	Salida 1	8,19	2,50	8,84	2,70
	Salida 2	4,67	0,90	5,19	1,00
	Salida 3	5,58	0,75	8,54	1,15
	Salida 4	3,59	0,41	5,00	0,57
Mulaló	Salida 1	2,93	0,62	3,62	0,76
	Salida 2	7,98	1,98	10,18	2,52
	Salida 4	5,00	1,37	5,08	1,39
Lasso	Salida 1	5,45	1,44	6,59	1,74
	Salida 2	2,57	0,40	3,31	0,52
	Salida 3	1,69	0,30	2,00	0,36
	Salida 4	1,55	0,52	1,65	0,56
	Salida 5	4,2	1,5	4,2	1,5
	Salida 6		0,00		0,00
La Cocha	Salida 1	2,05	0,38	2,86	0,53
	Salida 2	0,00		0,00	
	Salida 3	3,11	0,64	3,53	0,73
	Salida 4	0,59	0,02	0,59	0,02
	Salida 5	6,59	1,55	8,20	1,92
Sigchos	Salida 1	2,64	0,16	3,99	0,25
	Salida 2	0,69	0,06	1,15	0,10
Pujilí	Salida 1	7,43	1,17	10,40	1,64
	Salida 2	7,25	1,36	9,72	1,83
Total		122,55	27,52	147,29	32,15

Fuente: Dirección de Planificación

Recopilación: Grupo Investigador

2.5.2. Análisis de Incremento de potencia en la Primera Etapa

De acuerdo a la demanda proyectada en la primera etapa tanto para el medio día como la noche, se tiene los siguientes resultados.

- Los transformadores de las subestaciones Salcedo, Pujilí, San Rafael, La Cocha, Mulaló y Lasso sufren sobrecargas con la demanda proyectada, las cuales pueden causar daños en el equipo y la salida de las subestaciones nombradas. Esta sobrecarga se indica en la Tabla 30.
- La línea de Subtransmisión Mulaló Laygua transmite energía a las subestaciones Centro de Rehabilitación, La Cocha, San Rafael y Pujilí y de acuerdo a la demanda proyectada a corto plazo en las subestaciones mencionadas, sufre una sobrecarga mayor el 100%, dichos datos se tabulan en la Tabla 30
- La demanda máxima en el alimentador 3 de la subestación El Calvario, alimentador 1 de Mulaló, alimentador 3 y alimentador 4 de Lasso, presentan la demanda pico al medio día, es decir debido al impacto de las cocinas de inducción la demanda pico tiende a trasladarse de la noche al medio día, en los alimentadores mencionados.
- Las caídas de voltaje a 69 kV llegan a 0,92 p.u. en la barra de la subestación Pujilí, la más alejada eléctricamente del sistema de interconexión Mulaló. Es decir esta subestación se alimenta a 63,48 kV, valor que se encuentra por debajo del permitido en la Regulación 004/001 del Arconel.
- La interconexión existente entre la subestación La Cocha y El Calvario, la cual transmite energía a 13,8 kV, y dimensionada con calibre 3/0, se encuentra a 117% de su cargabilidad. Incrementando las pérdidas en esta línea y la probabilidad de fallas en la misma. Cabe indicar que si esta interconexión sale de servicio, la subestación El Calvario queda alimentada solo de las generadoras Illuchi 1 e Illuchi 2, las cuales bajo estas condiciones no abastecen a la demanda de la subestación.
- La demanda máxima en el alimentador 3 de la subestación El Calvario, alimentador 3 de Salcedo, alimentador 1 de Mulaló, alimentador 2 de

Lasso, presentan la demanda pico al medio día, es decir debido al impacto de las cocinas de inducción la demanda pico tiende a trasladarse de la noche al medio día, en los alimentadores mencionados.

A continuación se presenta los reportes de flujo de potencia sin mejoras, en las cuales se observan las falencias al incrementar la demanda en la primera etapa.

TABLA 30 REPORTES DE LÍNEAS Y TRANSFORMADORES EN LA PRIMERA ETAPA

From Name	Desde	To Name	Hasta	Status	From MW	From Mvar	From MVA	Lim MVA	Max Perct	MW Loss
LÍNEAS DE TRANSMISIÓN										
ML_69	Mulaló_69	ND_1	Der Famil	Closed	25,4	12,1	28,2	51,9	54,3	0,15
ML_69	Mulaló_69	ND_2	Der Laygua	Closed	62,8	43,8	76,5	51,9	147,5	2,17
LA_69	Lasso_69	SG_69	Sigchos_69	Closed	3,6	1	3,8	51,9	7,3	0,02
ND_1	Der Famil	LA_69	Lasso_69	Closed	20,4	10,3	22,9	51,9	44,1	0,05
ND_2	Der Laygua	CH_69	La Cocha_69	Closed	21,9	7,4	23,1	51,9	44,5	0,17
CH_13,8	La Cocha_13,8	CV_13,8	El Calvar_13,8	Closed	9,1	-0,6	9,1	7,2	127	0,45
SR_69	San Rafel_69	PJ_69	Pujilí_69	Closed	17,4	16,9	24,3	51,9	46,8	0,24
ND_3	Der C. Rehabl	SR_69	San Rafel_69	Closed	35,7	29,4	46,2	51,9	89	0,69
SR_69	San Rafel_69	ND_4	Der San Juan	Open	0	0	0	56	0	0
IL2_13,8	Illuchi2_13,8	CV_13,8	El Calvar_13,8	Closed	4,9	4	6,3	8,9	70,3	0,22
IL1_22	Illuchi1_22	CV_22	El Calvario_22	Closed	3,6	4	5,4	14,7	36,6	0,49
ND_4	Der San Juan	SA_69	Salcedo_69	Closed	-4,5	-1,7	4,8	56	8,7	0,01
SA_69	Salcedo_69	ND_5	Der Fairis	Closed	-27,9	-14,6	31,5	56	57,9	0,47
ND_5	Der Fairis	FR_69	Fairis_69	Closed	1,6	0,7	1,7	34	5	0
ND_4	Der San Juan	HO_69	Holcim_69	Closed	4,5	1,7	4,8	56	8,6	0
ND_1	Der Famil	FM_69	Familia_69	Closed	4,9	1,5	5,1	56	9,1	0
ND_3	Der C. Rehabl	CR_69	C Rehabl_69	Closed	2,5	1	2,7	40,8	6,6	0
ND_2	Der Laygua	ND_3	Der C. Rehabl	Closed	38,7	31,6	50	51,9	96,3	0,57
AMB_69	Ambato_69	ND_5	Der Fairis	Closed	30,6	18,1	35,5	56	63,5	0,68
TRANSFORMADORES										
From Name	Desde	To Name	Hasta	Status	From MW	From Mvar	From MVA	Lim MVA	Max Perct	MW Loss
ML_69	Mulaló_69	ML_13,8	Mulaló_13,8	Closed	16,7	8,7	18,9	12,5	151	0,15
LA_69	Lasso_69	LA_13,8	Lasso_13,8	Closed	16,7	9,2	19,1	13	146,8	0,16
SG_69	Sigchos_69	SG_13,8	Sigchos_13,8	Closed	3,6	0,9	3,7	5	74,9	0,02
CH_69	La Cocha_69	CH_13,8	La Cocha_13,8	Closed	21,7	7	22,8	12,5	182,5	0,71
SR_69	San Rafel_69	SR_13,8	San Rafel_13,8	Closed	17,6	11	20,7	13	159,2	0,23
PJ_69	Pujilí_69	PJ_13,8	Pujilí_13,8	Closed	17,2	16,4	23,7	5	474,7	0,88

CV_13,8	El Calvar_13,8	CV_22	El Calvar_22	Closed	-3,1	-3,3	4,5	5,2	92,8	0,03
SA_69	Salcedo_69	SA_13,8	Salcedo_13,8	Closed	23,3	12,9	26,6	12,5	213,2	0,97
FR_69	Fairis_69	FR_13,8	Fairis_13,8	Closed	1,6	0,6	1,7	5	33,7	0
HO_69	Holcim_69	HO_13,8	Holcim_13,8	Closed	4,5	1,7	4,8	9	53,7	0,01
FM_69	Familia_69	FM_13,8	Familia_13,8	Closed	4,9	1,5	5,1	12,5	40,7	0,03
CR_69	C Rehabl_69	CR_13,8	C Rehabl_13,8	Closed	2,5	1	2,7	3,5	76,5	0
IL1_22	Illuchi1_22	IL1_2,4	Illuchi1_2,4	Closed	-3,6	-4	5,4	6,5	82,8	0
IL2_13,8	Illuchi2_13,8	IL2_2,4	Illuchi2_2,4	Closed	-4,9	-4	6,3	6,5	96,8	0

Fuente: POWERWOLD

Recopilación: Grupo Investigador

TABLA 31 REPORTES DE GENERACIÓN EN LA PRIMERA ETAPA

Name	Barra	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)	Gen MW	Gen Mvar
GENERACIÓN						
ML_69	Mulaló_69	1	69	0	104,94	64,63
AMB_69	Ambato_69	1	69	0	30,56	18,1
IL2_2,4	Illuchi2_2,4	0,92529	2,221	-9,74	4,8	4
IL1_2,4	Illuchi1_2,4	1,00007	2,4	-12,82	3,6	3,99

Fuente: POWERWOLD

Recopilación: Grupo Investigador

TABLA 32 REPORTES DE BARRAS A 69 Kv. EN LA PRIMERA ETAPA

Name	Barra	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)
BARRAS 69 kV				
LA_69	Lasso_69	0,98573	68,015	-0,7
SG_69	Sigchos_69	0,97643	67,374	-1,43
CH_69	La Cocha_69	0,92994	64,166	-2,91
SR_69	San Rafel_69	0,88882	61,328	-3,81
PJ_69	Pujilí_69	0,86918	11,995	-4,32
CV_22	El Calvario_22	0,89528	19,696	-11,04
SA_69	Salcedo_69	0,93156	64,278	-3,26
FR_69	Fairis_69	0,95592	65,959	-2,42
HO_69	Holcim_69	0,92721	63,977	-3,55
FM_69	Familia_69	0,98959	68,282	-0,52
CR_69	C Rehabl_69	0,91781	63,329	-2,89
IL1_22	Illuchi1_22	0,99736	21,942	-12,96
IL2_13,8	Illuchi2_13,8	0,92166	12,719	-10,01
ND_1	Der Famil	0,98993	68,306	-0,49
ND_2	Der Laygua	0,9415	64,964	-2,14
ND_3	Der C. Rehabl	0,91841	63,37	-2,86
ND_4	Der San Juan	0,92747	127,991	-3,53
ND_5	Der Fairis	0,96002	66,242	-1,84

Fuente: POWERWOLD

Recopilación: Grupo Investigador

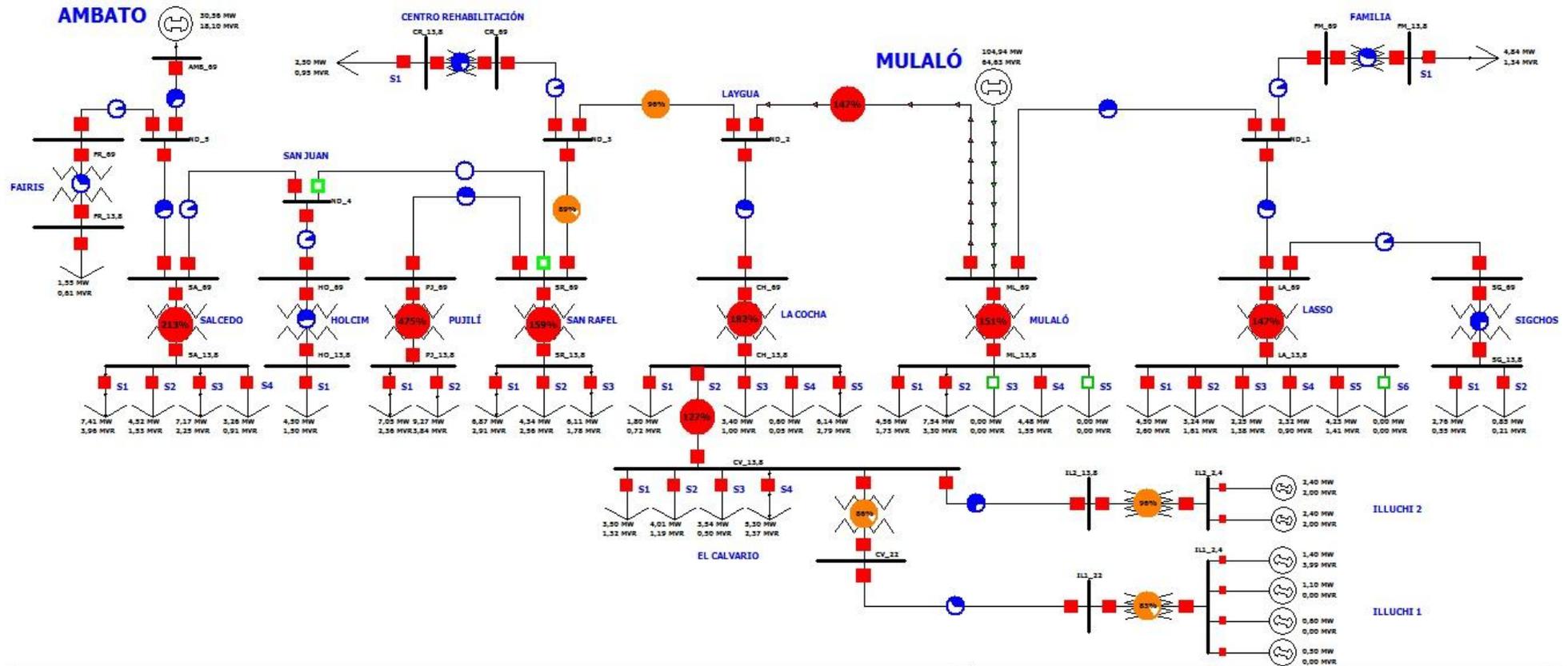
TABLA 33 REPORTES DE BARRAS A 13,8 kV. EN LA PRIMERA ETAPA

Name	Barra	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)	Load MW	Load Mvar
BARRAS 13,8 kV						
ML_13,8	Mulaló_13,8	0,94513	13,043	-5,93	16,58	6,58
LA_13,8	Lasso_13,8	0,94686	13,067	-4,12	16,54	7,9
SG_13,8	Sigchos_13,8	0,96239	13,281	-3,81	3,61	0,76
CH_13,8	La Cocha_13,8	0,87056	12,014	-10,26	11,94	4,56
SR_13,8	San Rafel_13,8	0,80621	11,126	-13,11	17,32	7,25
PJ_13,8	Pujilí_13,8	0,63779	8,801	-27,34	16,32	6,2
CV_13,8	El Calvario_13,8	0,83268	11,491	-14,19	16,35	5,38
SA_13,8	Salcedo_13,8	0,83803	11,565	-11,02	22,36	8,65
FR_13,8	Fairis_13,8	0,94493	13,04	-3,72	1,55	0,61
HO_13,8	Holcim_13,8	0,91075	12,568	-5,94	4,5	1,5
FM_13,8	Familia_13,8	0,97636	13,474	-1,9	4,84	1,34
CR_13,8	C Rehabl_13,8	0,91677	12,651	-3,06	2,5	0,95

Fuente: POWERWORLD

Recopilación: Grupo Investigador

FIGURA 24 SISTEMA ELÉCTRICO DE ELEPCO S.A, ACTUAL CON DEMANDAS EN LA PRIMERA ETAPA



Fuente: POWERWORLD
 Recopilación: Grupo Investigador

2.5.3. Análisis de Incremento de potencia en la Segunda Etapa

De acuerdo a la demanda proyectada en la segunda etapa tanto para el medio día como la noche, se tiene los siguientes resultados.

- Los transformadores de las subestaciones, Sigchos, San Rafael y Nueva Salcedo sufren sobrecargas con la demanda proyectada, las cuales pueden causar daños en el equipo y la salida de las subestaciones mencionadas. Esta sobrecarga se indica en la Tabla 34
- La línea de Subtransmisión Tanicuchi Saquisilí transmite energía a las subestaciones Pujilí, San Rafael y Zumbahua de acuerdo a la demanda proyectada a Segunda Etapa en las subestaciones mencionadas, sufre una sobrecarga mayor al 80%, dichos datos se tabulan en la Tabla 34.
- Las caídas de voltaje a 69 kV llegan a 0,91 p.u. en la barra de la subestación Pujilí, la más alejada eléctricamente del sistema de interconexión Mulaló. Es decir esta subestación se alimenta a 62,79 kV, valor que se encuentra por debajo del permitido en la Regulación 004/001 del Arconel.

A continuación se presenta los reportes de flujo de potencia sin mejoras, en las cuales se observan las falencias al incrementar la demanda para la segunda etapa.

TABLA 34 REPORTES DE LÍNEAS Y TRANSFORMADORES DE LA SEGUNDA ETAPA

From Name	Desde	To Name	Hasta	Status	From MW	From Mvar	From MVA	Lim MVA	Max Perct	MW Loss
LÍNEAS DE TRANSMISIÓN										
ML_69	Mulaló_69	ND_1	Der Famil	Closed	28,2	8,7	29,5	51,9	56,9	0,17
ML_69	Mulaló_69	ND_2	Der Laygua	Closed	19,2	5,6	20	51,9	38,6	0,15
LA_69	Lasso_69	SG_69	Sigchos_69	Closed	5,2	0,8	5,3	51,9	10,2	0,04
ND_1	Der Famil	LA_69	Lasso_69	Closed	23,2	6,9	24,2	51,9	46,6	0,05
ND_2	Der Laygua	CH_69	La Cocha_69	Closed	19,1	5,3	19,8	51,9	38,2	0,12
CH_13,8	La Cocha_13,8	CV_13,8	El Calvario_13,8	Closed	6,4	-0,4	6,4	8,2	78,7	0,19
ND_3	Der C. Rehabl	SR_69	San Rafel_69	Closed	-2,5	-0,9	2,7	51,9	5,1	0
SR_69	San Rafel_69	ND_4	Der San Juan	Open	0	0	0	56	0	0

SR_69	San Rafael_69	ND_6	Deriv P_SR	Closed	-23,8	-10,7	26,1	80,7	32,5	0,04
PJ_69	Pujilí_69	ND_6	Deriv P_SR	Closed	-20,8	-8,2	22,4	80,7	27,9	0,06
ZH_69	Zumbahua_69	PJ_69	Pujilí_69	Closed	-5,2	-1	5,3	80,7	6,7	0,04
IL2_13,8	Illuchi2_13,8	CV_13,8	El Calvario_13,8	Closed	4,8	3,8	6,1	8,9	68,9	0,18
IL1_22	Illuchi1_22	CV_22	El Calvario_22	Closed	3,6	0,8	3,7	14,7	25,2	0,23
ND_4	Der San Juan	SA_69	Salcedo_69	Closed	-4,5	-1,7	4,8	56	8,6	0,01
ND_5	Der Fairis	SA_69	Salcedo_69	Closed	14,9	4,2	15,5	56	27,6	0,1
FR_69	Fairis_69	FR_13,8	Fairis_13,8	Closed	1,6	0,6	1,7	5	33,7	0
ND_5	Der Fairis	FR_69	Fairis_69	Closed	1,6	0,7	1,7	34	5	0
ND_4	Der San Juan	HO_69	Holcim_69	Closed	4,5	1,7	4,8	34	14,2	0
FM_69	Familia_69	FM_13,8	Familia_13,8	Closed	4,8	1,4	5	12,5	40,3	0,03
ND_1	Der Famil	FM_69	Familia_69	Closed	4,8	1,4	5	56	9	0
CR_69	C Rehabl_69	CR_13,8	C Rehabl_13,8	Closed	2,5	0,9	2,7	3,5	76	0
ND_3	Der C. Rehabl	CR_69	C Rehabl_69	Closed	2,5	0,9	2,7	40,8	6,5	0
ND_3	Der C. Rehabl	ND_2	Der Laygua	Open	0	0	0	51,9	0	0
AMB_69	Ambato_69	ND_5	Der Fairis	Closed	16,6	5,3	17,4	56	31,1	0,16
SQ_69	Saquisilí_69	TCH_69	Tanicuchi_69	Closed	-60,8	-27,7	66,8	80,7	85,5	0,8
ND_6	Deriv P_SR	SQ_69	Saquisilí_69	Closed	-44,7	-19,3	48,7	80,7	62,3	0,59
SA2_69	Salcedo2_69	LT_69	Latacunga_69	Closed	-17,5	-5,9	18,5	80,7	23	0,02
LT_69	Latacunga_69	LC_69	Locoa_69	Closed	6	1,4	6,2	80,7	7,7	0,01
From Name	Desde	To Name	Hasta	Status	From MW	From Mvar	From MVA	Lim MVA	Max Perct	MW Loss
TRANSFORMADORES										
ZH_69	Zumbahua_69	ZH_13,8	Zumbahua_13,8	Closed	5,2	1	5,3	20	26,6	0,01
LC_69	Locoa_69	LC_13,8	Locoa_13,8	Closed	6	1,4	6,2	30	20,6	0,02
ML_69	Mulaló_69	ML_13,8	Mulaló_13,8	Closed	8,7	2,7	9,1	12	76,1	0,04
LA_69	Lasso_69	LA_13,8	Lasso_13,8	Closed	17,9	6	18,9	30	63	0,15
SG_69	Sigchos_69	SG_13,8	Sigchos_13,8	Closed	5,2	0,7	5,2	5	104,6	0,03
CH_69	La Cocha_69	CH_13,8	La Cocha_13,8	Closed	19	5	19,6	30	65,4	0,24
SR_69	San Rafael_69	SR_13,8	San Rafael_13,8	Closed	21,3	9,8	23,4	30	78,2	0,37
PJ_69	Pujilí_69	PJ_13,8	Pujilí_13,8	Closed	15,5	7	17	20	85,2	0,4
CV_13,8	El Calvar_13,8	CV_22	El Calvar_22	Closed	-3,4	-0,5	3,4	5,2	66,2	0,02
SA_69	Salcedo_69	SA_13,8	Salcedo_13,8	Closed	10,3	2,3	10,5	12,5	84	0,05
HO_69	Holcim_69	HO_13,8	Holcim_13,8	Closed	4,5	1,7	4,8	9	53,6	0,01
IL1_22	Illuchi1_22	IL1_2,4	Illuchi1_2,4	Closed	-3,6	-0,8	3,7	6,5	56,9	0
IL2_13,8	Illuchi2_13,8	IL2_2,4	Illuchi2_2,4	Closed	-4,8	-3,8	6,1	6,5	94,8	0
SQ_69	Saquisilí_69	SQ_13,8	Saquisilí_13,8	Closed	15,5	5,8	16,5	30	55,1	0,17
SA2_69	Salcedo2_69	SA2_13,8	Salcedo2_13,8	Closed	17,5	5,9	18,5	30	61,8	0,15

Fuente: POWERWORLD

Recopilación: Grupo Investigador

TABLA 35 REPORTES DE GENERACIÓN DE LA SEGUNDA ETAPA

Name	Barra	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)	Gen MW	Gen Mvar
GENERACIÓN						
LT_69	Latacunga_69	1	138	0	23,6	7,42
AMB_69	Ambato_69	1	69	0	16,59	5,3
TCH_69	Tanicuchi_69	1	138	0	61,57	31,16
IL2_2,4	Illuchi2_2,4	1,00001	2,4	-7,95	4,8	3,86
IL1_2,4	Illuchi1_2,4	1,00001	2,4	-6,87	3,6	0,84
ML_69	Mulaló_69	1	69	0	56,18	16,92

Fuente: POWERWOLD

Recopilación: Grupo Investigador

TABLA 36 REPORTES DE BARRAS DE 69 kV DE LA SEGUNDA ETAPA

Name	Barra	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)
BARRAS 69 kV				
LA_69	Lasso_69	0,98721	68,118	-0,86
SG_69	Sigchos_69	0,97663	67,387	-1,85
CH_69	La Cocha_69	0,97951	67,586	-1,42
SR_69	San Rafel_69	0,9326	64,349	-5,14
PJ_69	Pujilí_69	0,93084	12,846	-5,32
CV_22	El Calvario_22	0,93009	20,462	-8,44
SA_69	Salcedo_69	0,97374	67,188	-1,91
FR_69	Fairis_69	0,98023	67,636	-1,67
HO_69	Holcim_69	0,96959	66,902	-2,17
FM_69	Familia_69	0,99056	68,348	-0,62
CR_69	C Rehabl_69	0,93071	64,219	-5,25
IL1_22	Illuchi1_22	0,99944	21,988	-7,01
IL2_13,8	Illuchi2_13,8	0,99676	13,755	-8,18
ND_1	Der Famil	0,99089	68,372	-0,6
ND_2	Der Laygua	0,98837	68,198	-0,79
ND_3	Der C. Rehabl	0,93129	64,259	-5,22
ND_4	Der San Juan	0,96984	133,839	-2,16
ND_5	Der Fairis	0,98422	67,911	-1,11
SQ_69	Saquisilí_69	0,96756	133,523	-2,37
SA2_69	Salcedo2_69	0,99763	137,672	-0,22
ND_6	Deriv P_SR	0,93677	129,274	-4,8
ZH_69	Zumbahua_69	0,9178	126,656	-7,07
LC_69	Locoa_69	0,99767	137,678	-0,28

Fuente: POWERWOLD

Recopilación: Grupo Investigador

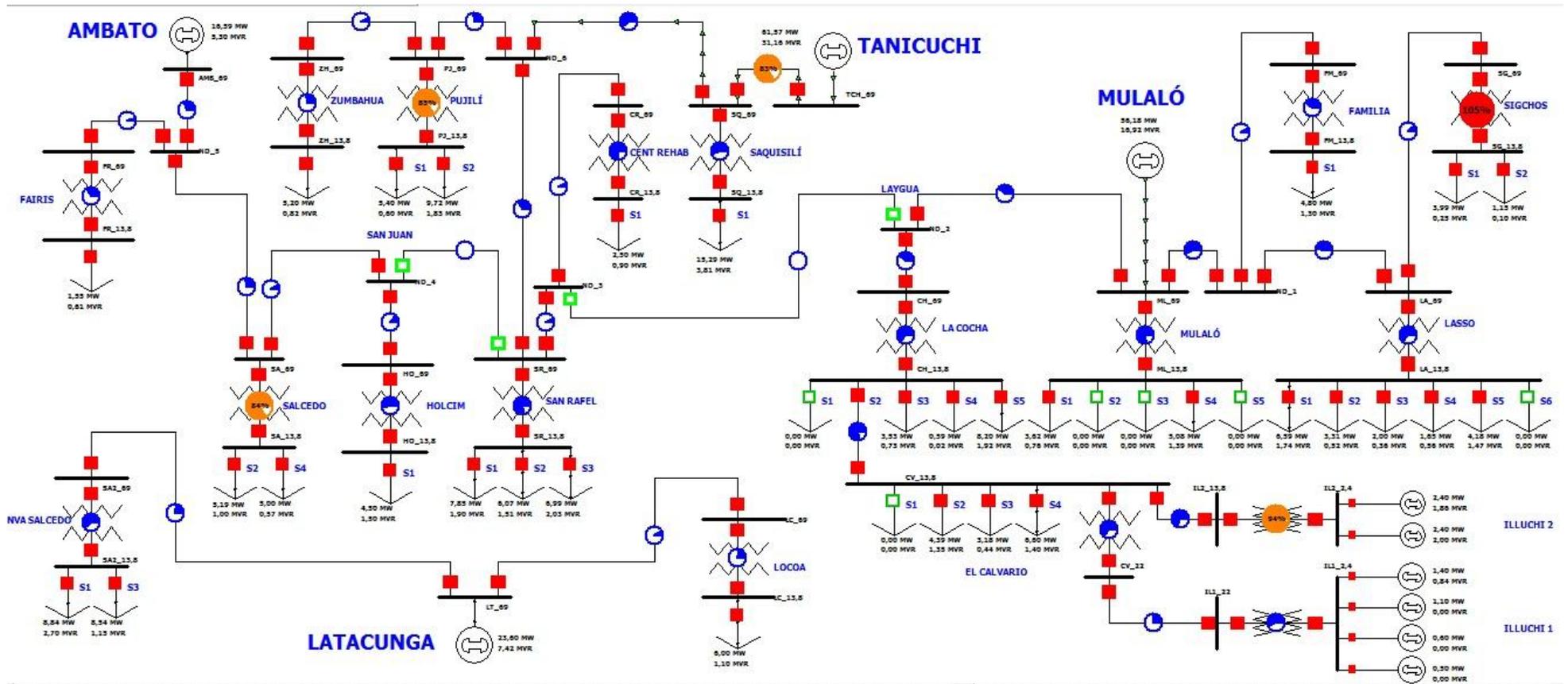
TABLA 37 REPORTES DE BARRAS DE 13,8 kV DE LA SEGUNDA ETAPA

Name	Barra	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)	Load MW	Load Mvar
BARRAS 13,8 kV						
ML_13,8	Mulaló_13,8	0,9816	13,546	-3,03	8,7	2,15
LA_13,8	Lasso_13,8	0,96001	13,248	-4,58	17,73	4,65
SG_13,8	Sigchos_13,8	0,96445	13,309	-5,28	5,14	0,35
CH_13,8	La Cocha_13,8	0,94189	12,998	-9,35	12,32	2,67
SR_13,8	San Rafel_13,8	0,86038	11,873	-15,23	20,91	5,44
PJ_13,8	Pujilí_13,8	0,83751	11,558	-20,6	15,12	2,43
CV_13,8	El Calvario_13,8	0,91633	12,645	-11,67	14,17	3,19
SA_13,8	Salcedo_13,8	0,95721	13,209	-5,67	10,19	1,57
FR_13,8	Fairis_13,8	0,96953	13,38	-2,91	1,55	0,61
HO_13,8	Holcim_13,8	0,95395	13,165	-4,36	4,5	1,5
FM_13,8	Familia_13,8	0,9776	13,491	-2	4,8	1,3
CR_13,8	C Rehabl_13,8	0,92974	12,83	-5,42	2,5	0,9
SQ_13,8	Saquisilí_13,8	0,92295	127,367	-8,98	15,29	3,81
SA2_13,8	Salcedo2_13,8	0,9598	132,453	-6,44	17,38	3,85
ZH_13,8	Zumbahua_13,8	0,90929	125,483	-9,21	5,2	0,82
LC_13,8	Locoa_13,8	0,98555	136,005	-2,64	6	1,1

Fuente: POWERWORLD

Recopilación: Grupo Investigador

FIGURA 25 SISTEMA ELÉCTRICO DE ELEPCO S.A. ACTUAL CON DEMANDAS EN LA SEGUNDA ETAPA



Fuente: POWERWOLD
 Recopilación: Grupo Investigador

CAPÍTULO III

PROPUESTA

REFORZAMIENTO DEL SISTEMA DE SUBTRANSMISIÓN CONSIDERANDO EL INCREMENTO DE LA DEMANDA DEBIDO AL IMPACTO DE LAS COCINAS DE INDUCCIÓN

3.1. Introducción

De acuerdo a la decisión tomada por el Presidente de la República sobre el Programa de Cocción eficiente, el cual está basado en la sustitución de Gas Licuado de Petróleo por electricidad para la cocción, aplicado principalmente al sector residencial, es necesario que las empresas distribuidoras realicen una evaluación de la infraestructura en la red eléctrica, para indicar las falencias y proponer los cambios necesarios en la infraestructura y garantizar un servicio de calidad una vez realizado el implemento de las cocinas de inducción.

El presente estudio se realiza empleando el Programa Computacional Powerworld, donde los parámetros de líneas y transformadores se han determinado de acuerdo a las características de cada conductor y equipo utilizado.

Para estimar con mayor veracidad el estado actual del Sistema de Subtransmisión, se indica los correspondientes equivalentes de Red en los nodos frontera ubicada en las Subestaciones Mulaló, Salcedo y La Maná. Además las cargas totales a la salida de cada subestación, de acuerdo a los datos registrados por los analizadores

ION 7600 ubicados a la cabecera del alimentador; dichos analizadores muestran datos de los principales parámetros eléctricos del alimentador con un intervalo de 10 minutos. Los usuarios que sirve ELEPCO S.A. de energía eléctrica se los categoriza en Tarifa Residencial, Comercial, Industrial y Otros. De los cuales el sector residencial constituye el mayor estrato y es en este sector donde se implementarán las cocinas de inducción.

Finalmente se considerará la proyección de la demanda hasta el año 2020, asegurando así su funcionamiento en el tiempo indicado, manteniendo la confiabilidad del sistema y sirviendo a todos los usuarios presentes con energía eléctrica de calidad.

3.2. Justificación del Problema

En la actualidad la energía que se transporta por las líneas de Subtransmisión y transformadores de potencia abastece en la totalidad la demanda requerida por los usuarios de la zona centro de Cotopaxi, con niveles considerables de Cargabilidad.

Y con el incremento masivo de las cocinas de inducción para el futuro es necesario desarrollar un estudio en el cual se índice las posibles mejoras para abastecer la demanda del sistema, además realizar el reforzamiento de las redes eléctricas como lo indica el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables (MEER) en su segundo eje de intervención del programa de eficiencia energética para la cocción por inducción y calentamiento de agua por electricidad. Con el objetivo de mejorar las condiciones de suministro de energía eléctrica.

El presente proyecto pretende que la energía eléctrica que suministra ELEPCO S.A, a sus clientes, cumpla con los parámetros y normas que exige el ARCONEL. Según la norma 004/01 Calidad del servicio eléctrico.

Debido al que el estudio se basa en simulaciones de corrida de flujos en el programa computacional Powerworld el mismo que es un software libre el costo del estudio resulta económico.

El proyecto cuenta con el auspicio de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi la misma que proporcionará información actualizada. Y será presentado a la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A para su conocimiento y acciones pertinentes.

3.3. Objetivos

3.3.1. Objetivo General

Realizar un Análisis Técnico y Económico del reforzamiento del Sistema de Subtransmisión a 69kV de la Zona Centro de ELEPCO S.A mediante el análisis de flujos de potencia utilizando el software Powerworld para despejar las posibles falencias debido al incremento de potencia por la incorporación masiva de las cocinas de inducción.

3.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar los cambios óptimos tanto técnicamente como económicamente en el Sistema de Subtransmisión, para despejar las falencias presentadas debido al incremento de potencia.
- Establecer el correcto crecimiento de demanda durante la transición de cocinas tradicionales a cocinas de inducción, planteadas en el plan de cocción eficiente.
- Analizar los indicadores económicos que justifiquen la inversión frente al plan de cocción eficiente.

3.4. Desarrollo de La Propuesta

Con la implementación del plan masivo del uso de cocinas de inducción por parte del estado ecuatoriano, es necesario establecer el escenario de operación del sistema para el cual se realizará la corrida de flujos de potencia, además el incremento de la demanda debido al crecimiento de la población, son factores que obligan a una planificación adecuada, de manera que se ponga en evidencia las condiciones operativas más exigentes sobre cada uno de los elementos. Se

presenta dos escenarios con un incremento progresivo analizando los cambios graduales a realizarse para mantener el sistema en correcto funcionamiento.

3.4.1. Mejoras para el reforzamiento del Sistema

Para solventar los problemas analizados en la primera etapa, se ha implementado varios cambios en la red, los mismos que solucionan los problemas para medio día y noche. Dichos cambios se citan a continuación.

- Se ha implementado una subestación de 230 kV en el sector de Tanicuchí, esto se lo ha realizado para efectuar un nuevo punto de interconexión en el Sistema Nacional Interconectado y abastecer de energía la parte centro sur del sistema eléctrico de ELEPCO S.A.
- Se ha incrementado la capacidad de la subestación la subestación Sigchos de 5 MVA a 20 MVA, debido al incremento en este sector.
- Se ha implementado nuevas líneas de Subtransmisión que va desde Tanicuchí hasta un punto intermedio entre Sigchos y Lasso de 556,5 mcm ACSR, 6,65 km a 69 kV. De este nodo creado se puede alimentar a la subestación Familia Sancela, para una mayor confiabilidad.
- Se ha incrementado la capacidad de la subestación Lasso de 12 MVA a 30 MVA, debido al incremento en este sector.
- Se ha incrementado la capacidad de la subestación Mulaló de 12 MVA a 30 MVA, debido al incremento en este sector
- Se ha implementado la subestación Saquisilí, con una potencia de 30 MVA la cual alimenta parte de la demanda del alimentador 2 de Mulaló, 042 Saquisilí-Guaytacama, parte del alimentador 1 de San Rafael, 021 Brigada Patria –Calera y parte del alimentador 2 de Lasso, 052 Tamicuchí – Río Blanco que asciende a una potencia de 14,75 MW y 6,90 MVar
- Para la subestación Saquisilí se debe instalar una línea de Subtransmisión desde Tanicuchi- Saquisili, de 556,5 mcm ACSR, de 7,74 km a 69 kV. Y se alivia la demanda en la subestaciones Mulaló, San Rafael y Lasso, debido a la desconexión del 70 % de la demanda del alimentador 1 de dicha subestación.

- Se implementa una línea de subtransmisión que va desde la subestación Saquisilí hasta un punto intermedio entre la Subestación San Rafael y Pujilí a 556,5 mcm de 9,8 km
- Se ha implementado la subestación Latacunga de 138 kV a 69 kV en el sector Salcedo Oriental, esto se lo ha realizado para efectuar un nuevo punto de interconexión en el Sistema Nacional Interconectado y abastecer de energía al sector de Salcedo.
- Se Se ha implementado la subestación Nueva Salcedo, con una potencia de 30 MVA la cual alimenta la demanda del alimentador 1 de salcedo, 031 Salcedo Norte – Oriental y el alimentador 3 de salcedo, 031 Salcedo Norte Oriental.
- Para la subestación Nueva Salcedo se debe instalar una línea de Subtransmisión de 556,5 mcm ACSR, de 6,5 km a 69 kV. Y se alivia la demanda en la subestación Salcedo, debido a la desconexión del 70 % de la demanda del alimentador 1 de dicha subestación.
- Se ha creado una nueva subestación Locoá, la cual energiza el alimentador 1, 011 Oriental y alimentador 3, del Calvario y alimentador 1, 061 Yugsiloma , de La Cocha con un transformador de 30 MVA.
- Para la subestación Locoá se debe instalar una línea de Subtransmisión de 556,5 mcm ACSR, de 8,88 km a 69 kV. Disminuyendo la demanda en la subestación La Cocha y El Calvario, debido a la desconexión de los alimentadores 1 de cada subestación.
- Se ha implementado la línea de subtransmisión Locoá – La Cocha a 556,5 mcm de 4,5 km para para alimentar esta subestación desde el nuevo punto de interconexión Latacunga.
- Se ha repotenciado la subestación La Cocha de 12,5 MVA a 30 MVA ya que esta subestación soporta la demanda propia y del Calvario a través de la interconexión
- Se ha implementado la subestación Zumbahua, con una potencia de 20 MVA la cual alimenta la demanda del alimentador 1 de Pujilí, 101 La Victoria - Isinche – Zumbahua, que asciende a una potencia de 5,20 MW, y 0,82 MVar. Dicha subestación alimenta el sector Zumbahua.

- Para la subestación Zumbahua se debe instalar una línea de Subtransmisión de 556,5 mcm ACSR, de 55,00 km a 69 kV. Y se alivia la demanda en la subestación Pujilí, debido a la desconexión del 70 % de la demanda del alimentador 1 de dicha subestación.
- Se ha incrementado la capacidad de la subestación San Rafael de 12 MVA a 30 MVA, la subestación Pujilí de 5 MVA a 30 MVA y la subestación Salcedo de 12MVA a 30 MVA.
- Se incrementa una línea de subtransmisión desde un punto intermedio entre Fairis y Salcedo Hasta el punto de conexión entre San Rafael y Pujilí de 556,5 mcm ACSR, 4,46 km a 69 kV. Saquisilí hasta el Centro de Rehabilitación de 556,5 mcm ACSR, 3 km a 69 kV. Locoá hasta La Cocha de 556,5 mcm ACSR, 4,5 km a 69 kV.
- Se ha realizado una transferencia del alimentador 1 de San Rafael hasta Saquisilí. El alimentador 2 de Lasso hasta la subestación Sigchos, El 90% de la Salida 2 de Mulaló hasta Saquisilí, la demanda del alimentador 1 de la Cocha a la subestación Locoá, el alimentador 1 y el 28% del alimentador 2 del Calvario hasta la subestación Locoá
- Se ha implementado banco de capacitores para mejorar el perfil de voltaje y el factor de potencia en las subestaciones Nueva Salcedo, Salcedo, San Rafael, La Cocha, Mulaló, Lasso y Pujilí.
- Además se tiene cuatro puntos de interconexión con el S.N.I. mejorando la confiabilidad del sistema eléctrico.

A continuación se presenta los reportes de flujo de potencia, una vez realizada las mejoras indicadas anteriormente, se presenta la corrida de flujo del caso crítico solventado con las mejoras anteriores.

**TABLA 38 FLUJO DE POTENCIA CON MEJORAS AL MEDIO DÍA DE
LÍNEAS Y TRANSFORMADORES**

From Name	Desde	To Name	Hasta	Status	From MW	From Mvar	From MVA	Lim MVA	Max Percent	MW Loss
LÍNEAS DE TRANSMISIÓN										
ND_2	Der Laygua	ML_69	Mulaló_69	Closed	-2,5	-0,9	2,7	51,9	5,1	0
ND_1	Der Famil	ML_69	Mulaló_69	Closed	-20,8	-2,5	20,9	51,9	40,6	0,09
ND_7	Deriv Sigchos	LA_69	Lasso_69	Open	0	0	0	80,7	0	0
ND_1	Der Famil	LA_69	Lasso_69	Closed	16	1,1	16	51,9	30,8	0,02
ND_7	Deriv Sigchos	SG_69	Sigchos_69	Closed	11,4	5,7	12,7	80,7	15,7	0,06
LC_69	Locoa_69	CH_69	La Cocha_69	Closed	15,1	2,1	15,2	80,7	18,8	0,02
CH_69	La Cocha_69	ND_2	Der Laygua	Open	0	0	0	51,9	0	0
CH_13,8	La Cocha_13,8	CV_13,8	El Calvario_13,8	Closed	4,4	2,3	4,9	8,2	60,7	0,11
SR_69	San Rafel_69	ND_4	Der San Juan	Open	0	0	0	56	0	0
SR_69	San Rafel_69	ND_6	Deriv P_SR	Closed	-15,8	-2,4	16	80,7	19,8	0,02
SR_69	San Rafel_69	ND_3	Der C. Rehabl	Open	0	0	0	51,9	0	0
PJ_69	Pujilí_69	ND_6	Deriv P_SR	Closed	-26	-11,7	28,5	80,7	35,7	0,09
ZH_69	Zumbahua_69	PJ_69	Pujilí_69	Closed	-11,5	-5	12,5	80,7	16,3	0,23
IL2_13,8	Illuchi2_13,8	CV_13,8	El Calvario_13,8	Closed	4,4	2,4	5	8,9	56,5	0,12
IL1_22	Illuchi1_22	CV_22	El Calvario_22	Closed	3,6	-0,1	3,6	14,7	24,5	0,22
ND_4	Der San Juan	SA_69	Salcedo_69	Closed	-4,5	-1,7	4,8	56	8,6	0,01
ND_8	Deriv Salcedo	SA_69	Salcedo_69	Closed	20,5	2,5	20,7	80,7	25,6	0,1
ND_5	Der Fairis	FR_69	Fairis_69	Closed	1,6	0,7	1,7	34	5	0
ND_4	Der San Juan	HO_69	Holcim_69	Closed	4,5	1,7	4,8	34	14,2	0
ND_7	Deriv Sigchos	FM_69	Familia_69	Open	0	0	0	80,7	0	0
ND_1	Der Famil	FM_69	Familia_69	Closed	4,8	1,4	5	56	9	0
SQ_69	Saquisilí_69	CR_69	C Rehabl_69	Open	0	0	0	80,7	0	0
ND_3	Der C. Rehabl	CR_69	C Rehabl_69	Closed	2,5	0,9	2,7	40,8	6,5	0
AMB_69	Ambato_69	ND_5	Der Fairis	Closed	22,4	4	22,7	80,7	28,2	0,28
ND_5	Der Fairis	ND_8	Deriv Salcedo	Closed	20,6	2,7	20,7	80,7	25,7	0,04
SQ_69	Saquisilí_69	TCH_69	Tanicuchi_69	Closed	-57,5	-20	60,9	120	52,1	0,66
TCH_69	Tanicuchi_69	ND_7	Deriv Sigchos	Closed	11,4	5,8	12,8	80,7	15,8	0,02
ND_6	Deriv P_SR	SQ_69	Saquisilí_69	Closed	-41,9	-14,6	44,4	80,7	56,4	0,47
SA2_69	Salcedo2_69	LT_69	Latacunga_69	Closed	-15,9	-0,9	15,9	80,7	19,7	0,01
LT_69	Latacunga_69	LC_69	Locoa_69	Closed	27,3	6,4	28	80,7	34,7	0,15
ND_8	Deriv Salcedo	ND_6	Deriv P_SR	Open	0	0	0	80,7	0	0
ND_3	Der C. Rehabl	ND_2	Der Laygua	Closed	-2,5	-0,9	2,7	51,9	5,1	0
TRANSFORMADORES										
ML_69	Mulaló_69	ML_13,8	Mulaló_13,8	Closed	15,9	-1,1	15,9	30	53	0,11
LA_69	Lasso_69	LA_13,8	Lasso_13,8	Closed	15,9	1	16	30	53,2	0,11
SG_69	Sigchos_69	SG_13,8	Sigchos_13,8	Closed	11,3	5,4	12,5	20	62,6	0,2

CH_69	La Cocha_69	CH_13,8	La Cocha_13,8	Closed	15	2	15,2	30	50,6	0,14
SR_69	San Rafael_69	SR_13,8	San Rafael_13,8	Closed	15,8	2,4	16	30	53,2	0,17
PJ_69	Pujilí_69	PJ_13,8	Pujilí_13,8	Closed	14,3	5,7	15,4	30	51,3	0,32
CV_13,8	El Calvari_13,8	CV_22	El Calvario_22	Closed	-3,4	0,4	3,4	5,2	65,1	0,02
SA_69	Salcedo_69	SA_13,8	Salcedo_13,8	Closed	15,9	0,3	15,9	30	53	0,11
FR_69	Fairis_69	FR_13,8	Fairis_13,8	Closed	1,6	0,6	1,7	5	33,7	0
HO_69	Holcim_69	HO_13,8	Holcim_13,8	Closed	4,5	1,7	4,8	9	53,6	0,01
FM_69	Familia_69	FM_13,8	Familia_13,8	Closed	4,8	1,4	5	12,5	40,3	0,03
CR_69	C Rehabl_69	CR_13,8	C Rehabl_13,8	Closed	2,5	0,9	2,7	3,5	76	0
IL1_22	Illuchi1_22	IL1_2,4	Illuchi1_2,4	Closed	-3,6	0,1	3,6	6,5	55,4	0
IL2_13,8	Illuchi2_13,8	IL2_2,4	Illuchi2_2,4	Closed	-4,4	-2,4	5	6,5	77,6	0
SQ_69	Saquisilí_69	SQ_13,8	Saquisilí_13,8	Closed	15,2	3,3	15,5	30	51,7	0,15
SA2_69	Salcedo2_69	SA2_13,8	Salcedo2_13,8	Closed	15,9	0,9	15,9	30	53,1	0,11
ZH_69	Zumbahua_69	ZH_13,8	Zumbahua_13,8	Closed	11,5	5	12,5	30	41,7	0,08
LC_69	Locoa_69	LC_13,8	Locoa_13,8	Closed	12,1	3,6	12,6	30	42,1	0,1

Fuente: PowerWorld

Recopilación: Grupo Investigador

TABLA 39 FLUJO DE POTENCIA CON MEJORAS AL MEDIO DÍA EN LAS BARRAS DE GENERACIÓN

Name	Barra	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)	Gen MW	Gen Mvar
GENERACIÓN						
IL1_2,4	Illuchi1_2,4	1	2,4	-0,17	3,6	-0,06
IL2_2,4	Illuchi2_2,4	1	2,4	-2,22	4,4	2,47
PUNTOS DE INTERCONEXIÓN						
AMB_69	Ambato_69	1	69	0	22,39	4
ML_69	Mulaló_69	1	69	-0,6	39,24	2,55
TCH_69	Tanicuchi_69	1	69	0	69,56	28,67
LT_69	Latacunga_69	1	69	0	43,22	7,4

Fuente: PowerWorld

Recopilación: Grupo Investigador

TABLA 40 FLUJO DE POTENCIA CON MEJORAS AL MEDIO DÍA EN LAS BARRAS DE 69 kV.

Name	Barra	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)
BARRAS 69 kV				
LA_69	Lasso_69	0,99318	68,529	-1,28
SG_69	Sigchos_69	0,98116	67,7	-1,34
CH_69	La Cocha_69	0,98717	68,115	-1,63
SR_69	San Rafael_69	0,94766	65,388	-4,8
PJ_69	Pujilí_69	0,94119	12,988	-5,2
CV_22	El Calvario_22	0,94055	20,692	-2,65

SA_69	Salcedo_69	0,97299	67,136	-3,27
FR_69	Fairis_69	0,97903	67,553	-2,16
HO_69	Holcim_69	0,96884	66,85	-3,54
FM_69	Familia_69	0,99455	68,624	-1,1
CR_69	C Rehabl_69	0,99687	68,784	-0,78
IL1_22	Illuchi1_22	1,00004	22,001	-0,32
IL2_13,8	Illuchi2_13,8	0,99793	13,771	-2,43
ND_4	Der San Juan	0,96909	66,867	-3,52
ND_5	Der Fairis	0,98302	67,828	-1,61
SQ_69	Saquisilí_69	0,97416	67,217	-2,29
SA2_69	Salcedo2_69	0,99891	68,925	-0,21
ND_6	Deriv P_SR	0,9492	65,494	-4,57
ZH_69	Zumbahua_69	0,89472	61,735	-8,88
LC_69	Locoa_69	0,98956	68,28	-1,26
ND_7	Deriv Sigchos	0,99472	68,636	-0,37
ND_2	Der Laygua	0,99831	68,884	-0,7
ND_1	Der Famil	0,99489	68,647	-1,08
ND_3	Der C. Rehabl	0,99741	68,821	-0,75
ND_8	Deriv Salcedo	0,97988	67,612	-2,11

Fuente: PowerWorld

Recopilación: Grupo Investigador

TABLA 41 FLUJO DE POTENCIA CON MEJORAS AL MEDIO DÍA EN LAS BARRAS DE 13,8 kV.

Name	Barra	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)	Load MW	Load Mvar
BARRAS 13,8 kV						
ML_13,8	Mulaló_13,8	0,9993	13,79	-4,13	15,75	4,96
LA_13,8	Lasso_13,8	0,9844	13,585	-4,59	15,83	7,84
SG_13,8	Sigchos_13,8	0,91433	12,618	-8,91	11,1	3,62
CH_13,8	La Cocha_13,8	0,97194	13,413	-5,02	10,5	4,51
SR_13,8	San Rafel_13,8	0,93005	12,835	-8,66	15,6	6,52
PJ_13,8	Pujilí_13,8	0,86389	11,922	-18,7	13,99	5,75
CV_13,8	El Calvario_13,8	0,94074	12,982	-5,85	11,93	3,92
SA_13,8	Salcedo_13,8	0,96689	13,343	-7	15,78	4,9
FR_13,8	Fairis_13,8	0,96831	13,363	-3,4	1,55	0,61
HO_13,8	Holcim_13,8	0,95319	13,154	-5,72	4,5	1,5
FM_13,8	Familia_13,8	0,98165	13,547	-2,46	4,8	1,3
CR_13,8	C Rehabl_13,8	0,99596	13,744	-0,92	2,5	0,9
SQ_13,8	Saquisilí_13,8	0,95352	13,159	-5,78	15	6,9
SA2_13,8	Salcedo2_13,8	0,99049	13,669	-3,74	15,79	6,82
ZH_13,8	Zumbahua_13,8	0,85881	11,852	-13,92	11,4	3,81
LC_13,8	Locoa_13,8	0,96069	13,257	-6,15	12	2,5

Fuente: PowerWorld

Recopilación: Grupo Investigador

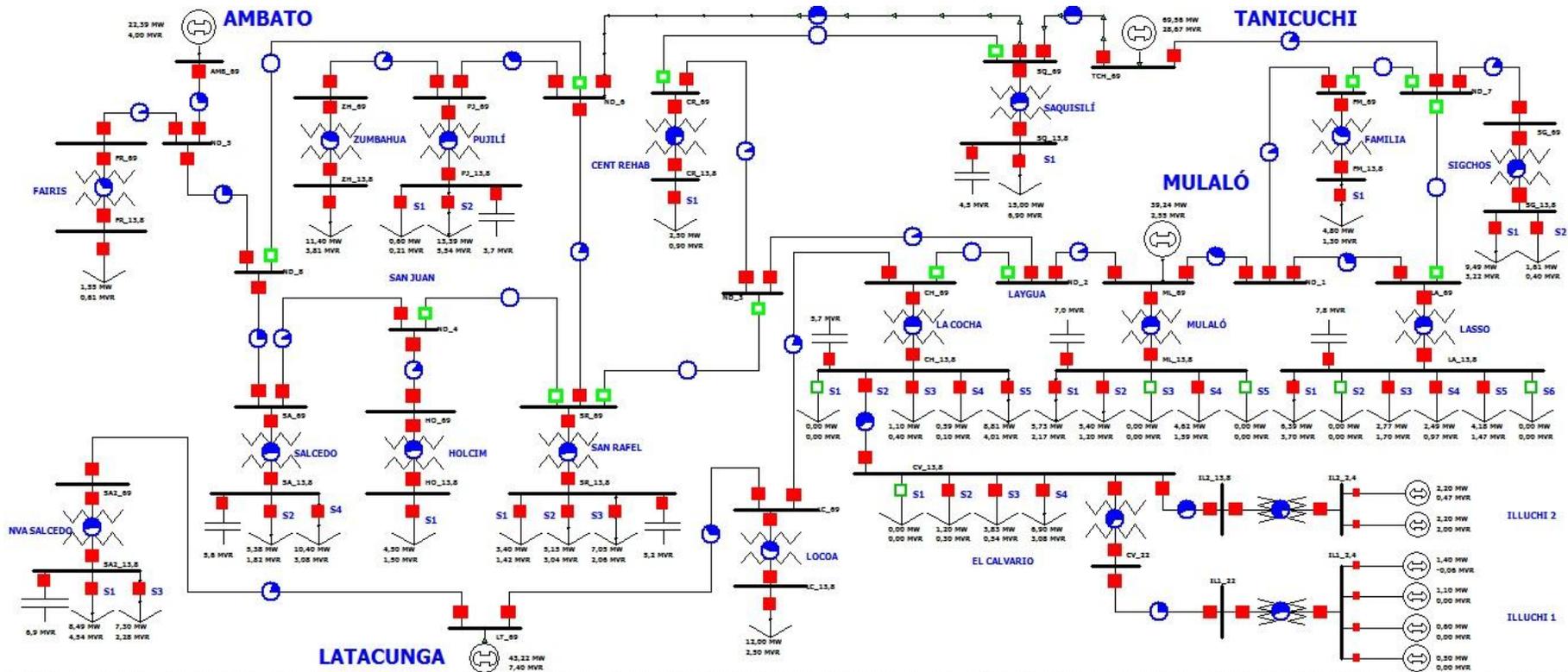
Con las mejoras realizadas, las líneas de transmisión operan bajo el límite de transmisión de potencia máxima, sin embargo transmiten alrededor del 80% de cargabilidad.

La subestación Saquisilí implementada, toma la carga de tres alimentadores, de San Rafal, Mulaló y Lasso.

En este escenario es posible realizar un sistema en anillo y realizar transferencias de carga, resolver problemas en caso de contingencia dando así mayor estabilidad al sistema y confiabilidad, una vez ingresadas las cocinas de inducción.

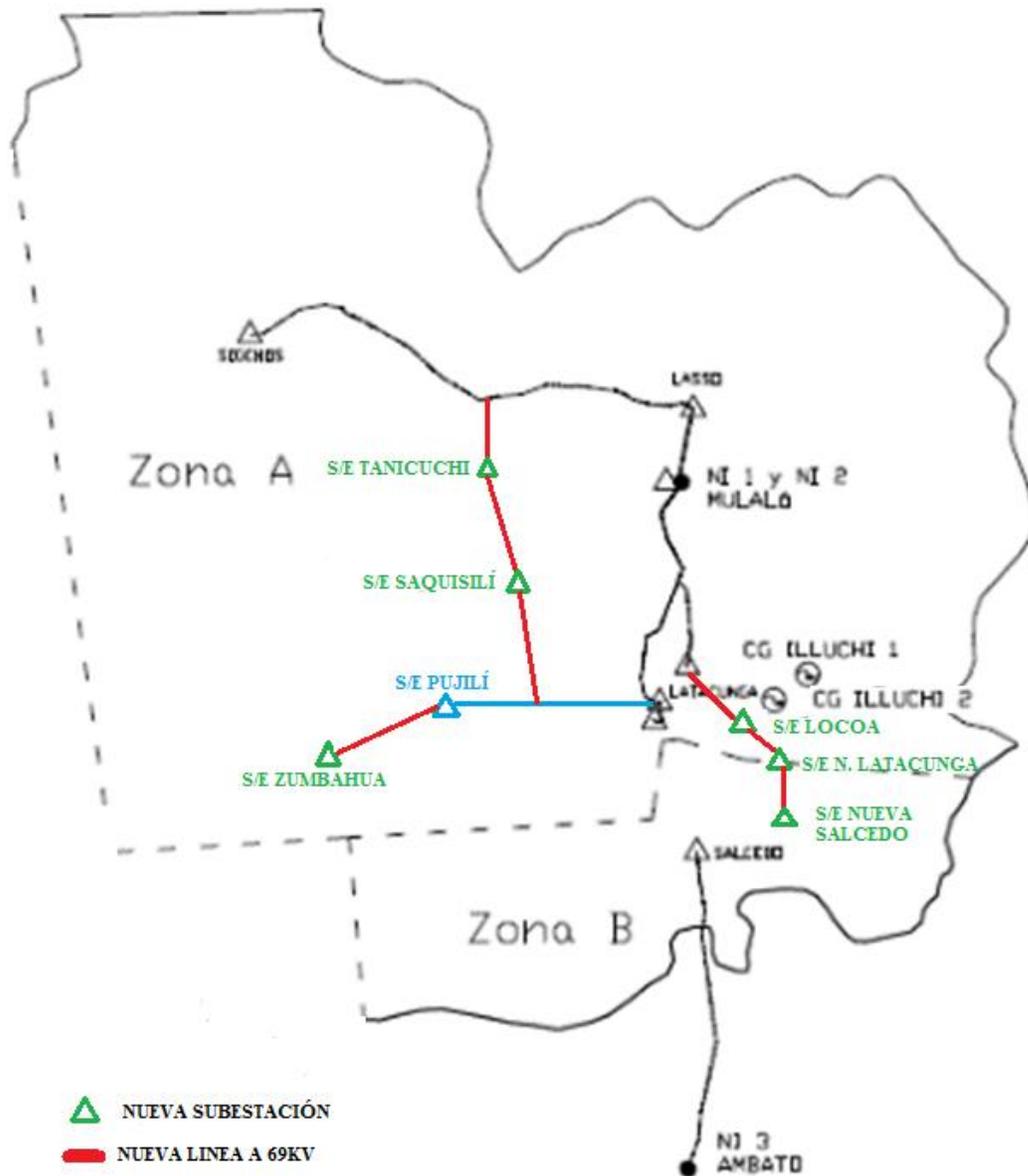
Las subestaciones se han repotenciado de tal manera que su cargabilidad sea inferior al 50 % para asegurar la continuidad del servicio en los años futuros.

FIGURA 26 SISTEMA ELÉCTRICO DE ELEPCO S.A. PROYECTADO AL AÑO 2020 CON MEJORAS AL MEDIO DÍA



Fuente: PowerWorld
 Recopilación: Grupo Investigador

FIGURA 27 NUEVA CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA DEL LA ZONA CENTRO DE ELEPCO S.A A NIVEL DE 69 kV



Fuente: PowerWorld
Recopilación: Grupo Investigado

La Figura 27 muestra el nuevo sistema eléctrico de potencia tipo radial de la zona centro de ELEPCO S.A, donde se incorporaran líneas y subestaciones con el cual garantizara un servicio de calidad a los usuarios conforme a lo que establece el ARCONEL en su regulación 004/001 calidad de servicio eléctrico.

3.4.2. Análisis Económico

Para solventar el incremento de demanda debido al impacto de las cocinas de inducción, se ha realizado los siguientes cambios a lo largo del tiempo de análisis, para determinar un precio referencial de inversión para el análisis técnico propuesto.

TABLA 42 RESUMEN DE MODIFICACIONES EN EL SISTEMA DE SUBTRANSMISIÓN

MEJORAS ELEPCO S.A.		
Implementación	Nombre	Cant
Repotenciación	San Rafael, Lasso, Pujilí, Mulaló, Sigchos	5
Subestaciones	Zumbahua, Locoá, Tanicuchí Latacunga, Saquisilí, Nueva Salcedo	6
Líneas de Transmisión	Tanicuchi - Sigchos (6,65 km) Saquisilí –Tanichuchi (7,74) Locoa - La Cocha (4,5 km) Zumbahua -Pujili (55 km) Locoa -Latacunga (8,88 km) Saquisilí –San Rafael (9,8 km) Latacunga -Nueva Salcedo (6,5 km)	7
Capacitores	Nueva Salcedo, Salcedo, San Rafael, La Cocha, Mulaló, Lasso, Pujilí	7

Fuente: Grupo Investigador
Recopilación: Grupo Investigador

En la Tabla 41 se muestra la descripción del montaje de una subestación sin tomar en cuenta el transformador de potencia, el cual debe ser anexado de acuerdo a la potencia proyectada para el análisis económico total. En la repotenciación de las subestaciones se toma en cuenta únicamente el cambio de transformador de la misma.

TABLA 43 MATERIALES DEL MONTAJE DE UNA SUBESTACIÓN

ITEM	DESCRIPCIÓN	Cant.	VALOR
1. EQUIPOS			
1	Panel de alimentadores	5	240000,00
2	Panel de Entrada Transformador	1	48000,00
3	Panel de Servicios Auxiliares	1	18000,00
4	Baterías y Cargador	1	24000,00
SUBTOTAL 1			330000,00
2. MATERIALES			
5	Pórtico de hierro de 69kV.	1	7.200
6	Malla de puesta a tierra	1	3.600
7	Cables de Fuerza,	Grupo	6.000
8	Puntas Terminales 15 KV, conectores	Grupo	4.800
9	Mislaneos	1	1.200
SUBTOTAL 2			22.800
3. MONTAJE ELECTROMECAÁNICO Y PRUEBAS			
10	Montaje Electromecánico	1	24.000
11	Pruebas	1	12.000
12	Mano de obra de la malla de puesta a tierra	1	1.200
SUBTOTAL 3			37.200
4. TRANSPORTE Y SEGUROS			
13	GIS – Transformador	1	3.600
14	Equipos y materiales	Grupo	2.400
SUBTOTAL 4			6.000
5. OBRAS CIVILES			
15	Implantación general y cerramiento perimetral.	1	14.400
16	Sala de control y bases del GIS - Transformador	1	26.400
17	Instalaciones Sanitarias	1	4.800
18	Casa de Guardián	1	4.800
19	Vías de acceso y Parqueadero (Adoquinados)	1	9.600
20	Jardines y obras de arte	1	1.200
21	Cisterna y equipo hidromecánico	1	4.800
SUBTOTAL 5			66.000

Fuente: Grupo Investigador
Recopilación: Grupo Investigador

TABLA 44 DETALLE DE RUBROS SUBESTACIÓN

DETALLE DE RUBROS		
a.	Equipos	330.000,00
b.	Materiales	22.800,00
c.	Montaje y Pruebas	37.200,00
d.	Transporte y Seguros	6.000,00
e.	Obras civiles	66.000,00
TOTAL DEL PRESUPUESTO REFERENCIAL		462.000,00

Fuente: Grupo Investigador
Recopilación: Grupo Investigador

TABLA 45 MATERIALES DEL MONTAJE DE UNA SUBESTACIÓN

Ítem	Descripción	Cant.	Precio Uni.	Total
1	Estructuras y anclajes	5	2.400	14.400,00
2	Conductor de Al reforzado con alma de acero tipo ACSR, 565 MCM	3.050	3	10.980,00
3	Cable de acero galvanizado de 5/16" Ø, mínima a la rotura 12000 lbs	1.000	1.200	1.440,00
Total de materiales				12.420,00

Fuente: Grupo Investigador
Recopilación: Grupo Investigador

TABLA 46 DETALLE DE RUBROS LÍNEA DE SUBTRANSMISIÓN

a.	Materiales	12.420,00
b.	Mano de Obra	12.120,00
c.	Transporte	1.920,00
d.	Indemnizaciones y otros gastos	1080
TOTAL REFERENCIAL PARA 1 Km DE LÍNEA		27.540,00

Fuente: Grupo Investigador
Recopilación: Grupo Investigador

A continuación se presenta el rubro total del análisis técnico, en los cuales no se toma en cuenta la Subestación Tanicuhí y Latacunga, ya que por se subestaciones a 138 kV, esta debe ser gestionada y construida por transeletric, ya que constituyen nuevos puntos de interconexión

TABLA 47 INVERSIÓN TOTAL

Cantidad	Detalle	Estación	Transformador	Valor Total
6,64	Tanicuchi - Sigchos	27.540,00	0	182865,6
7,74	Saquisilí –Tanichuchi	27.540,00	0	213.159,60
4,5	Locoa - La Cocha	27.540,00	0	123.930,00
55	Zumbahua -Pujili	27.540,00	0	1.514.700,00
8,88	Locoa -Latacunga	27.540,00	0	244.555,20
9,8	Saquisilí –San Rafael	27.540,00	0	269.892,00
6,5	Latacunga -Nueva Salcedo	27.540,00	0	179.010,00
1	Saquisilí 30 MVA	462.000,00	380000	842.000,00
1	Nueva Salcedo 30MVA	462.000,00	380000	842.000,00
1	Zumbahua 30 MVA	462.000,00	300000	762.000,00
1	Locoa 30 MVA	462.000,00	380000	842.000,00
1	Pujilí 30 MVA	0	380000	380.000,00
1	San Rafel 30 MVA	0	380000	380.000,00
1	Lasso 30 MVA	0	380000	380.000,00
1	Mulaló 30MVA	0	380000	380.000,00
1	Sigchos 20MVA	0	300000	300.000,00
7	Capacitores	1.200,00		8.400,00
TOTAL				7.844.512,40

Fuente: Grupo Investigador
Recopilación: Grupo Investigador

La evaluación económica del proyecto genera los flujos de fondo: por compra y venta de energía eléctrica, por beneficios sociales, demanda sustituta y por costos de operación y mantenimiento, durante la vida útil del proyecto, los cuales son presentados en la siguiente tabla resumen

TABLA 38 FLUJOS DE CAJA PROYECTADO AL AÑO 2020

AÑO	Inversión (USD)	Ingresos venta de energía (USD)	Beneficio Social recibido (USD)	Total Ingresos (USD)	O & M (USD)	Depreciación	Total Gastos (USD)	NETO/AÑO	Flujo de Caja (USD)
0	-7.844.512,						-7.844.512	-7.844.512	-7.844.512
1		606020	900000	1506020	-310250	-243136	-553386	952634	1195770
2		624201	900000	1524201	-316455	-243136	-559591	964610	1207746
3		642927	900000	1542927	-322784	-243136	-565920	977007	1220143
4		662215	900000	1562215	-329240	-243136	-572376	989839	1232975
5		682081	900000	1582081	-335825	-243136	-578960	1003121	1246256
6		702543	900000	1602543	-342541	-243136	-585677	1016867	1260002

7		723620	900000	1623620	-349392	-243136	-592528	1031092	1274228
8		745328	900000	1645328	-356380	-243136	-599515	1045813	1288949
9		767688	900000	1667688	-363507	-243136	-606643	1061045	1304181
10		790719	900000	1690719	-370777	-243136	-613913	1076806	1319941
11		814440	900000	1714440	-378193	-243136	-621329	1093112	1336247
12		838874	900000	1738874	-385757	-243136	-628893	1109981	1353117
13		864040	900000	1764040	-393472	-243136	-636608	1127432	1370568
14		889961	900000	1789961	-401341	-243136	-644477	1145484	1388619
15		916660	900000	1816660	-409368	-243136	-652504	1164156	1407291
16		944160	900000	1844160	-417556	-243136	-660691	1183468	1426604
17		972484	900000	1872484	-425907	-243136	-669043	1203442	1446578
18		1001659	900000	1901659	-434425	-243136	-677561	1224098	1467234
19		1031709	900000	1931709	-443113	-243136	-686249	1245459	1488595
20		1062660	900000	1962660	-451976	-243136	-695111	1267548	1510684

Fuente: Grupo Investigador
Recopilación: Grupo Investigador

Los resultados obtenidos dentro del análisis económico para este proyecto permiten establecer los siguientes indicadores:

TABLA 39 RESULTADOS DEL VAN Y TIR

VAN	TIR	RELACIÓN BENEFICIO COSTO	RETORNO ECONOMICO
1.726.214,23	15,25	1,22	9.570.726,63

Se puede concluir que el proyecto es rentable y puede ser efectuado, el tiempo de vida útil es de 20 años, sin embargo el periodo de análisis se considera cinco años ya que la transición de cocinas tradicionales a cocinas de inducción, ha sido estipulada por el gobierno nacional y se debe cumplir este objetivo hasta el año 2018.

CONCLUSIONES

- La Generación en la Zona Centro de ELEPCO S.A, con los nuevos puntos de interconexión al año 2020 asciende a 182,41 MW y una demanda de 177,92 MW con una diferencia de 4,49 MW, la cual corresponde a las pérdidas totales del sistema.
- La adquisición de una cocina de inducción implica un incremento de potencia radical ya que en la actualidad ELEPCO S.A. consume 61,10 MW con la proyección de demanda asciende al 180% de la demanda actual y la demanda con la incorporación de cocinas de inducción asciende al 291% de la demanda actual, debido a la sustitución del gas licuado de petróleo por electricidad para la cocción en sector residencial en un plazo de 3 años, tiempo propuesto por el gobierno central.
- Para enfrentar el incremento de potencia en El Sistema de Subtransmisión, se debe implementar cambios en el sistema eléctrico, como la creación de nuevos puntos de interconexión con el Sistema Nacional Interconectado tal es el caso de la subestación Tanicuhi y la subestación Latacunga.
- Se requiere la implementación de nuevas subestaciones en el sistema de subtransmisión como son las subestaciones Saquisilí, Locoá, Zumbahua, y Nueva Salcedo, las cuales solventarán el incremento de demanda por el impacto de las cocinas de inducción. Además contempla una reserva de potencia para el incremento normal debido al crecimiento poblacional para los futuros años.
- Se prevé la creación de las Líneas de Subtransmisión Tanicuchi – Sigchos, Locoá - La Cocha, Pujilí – Zumbahua, Locoá – Latacunga, Saquisilí-Tanicuchi, Nueva Salcedo-Latacunga, Saquisilí-San Rafael.

- Finalmente se realizará transferencia de carga en alimentadores cercanos con el fin de mejorar la regulación de voltaje, así como el montaje de capacitores para mejorar el factor de potencia.
- El sistema reforzado de acuerdo a la proyección de demanda, funciona en óptimas condiciones y se ha estimado una reserva de potencia para el crecimiento normal una vez incorporado todas las cocinas de inducción en el sector residencial, Además los sitios de las nuevas subestaciones se encuentran en zonas seguras frente al eventual proceso eruptivo del volcán Cotopaxi.
- Los indicadores económicos que sustentan la inversión del proyecto, muestran la viabilidad del mismo, el cual se basa en prestaciones de servicio óptimo para los usuarios de las redes eléctricas, siendo estos los únicos beneficiados al mantener un servicio eléctrico continuo, mejorando así la confiabilidad del sistema, se evita cortes de energía lo que disminuye las pérdidas económicas por la no facturación de energía eléctrica.

RECOMENDACIONES

- Es recomendable incentivar a la población para que esta adquiera el equipo ya que existe un desconocimiento de esta nueva tecnología, lo que ocasiona resistencia al cambio.
- Debido a la incorporación de las cocinas de inducción que se va dando a diario, es necesario la repotenciación de las subestaciones lo más pronto posible para evitar las fallas en el sistema eléctrico
- Se recomienda mantener las líneas de Subtransmisión antiguas para constituir un sistema mallado, el cual permite realizar transferencias de carga en casos de contingencia y dar mantenimiento a diferentes sectores del Sistema de Subtransmisión. Además un sistema mallado mejora la confiabilidad del mismo.
- Poner en consideración de ELEPCO S.A, el presente estudio para que sea considerado su financiamiento y posterior ejecución.
- Como trabajo complementario se recomienda efectuar estudios de corto circuitos y coordinación de protecciones del sistema de subtransmisión.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA

- CARDONA C Leonardo, Modelación de Redes de transmisión eléctrica. Colombia (2004),
- CRONE Sven Proyección de Demanda - Definición, fecha de consulta: 18:34, 08 de Enero del 2015 disponible en: <http://www.distribucion-y-logistica.com/distribucion/procesos/distribucion-proyeccion-de-demanda.html>
- ELEPCO S.A reseña histórica (2014) disponible en: <http://www.elepcosa.com/eec/index.php/la-empresa/2014-11-08-14-13-09>
- ENRIQUEZ HARPER, Gilberto “Elementos de Diseño en Subestaciones Eléctricas” Segunda Edición, México, Limusa Noriega Editores. 2002.
- FERRER Jesús (2010) La Metodología y Planteamiento del Problema. Fecha de consulta: 16:44, Diciembre 18 2014 desde: <http://metodologia02.blogspot.com/p/metodos-de-la-investigacion.html>
- GARCÍA, D. & CABRERA, A. (2003).
- GRAINGER, John J. - STEVENSON Jr, William D. (1996). Análisis de sistemas de potencia. LOZANO Carlos (Traductor) Mexico ISBN: 070-10-0908-8 PAG. 40, 41, 183, 184, 188, 201 y 309
- GROSS Charles. “ Analisis del sistema de Potencia “ Mexico (1984) Editoria Americana
- IEEE (2010, 14 DE DICIEMBRE) Resumen Líneas de Transmisión Eléctrica - IEEE UCSA, Fecha de consulta: 18:12, diciembre 3, 2014 desde: <http://ramaucsa.files.wordpress.com/2010/12/resumen-lc3adneas-de-transmisi3b3n-elc3a9ctric1.pdf>
- MEER Institucional, Metodología para determinar el impacto de la incorporación de las cocinas de inducción sobre el sistema eléctrico de distribución (2014). fecha de consulta: 12:03 Diciembre 01 del 2014 desde: <http://www.energia.gob.ec/programa-de-eficiencia-energetica-para-coccion-por-induccion-y-calentamiento-de-agua-con-electricidad-en-sustitucion-del-gas-licuado-de-petroleo-glp-en-el-sector-reside/>

- MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍA RENOVABLE, fecha de consulta 7:12 Diciembre 02 del 2014 desde:
<http://www.ecuadorcambia.com>
- PACHECO Armando, TIPOS DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN, Monografías, Fecha de consulta: 17:20, Diciembre 3, 2014 desde:
<http://www.monografias.com/trabajos38/lineas-de-transmision/lineas-de-transmision2.shtml#bibl>
https://www.uam.es/personal_pdi/stmaria/jmurillo/InvestigacionEE/Presentaciones/Curso_10/Entrevista_trabajo.pdf
- RAMÍREZ CASTAÑO, Samuel, “Redes de Distribución de Energía” Colombia, 2005.
- RAMÓN Paulo, SAAVEDRA Carlos (2014, 21 de mayo) "ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE SUBTRANSMISIÓN A 69 KV, PARA LA DEMANDA ACTUAL Y PARA LA DEMANDA PROYECTADA AL AÑO 2020 EN EL ÁREA DE CONCESIÓN DE LA ELEPCO S.A." Fecha de consulta: 15:36, Diciembre 3, 2014 desde:
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/873/1/T-UTC-0625.pdf>
- RODRÍGUEZ Félix (2014) Scribd. Tipos y niveles de investigación científica, Fecha de consulta: 16:00, Diciembre 18 2014 desde:
<http://es.scribd.com/doc/97318021/Tipos-y-Niveles-de-Investigacion-Cientifica#scribd>
- TAPIA Andrés, VILCACUNDO Marco. Estudio de la proyección y determinación del crecimiento de la demanda por tipo de usuario, con la inclusión de la cocina de inducción en el alimentador picaihua a 13,8 kV de la subestación oriente perteneciente a la Empresa eléctrica Regional Centro Norte. Página 66 fecha de consulta 02 de marzo del 2015 16:14 pm fuente web:
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1890/1/T-UTC-1780.pdf>
- TECSUP (2012) LÍNEAS DE TRASMISIÓN, Fecha de consulta: 17:48, Diciembre 3, 2014 desde:
<http://es.slideshare.net/elvizjulver/lineas-tecsup>
- Viqueira, Landa Jacinto. (1970). Redes eléctricas. México.

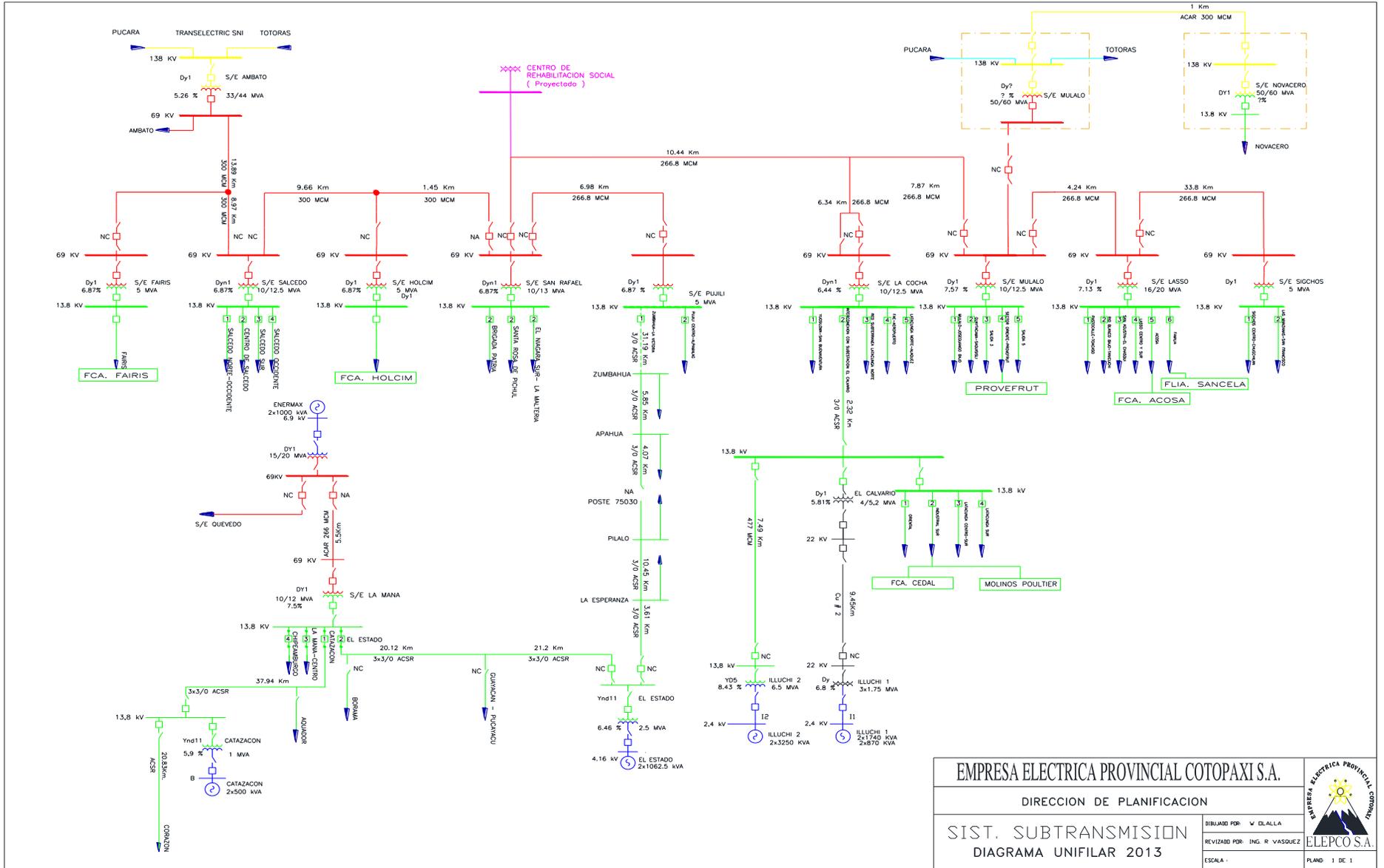
- XM.S.A.E.S.P. (2009) Introducción a subestaciones eléctricas, Fecha de consulta: 16:20, Noviembre 18, 2014 desde:
http://www.xm.com.co/MemoriasCapacitacionEMSA/Subestaciones_Maniobras/03_Introduccion%20a%20subestaciones%20electricas.pdf
<http://www.tuveras.com/lineas/parametros/parametros.htm#inductancia>
http://www4.frba.utn.edu.ar/html/Electrica/archivos/electrotecnica_y_maquinas_electricas/apuntes/7_transformador.pdf

ANEXOS

PARÁMETROS DE LAS LÍNEAS

Salida	Llegada	Distancia (km)	Tipo	CALIBRE	CLAVE	Voltaje (kV)
S/E Ambato	S/E Fairis	13,37	ACSR	300	Ostrich	69
S/E Fairis	S/E Salcedo	10,21	ACSR	300	Ostrich	69
S/E Fairis	S/E Fairis	0,1	ACSR	300	Ostrich	69
S/E Salcedo	Deriv San Juan	10,78	ACSR	300	Ostrich	69
Deriv San Juan	S/E Holcim	0,7	ACSR	300	Ostrich	69
Deriv San Juan	S/E San Rafael	1,45	ACSR	300	Ostrich	69
S/E San Rafel	S/E Pujili	7,05	ACSR	266,8	Partridge	69
S/E San Rafel	Deriv Rehabilitación	6	ACSR	266,8	Partridge	69
Deriv Rehab	S/E Centro Rehab	2,282	ACSR	4/0	Penguin	69
Deriv Rehab	Deriv Laygua	4,44	ACSR	266,8	Partridge	69
Deriv Laygua	S/E La Cocha	6,34	ACSR	266,8	Partridge	69
S/E La Cocha	S/E El Calvario	2,32	ACSR	4/0	Penguin	13,8
Deriv Laygua	S/E Mulalo	8,19	ACSR	266,8	Partridge	69
S/E Mulalo	Deriv Familia	4,24	ACSR	266,8	Partridge	69
Deriv Familia	S/E Familia	1	ACSR	300	Ostrich	69
Deriv Familia	S/E Lasso	2,22	ACSR	266,8	Partridge	69
S/E Lasso	S/E Sigchos	33,8	ACSR	266,8	Partridge	69
Illuchi 1	El Calvario	9,45	Cu	2		22
Illuchi 2	El Calvario	7,49	ACSR	477	Pelican	13,8
Tanicuchi	S/E Saquisilí	7,74	ACSR	556,5	Osprey	69
Latacunga	S/E Nueva Salcedo	2,5	ACSR	556,5	Osprey	69
S/E Saquisilí	Deriv P_SR	10	ACSR	556,5	Osprey	69
Deriv P_SR	S/E Pujili	4,45	ACSR	556,5	Osprey	69
Deriv P_SR	S/E San Rafael	2,53	ACSR	556,5	Osprey	69
S/E Pujili	S/E Zumbahua	55	ACSR	556,5	Osprey	69
Latacunga	S/E Locoa	8,88	ACSR	556,5	Osprey	69
S/E Fairis	Deriv_ND8	4,46	ACSR	556,5	Osprey	69
Deriv_ND8	S/E Salcedo	10,21	ACSR	556,5	Osprey	69
Deriv_ND8	Deriv_ND6	16,46	ACSR	556,5	Osprey	69
Tanicuchi	Deriv_ND7	6,65	ACSR	556,5	Osprey	69
Deriv_ND7	S/E Lasso	16,5	ACSR	556,5	Osprey	69
Deriv_ND7	S/E Sigchos	17,3	ACSR	556,5	Osprey	69
Deriv_ND7	S/E Familia	1,5	ACSR	556,5	Osprey	69
S/E Saquisilí	S/E Centro Rehab	3	ACSR	556,5	Osprey	69
S/E Locoa	S/E La Cocha	4,5	ACSR	556,5	Osprey	69
Tanicuchi	S/E Mulalo	5,2	ACSR	556,5	Osprey	69

DIAGRAMA UNIFILAR



EMPRESA ELECTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A.

DIRECCION DE PLANIFICACION

SIST. SUBTRANSMISION
DIAGRAMA UNIFILAR 2013

DISEÑADO POR: W. DALLA
REVISADO POR: ING. R. VASQUEZ
ESCALA:



PLANO 1 DE 1

FACTORES DE DEMANDA Y CARGAS PARA EL HOGAR DE COCINAS ELÉCTRICAS

El National Electrical Code, Artículo 220 Branch-Circuit, Feeder, and Service Calculations

Table 220.55 Demand Factors and Loads for Household Electric Ranges, Wall-Mounted Ovens, Counter-Mounted Cooking Units, and Other Household Cooking Appliances over 1¼ kW Rating (Column C to be used in all cases except as otherwise permitted in Note 3.)

Number of Appliances	Demand Factor (%) (See Notes)		
	Column A (Less than 3½ kW Rating)	Column B (3½ kW through 8¾ kW Rating)	Column C Maximum Demand (kW) (See Notes) (Not over 12 kW Rating)
1	80	80	8
2	75	65	11
3	70	55	14
4	66	50	17
5	62	45	20
6	59	43	21
7	56	40	22
8	53	36	23
9	51	35	24
10	49	34	25
11	47	32	26
12	45	32	27
13	43	32	28
14	41	32	29
15	40	32	30
16	39	28	31
17	38	28	32
18	37	28	33
19	36	28	34
20	35	28	35
21	34	26	36
22	33	26	37
23	32	26	38
24	31	26	39
25	30	26	40
26–30	30	24	15 kW + 1 kW for each range
31–40	30	22	
41–50	30	20	25 kW + ¾ kW for each range
51–60	30	18	
61 and over	30	16	

RESUMEN DE ALIMENTADORES

	Código S/E	Descripción S/E	Código Alimentadores	Descripción Alimentadores	Voltaje (kV)
1	01CV	El Calvario	01CV13B1S1	011 Oriental	13.8
2	01CV	El Calvario	01CV13B1S2	012 Industrial Sur	13.8
3	01CV	El Calvario	01CV13B1S3	013 Redes Subterráneas	13.8
4	01CV	El Calvario	01CV13B1S4	014 Latacunga Sur	13.8
5	02SR	San Rafael	02SR13B1S1	021 Brigada Patria - Calera	13.8
6	02SR	San Rafael	02SR13B1S2	022 Santa Rosa - Pujilí	13.8
7	02SR	San Rafael	02SR13B1S3	023 Niagara	13.8
8	03SA	Salcedo	03SA13B1S1	031 Salcedo Norte - Oriente	13.8
9	03SA	Salcedo	03SA13B1S2	032 Salcedo Centro	13.8
10	03SA	Salcedo	03SA13B1S3	033 Sur Salcedo	13.8
11	03SA	Salcedo	03SA13B1S4	034 Salcedo Occidental	13.8
12	04ML	Mulaló	04ML13B1S1	041 Mulaló - José Guango Bajo	13.8
13	04ML	Mulaló	04ML13B1S2	042 Saquisilí - Guaytacama	13.8
14	04ML	Mulaló	04ML13B1S4	044 Provefrut - Brigada Patria	13.8
15	05LA	Lasso	05LA13B1S1	051 Toacazo	13.8
16	05LA	Lasso	05LA13B1S2	052 Tanicuchí - Rio Blanco	13.8
17	05LA	Lasso	05LA13B1S3	053 Chasqui San Agustín	13.8
18	05LA	Lasso	05LA13B1S4	054 Lasso Centro - Sur	13.8
19	05LA	Lasso	05LA13B1S5	055 Acosa	13.8
20	05LA	Lasso	05LA13B1S6	056 Familia Sancela	13.8
21	06CH	La Cocha	06CH13B1S1	061 Yugsiloma	13.8
22	06CH	La Cocha	06CH13B1S2	062 Interconexión	13.8
23	06CH	La Cocha	06CH13B1S3	063 Latacunga Centro Norte	13.8
24	06CH	La Cocha	06CH13B1S4	064 Fae	13.8
25	06CH	La Cocha	06CH13B1S5	065 Latacunga Norte - Aláquez	13.8
26	08SG	Sigchos	08SG13B1S1	081 Sigchos Centro - Chugchilan	13.8
27	08SG	Sigchos	08SG13B1S2	082 Las Manzanas - San Francisco	13.8
28	09MA	La Maná	09MA13B1S1	091 Moraspungo-El Corazón	13.8
29	09MA	La Maná	09MA13B1S2	092 La Maná-Pucayacu- Est	13.8
30	09MA	La Maná	09MA13B1S3	093 La Maná Urb. - El Carmen	13.8
31	09MA	La Maná	09MA13B1S4	094 Chipeamburgo	13.8
32	10PJ	Pujilí	10PJ13B1S1	101 La Victoria - Isinche - Zumbahua	13.8
33	10PJ	Pujilí	10PJ13B1S2	102 Pujilí - Centro - Alpamalag	13.8
34	45AG	Shuyo	45AG13B1S1	Angamarca Centro	13.8

FLUJOS DE POTENCIA

ESTADO ACTUAL ELEPCO S.A.

Name	Barra	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)
BARRAS 69 kV				
LA_69	Lasso_69	0,99	68,55	-0,44
SG_69	Sigchos_69	0,99	68,43	-0,63
CH_69	La Cocha_69	0,98	67,74	-1,01
SR_69	San Rafel_69	0,97	67,14	-1,64
PJ_69	Pujilí_69	0,97	13,40	-1,81
CV_22	El Calvario_22	0,95	20,82	1,12
SA_69	Salcedo_69	0,98	67,29	-1,70
FR_69	Fairis_69	0,98	67,69	-1,55
HO_69	Holcim_69	0,97	67,00	-1,96
FM_69	Familia_69	0,99	68,64	-0,35
CR_69	C Rehabl_69	0,98	67,54	-1,25
IL1_22	Illuchi1_22	1,00	22,01	3,95
IL2_13,8	Illuchi2_13,8	1,00	13,78	1,95
ND_1	Der Famil	1,00	68,66	-0,32
ND_2	Der Laygua	0,99	67,97	-0,85
ND_3	Der C. Rehabl	0,98	67,58	-1,22
ND_4	Der San Juan	0,97	134,04	-1,95
ND_5	Der Fairis	0,99	67,97	-1,00

Name	Barra	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)	Gen MW	Gen Mvar
BARRAS DE GENERACIÓN						
ML_69	Mulaló_69	1,00	69,00	0,00	44,33	15,39
AMB_69	Ambato_69	1,00	69,00	0,00	15,06	5,26
IL1_2,4	Illuchi1_2,4	1,00	2,40	4,09	3,60	-0,56
IL2_2,4	Illuchi2_2,4	1,00	2,40	2,18	4,80	1,56

From Name	Desde	To Name	Hasta	Status	From MW	From Mvar	From MVA	MW Loss	Lim MVA	Max Percent
LÍNEAS DE TRANSMISIÓN										
ML_69	Mulaló_69	ND_1	Der Famil	Closed	15,1	4,7	15,8	0,05	51,9	30,5
ML_69	Mulaló_69	ND_2	Der Laygua	Closed	21,7	8,5	23,3	0,2	51,9	45
LA_69	Lasso_69	SG_69	Sigchos_69	Closed	0,9	0,1	0,9	0	51,9	1,8
ND_1	Der Famil	LA_69	Lasso_69	Closed	10,2	3,1	10,7	0,01	51,9	20,6
ND_2	Der Laygua	CH_69	La Cocha_69	Closed	5,3	2,7	5,9	0,01	51,9	11,5
CH_13,8	La Cocha_13,8	CV_13,8	El Calvario_13,8	Closed	-0,1	1,4	1,4	0,01	7,2	20,6
SR_69	San Rafel_69	PJ_69	Pujilí_69	Closed	4,3	1	4,4	0,01	51,9	8,5
ND_3	Der C. Rehabl	SR_69	San Rafel_69	Closed	13,7	4,2	14,3	0,06	51,9	27,6
SR_69	San Rafel_69	ND_4	Der San Juan	Open	0	0	0	0	56	0
IL2_13,8	Illuchi2_13,8	CV_13,8	El Calvario_13,8	Closed	4,8	1,5	5	0,12	8,9	56,6
IL1_22	Illuchi1_22	CV_22	El Calvario_22	Closed	3,6	-0,6	3,6	0,22	14,7	24,8
ND_4	Der San Juan	SA_69	Salcedo_69	Closed	-4,5	-1,7	4,8	0,01	56	8,6
SA_69	Salcedo_69	ND_5	Der Fairis	Closed	-13,3	-4,1	13,9	0,08	56	25,1
ND_5	Der Fairis	FR_69	Fairis_69	Closed	1,6	0,7	1,7	0	34	5
ND_4	Der San Juan	HO_69	Holcim_69	Closed	4,5	1,7	4,8	0	56	8,6
ND_1	Der Famil	FM_69	Familia_69	Closed	4,9	1,5	5,1	0	56	9,1
ND_3	Der C. Rehabl	CR_69	C Rehabl_69	Closed	2,5	1	2,7	0	40,8	6,6
ND_2	Der Laygua	ND_3	Der C. Rehabl	Closed	16,3	5,3	17,1	0,06	51,9	33
AMB_69	Ambato_69	ND_5	Der Fairis	Closed	15,1	5,3	16	0,14	56	28,5
IL2_13,8	Illuchi2_13,8	IL2_2,4	Illuchi2_2,4	Closed	-4,8	-1,5	5	0	6,5	77,7

From Name	Desde	To Name	Hasta	Status	From MW	From Mvar	From MVA	MW Loss	Lim MVA	Max Percent
TRANSFORMADORES										
ML_69	Mulaló_69	ML_13,8	Mulaló_13,8	Closed	7,4	2,2	7,8	0,03	12,5	62,2
LA_69	Lasso_69	LA_13,8	Lasso_13,8	Closed	9,3	3	9,8	0,04	13	75,2
SG_69	Sigchos_69	SG_13,8	Sigchos_13,8	Closed	0,9	0,1	0,9	0	5	18,3
CH_69	La Cocha_69	CH_13,8	LaCocha_13,8	Closed	5,3	2,7	5,9	0,04	12,5	47,4
SR_69	San Rafel_69	SR_13,8	SanRafel_13,8	Closed	9,4	3,1	9,9	0,04	13	75,9
PJ_69	Pujilí_69	PJ_13,8	Pujilí_13,8	Closed	4,3	1	4,4	0,02	5	87,8
CV_13,8	El Calvario_13,8	CV_22	ElCalvario_22	Closed	-3,4	0,9	3,5	0,02	5,2	66,8
SA_69	Salcedo_69	SA_13,8	Salcedo_13,8	Closed	8,8	2,3	9,1	0,1	12,5	72,6
FR_69	Fairis_69	FR_13,8	Fairis_13,8	Closed	1,6	0,6	1,7	0	5	33,7
HO_69	Holcim_69	HO_13,8	Holcim_13,8	Closed	4,5	1,7	4,8	0,01	9	53,6
FM_69	Familia_69	FM_13,8	Familia_13,8	Closed	4,9	1,5	5,1	0,03	12,5	40,7
CR_69	C Rehabl_69	CR_13,8	CRehabl_13,8	Closed	2,5	1	2,7	0	3,5	76,5
IL1_22	Illuchi1_22	IL1_2,4	Illuchi1_2,4	Closed	-3,6	0,6	3,6	0	6,5	56,1

Name	Barra	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)	Load MW	Load Mvar
BARRAS 13,8 kV (CARGA)						
ML_13,8	Mulaló_13,8	0,98	13,58	-2,57	7,42	1,86
LA_13,8	Lasso_13,8	0,98	13,51	-2,31	9,26	2,65
SG_13,8	Sigchos_13,8	0,99	13,66	-1,21	0,91	0,06
CH_13,8	La Cocha_13,8	0,96	13,27	-2,46	5,34	1,11
SR_13,8	San Rafel_13,8	0,95	13,10	-5,55	9,31	2,43
PJ_13,8	Pujilí_13,8	0,95	13,16	-5,37	4,25	0,72
CV_13,8	El Calvario_13,8	0,95	13,17	-2,05	7,92	1,76
SA_13,8	Salcedo_13,8	0,95	13,15	-4,32	8,66	1,90
FR_13,8	Fairis_13,8	0,97	13,39	-2,79	1,55	0,61
HO_13,8	Holcim_13,8	0,96	13,19	-4,14	4,50	1,50
FM_13,8	Familia_13,8	0,98	13,55	-1,72	4,84	1,34
CR_13,8	C Rehabl_13,8	0,98	13,49	-1,40	2,50	0,95