



**Universidad
Técnica de
Cotopaxi**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS DE
POTENCIA.
TESIS DE GRADO

TEMA:

“ANÁLISIS TÉCNICO DE LA CALIDAD DE PRODUCTO DE ACUERDO A LA REGULACIÓN 004/01 POR LA INCORPORACIÓN DE COCINAS DE INDUCCIÓN EN EL ALIMENTADOR MULALÓ – JOSEGUANGO BAJO DE LA S/E MULALÓ, PERTENECIENTE A ELEPCO S.A. EN EL AÑO 2014”

Tesis de grado previo a la obtención de del título de Ingeniero Eléctrico en Sistemas Eléctricos de Potencia.

Autores:

Alomoto Jami Edwin Santiago

Álvarez Suárez Fernando Vinicio

Director de tesis:

Ing. Carlos Saavedra

Asesor Metodológico:

Ing. Susana Pallasco

LATACUNGA ECUADOR

DICIEMBRE 2015

AVAL DEL TRIBUNAL

AUTORIA

Yo, Alomoto Jami Edwin Santiago y Álvarez Suárez Fernando Vinicio, declaramos bajo juramento que el presente trabajo de investigación aquí descrito es de nuestra autoría; y que se han citado las fuentes bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaramos conceder los derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Técnica de Cotopaxi, según lo establecido en la Normativa Institucional Vigente.

.....
Alomoto Jami Edwin Santiago

.....
Álvarez Suárez Fernando Vinicio

AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

AVAL DEL ASESOR METODOLÓGICO

CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN

AGRADECIMIENTO

Ante todo a Dios por darnos la vida y las facultades necesarias para la culminación de nuestros estudios

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por brindarnos la apertura de obtener un título profesional, a docentes quienes con paciencia y entusiasmo brindaron su conocimiento

Al nuestro director de tesis el Ing. Carlos Saavedra, quien con paciencia y conocimiento supo guiarnos para la realización de este proyecto

A la empresa eléctrica Cotopaxi S.A. por darnos la apertura de realizar el presente trabajo, facilitando información indispensable que inicia y complementa el estudio

Un gracias al personal del Departamento de Planificación y Dirección Técnica por la ayuda desinteresada.

Finalmente un agradecimiento a todas las personas que de una u otra forma contribuyeron en el desarrollo del presente trabajo investigativo.

Santiago y Fernando

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo les dedico a mis seres queridos, familia y amigos quienes estuvieron apoyando día a día con un granito de arena, en especial a mi madre que fue un soporte fundamental y fuente de inspiración para alcanzar la meta propuesta.

Santiago Alomoto

A Dios por darme salud y vida para seguir adelante cumpliendo mis metas.

Hoy que eh cumplido con una meta más en mi vida le dedico a cada una de las personas que de una u otra manera estuvieron apoyándome.

A mis padres por el gran esfuerzo y sacrificio que hicieron, para despertar en mí el anhelo de superación y así conseguir el título de ingeniero eléctrico.

A mis amigos quienes me apoyaron dándome ánimo para no desfallecer en el transcurso de este arduo camino.

Fernando Álvarez

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁG
AVAL DEL TRIBUNAL	ii
AUTORIA.....	iii
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS	iv
AVAL DEL ASESOR METODOLÓGICO	v
CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA	viii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
AVAL DE TRADUCCIÓN	xx
INTRODUCCIÓN	xxi
CAPÍTULO I.....	1
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	1
1.1. Sistemas Eléctricos de Distribución	1
1.1.1. Definición de un Sistema de Distribución	1
1.1.2. Clasificación de las redes de distribución	1
1.1.2.1. De acuerdo a la forma en que se construyen:	1
1.1.2.2. De acuerdo al tipo de cargas.	2
1.1.3. Principales elementos constitutivos	3
1.1.3.1. Líneas primarias de distribución.....	3
1.1.3.2. Transformadores de distribución	4
1.1.3.3. Redes secundarias de distribución	4
1.1.3.4. Acometidas	5
1.1.3.5. Alumbrado público	5
1.1.4. Estructura principal	5
1.1.4.1. Red radial.....	5

1.1.5.	Fuentes armónicas	6
1.1.5.1.	Origen de los armónicos	7
1.1.5.2.	Perturbaciones causadas por los Armónicos	8
1.1.5.3.	El impacto económico de las perturbaciones.....	8
1.1.5.4.	Indicadores esenciales de la distorsión armónica	9
1.1.6.	Regulación CONELEC 004/01	9
1.1.7.	Mejoras de la calidad de producto en redes distribución	11
1.2.	Cocinas de Inducción	13
1.2.1.	Fundamentos del calentamiento por inducción.....	13
1.2.2.	Funcionamiento de una cocina eléctrica de inducción.....	14
1.2.3.	Características principales.....	15
1.2.4.	Ventajas y Desventajas	16
1.3.	Metodología propuesta por el MEER, para la proyección de la demanda con la incorporación de las cocinas de inducción	16
1.4.	Proyección de la demanda	18
1.5.	Equipos y Software	19
1.5.1.	Analizador de calidad eléctrica PQ-Box 100 (4U/4I).....	19
1.5.2.	CYMDIST – Análisis de sistemas de distribución.....	20
1.5.3.	Software ArcGIS	22
CAPÍTULO II		24
PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS		24
2.1.	Aspectos generales de la Empresa Eléctrica Cotopaxi S.A.....	24
2.1.1.	Antecedentes históricos.....	24
2.1.2.	Misión	25
2.1.3.	Visión	25
2.1.4.	Dedicación.....	25
2.1.5.	Objetivos Institucionales.....	26
2.2.	Diseño Metodológico	26
2.2.1.	Métodos de Investigación	26
2.2.1.1.	Método Deductivo	26
2.2.1.2.	Método Científico	27
2.2.2.	Tipos de Investigación	27

2.2.2.1.	Aplicada.....	27
2.2.2.2.	Descriptiva.....	27
2.2.2.3.	Campo.....	28
2.3.	Cálculo de la población y muestra	28
2.3.1.	Técnicas de Investigación	28
2.3.1.1.	Observación	28
2.3.1.2.	Encuesta.....	29
2.4.	Análisis de los resultados de la encuesta.....	29
2.5.	Descripción del sistema de distribución de la ELEPCO S.A.	40
2.5.1.	Sistema de subtransmisión	40
2.5.2.	Sistema de generación.....	41
2.6.	Descripción actual del alimentador Mulaló Joseguango bajo	43
2.6.1.	Curva de carga diaria	44
2.6.2.	Consumo promedio mensual.....	45
2.6.3.	Pruebas y mediciones de la cocina de inducción	45
2.6.3.1.	Resultados de las pruebas	46
2.6.3.2.	Análisis de la distorsión armónica en la cocina de inducción .	46
2.6.3.3.	Mediciones en la cabecera del Alim-MLS1	50
2.7.	Modelación del sistema actual.....	52
2.7.1.	Flujos de potencia	52
2.7.2.	Cargabilidad de los transformadores.....	55
2.7.3.	Cargabilidad de las líneas.....	57
2.7.4.	Tramos con bajo nivel de voltaje	57
2.7.5.	Perfiles de voltaje.....	58
2.8.	Verificación de la hipótesis.....	60
CAPÍTULO III.....		61
PROPUESTA		61
3.1.	Introducción.....	61
3.2.	Objetivos de la propuesta	62
3.2.1.	Objetivo general.	62
3.2.2.	Objetivos específicos.	62

3.3.	Análisis de la factibilidad de la propuesta.....	63
3.3.1.	Factibilidad Administrativa.....	63
3.3.2.	Factibilidad Técnica.....	63
3.4.	Desarrollo de la propuesta.....	64
3.4.1.	Proyección de la demanda.....	64
3.4.1.1.	Análisis de la situación actual.....	64
3.4.1.2.	Crecimiento de la demanda.....	65
3.4.2.	Distribución de cocinas de inducción 2015-2022.....	66
3.4.3.	Impacto de la incorporación de cocinas de inducción en el alimentador MLS1.	68
3.4.3.1.	Curva de carga proyectada.....	69
3.4.3.2.	Curva de energía proyectada usuario residencial.....	71
3.4.4.	Flujos de potencia.....	72
3.4.4.1.	Comportamiento del alimentador.....	72
3.4.4.2.	Cargabilidad de transformadores.....	74
3.4.4.3.	Cargabilidad de líneas.....	75
3.4.4.4.	Niveles y perfiles de voltaje.....	76
3.4.5.	Propuestas de mejora.....	77
3.4.5.1.	Alternativa 1.....	78
3.4.5.2.	Alternativa 2.....	83
3.4.5.3.	Alternativa 3.....	87
3.4.6.	Factibilidad técnica.....	91
3.4.7.	Factibilidad Económica.....	93
3.4.7.1.	Análisis económico.....	97
3.4.7.2.	Ingresos operacionales.....	97
3.4.7.3.	Relación costo beneficio.....	98
3.5.	Conclusiones.....	99
3.6.	Recomendaciones.....	100
3.7.	Glosario de términos y siglas.....	101
3.8.	Referencias bibliográficas.....	104

ÍNDICE DE GRÁFICOS

CONTENIDO	PÁG
GRÁFICO N° 1 FUNDAMENTOS DE INDUCCIÓN.....	13
GRÁFICO N° 2 FUNCIONAMIENTO DE UNA COCINA DE INDUCCIÓN..	15
GRÁFICO N° 3 ANALIZADOR DE CALIDAD ELÉCTRICA PQ-BOX 100...	20
GRÁFICO N° 4 VENTANA DE COMANDOS Y APLICACIONES CYMDIST21	
GRÁFICO N° 5 VENTANA DE SIMULACIONES CYMDIST	22
GRÁFICO N° 6 HOJA DE TRABAJO “WORKSPACE”.....	23
GRÁFICO N° 7 LÍNEA HISTÓRICA INSTITUCIONAL ELEPCO S.A.	25
GRÁFICO N° 8 OPCIONES EN PORCENTAJE, PREGUNTA #1.	30
GRÁFICO N° 9 OPCIONES EN PORCENTAJE, PREGUNTA #2.	31
GRÁFICO N° 10 OPCIONES EN PORCENTAJE, PREGUNTA #3.	32
GRÁFICO N° 11 OPCIONES EN PORCENTAJE, PREGUNTA #4.	33
GRÁFICO N° 12 OPCIONES EN PORCENTAJE, PREGUNTA #5.	34
GRÁFICO N° 13 OPCIONES EN PORCENTAJE, PREGUNTA #6.	35
GRÁFICO N° 14 OPCIONES EN PORCENTAJE, PREGUNTA #7.	36
GRÁFICO N° 15 OPCIONES EN PORCENTAJE, PREGUNTA #8.	37
GRÁFICO N° 16 OPCIONES EN PORCENTAJE, PREGUNTA #9.	38
GRÁFICO N° 17 OPCIONES EN PORCENTAJE, PREGUNTA #10.	39
GRÁFICO N° 18 CLIENTES DE ELEPCO S.A.	42
GRÁFICO N° 19 CURVA DIARIA ALIM-MLS1	44
GRÁFICO N° 20 COCINA DE INDUCCIÓN.....	45
GRÁFICO N° 21 ESPECTRO DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA DE VOLTAJE.....	46
GRÁFICO 22 ESPECTRO DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA DE VOLTAJE	47
GRÁFICO N° 23 ESPECTRO DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA DE CORRIENTE	48
GRÁFICO N° 24 ESPECTRO DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA DE CORRIENTE	49
GRÁFICO 25 MÁXIMA DISTORSIÓN DE CORRIENTE ARMÓNICA.	50
GRÁFICO N° 26 GRAFICO ESPECTRO DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA DE VOLTAJE.....	51

GRÁFICO N° 27 DISTRIBUCIÓN DE CARGA	52
GRÁFICO N° 28 ANÁLISIS DE FLUJO DE POTENCIA	53
GRÁFICO N° 29 ALIM-MLS1 EN CONDICIONES NORMALES DE OPERACIÓN.....	54
GRÁFICO N° 30 PERFIL DE VOLTAJE EN LA CABECERA.....	59
GRÁFICO N° 31 PERFIL DE VOLTAJE EXTREMO NORTE TRAMO 38285_MTA	59
GRÁFICO N° 32 PERFIL DE VOLTAJE EXTREMOS SUR, TRAMO 43705_MTA	60
GRÁFICO N° 33 GRUPO DE CONSUMIDORES	65
GRÁFICO N° 34 CRECIMIENTO DE DEMANDA.....	66
GRÁFICO N° 35 CURVA DE INCLUSIÓN DE COCINAS DE INDUCCIÓN EN EL ALIMENTADOR MLS1.....	68
GRÁFICO N° 36 CURVA DE CARGA PROYECTADA	71
GRÁFICO N° 37 PROYECCIÓN VS COCINAS DE INDUCCIÓN (USUARIOS RESIDENCIALES)	71
GRÁFICO N° 38 PÉRDIDAS TOTALES PERIODO 2014-2030	73
GRÁFICO N° 39 CARGABILIDAD DE TRANSFORMADORES EN PORCENTAJE EN EL PERIODO 2016-2030	75
GRÁFICO N° 40 PORCENTAJE ANUAL DE DISTORSIÓN POR CARGAS NO LINEALES.....	78
GRÁFICO N° 41 EVOLUCIÓN DE PERDIDAS PERÍODO 2016-20130 ALTERNATIVA 1	82
GRÁFICO N° 42 EVOLUCIÓN DE PERDIDAS PERÍODO 2016-20130 ALTERNATIVA 2	87
GRÁFICO N° 43 EVOLUCIÓN DE PERDIDAS PERÍODO 2016-20130 ALTERNATIVA 3	91
GRÁFICO N° 44 PERDIDAS MEDIANTE ALTERNATIVAS PLANTEADAS	93

ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDO	PÁG
TABLA N° 1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE UNA COCINA DE INDUCCIÓN.	15
TABLA N° 2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PQ-BOX 100.....	19
TABLA N° 3 PREGUNTA #1; VALORACIÓN DE OPCIONES.....	30
TABLA N° 4 PREGUNTA #2; VALORACIÓN DE OPCIONES.....	31
TABLA N° 5 PREGUNTA #3; VALORACIÓN DE OPCIONES.....	32
TABLA N° 6 PREGUNTA #4; VALORACIÓN DE OPCIONES.....	33
TABLA N° 7 PREGUNTA #5; VALORACIÓN DE OPCIONES.....	34
TABLA N° 8 PREGUNTA #6; VALORACIÓN DE OPCIONES.....	35
TABLA N° 9 PREGUNTA #7; VALORACIÓN DE OPCIONES.....	36
TABLA N° 10 PREGUNTA #8; VALORACIÓN DE OPCIONES.....	37
TABLA N° 11 PREGUNTA #9; VALORACIÓN DE OPCIONES.....	38
TABLA N° 12 PREGUNTA #10; VALORACIÓN DE OPCIONES.....	39
TABLA N° 13 SUBESTACIONES ELEPCO S.A.	40
TABLA N° 14 LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN ELEPCO S.A.....	41
TABLA N° 15 CANTIDAD DE TRANSFORMADORES POR CAPACIDAD INSTALADA	43
TABLA N° 16 DEMANDA ACTUAL ALIM-MLS1	44
TABLA N° 17 CONSUMO PROMEDIO MENSUAL POR TARIFAS.....	45
TABLA N° 18 DISTORSIÓN ARMÓNICA DE VOLTAJES PARES	46
TABLA N° 19 DISTORSIÓN ARMÓNICA DE VOLTAJE IMPAR.....	47
TABLA N° 20 TASA DE DISTORSIÓN ARMÓNICA DE CORRIENTE PAR. 48	
TABLA N° 21 TASA DE DISTORSIÓN ARMÓNICA DE CORRIENTE IMPAR	49
TABLA 22 ARMÓNICAS INDIVIDUALES EN AMPERIOS.	50
TABLA N° 23 DATOS PORCENTUALES DE LAS PRUEBAS Y MEDICIONES DEL ANALIZADOR DE MEDIO VOLTAJE	51
TABLA N° 24 RESUMEN DE DATOS	55
TABLA N° 25 COSTO ANUAL DE LAS PÉRDIDAS DEL SISTEMA.....	55
TABLA N° 26 TRANSFORMADORES SOBRECARGADOS	56

TABLA N° 27 TRAMOS SOBRECARGADOS	57
TABLA N° 28 TRAMOS CON BAJO NIVEL DE VOLTAJE	58
TABLA N° 29 CONSUMO PROMEDIO DE ENERGÍA MENSUAL POR GRUPO DE CONSUMO	64
TABLA N° 30 DISTRIBUCIÓN ANUAL DE COCINA DE INDUCCIÓN.	67
TABLA N° 31 POTENCIA A INCREMENTARSE POR EL PROGRAMA PEC POR CADA TRANSFORMADOR	69
TABLA N° 32 POTENCIA DE LA CABECERA DEL ALIM-MLS1 [KW/AÑO] 2014-2022	70
TABLA N° 33 CORRIENTES DE CABECERA AÑOS 2014-2030	72
TABLA N° 34 PÉRDIDAS DE POTENCIA [KW] DURANTE EL PERIODO 2014-2030	73
TABLA N° 35 COSTO DE PÉRDIDAS DURANTE EL PERIODO 2014-2030	74
TABLA N° 36 CARGABILIDAD DE TRANSFORMADORES PERIODO 2016- 2030.....	74
TABLA N° 37 CARGABILIDAD DE LÍNEAS PERIODO 2016-2030.....	76
TABLA N° 38 NIVELES DE VOLTAJE PERIODO 2016-2030.....	77
TABLA N° 39 BALANCE DE CARGA	79
TABLA N° 40 TRANSFORMADORES A CAMBIAR AÑO 2016 ALTERNATIVA 1	79
TABLA N° 41 TRANSFORMADORES A CAMBIAR PERIODO 2018- 2030 ALTERNATIVA 1	81
TABLA N° 42 TABLA DE RESUMEN PERIODO 2016-2030 ALTERNATIVA 1	82
TABLA N° 43 BALANCE DE CARGA	83
TABLA N° 44 TRANSFORMADORES A CAMBIAR AÑO 2016 ALTERNATIVA 2	83
TABLA N° 45 TRANSFORMADORES A CAMBIAR PERIODO 2018- 2030 ALTERNATIVA 2	85
TABLA N° 46 TABLA DE RESUMEN PERIODO 2016-2030 ALTERNATIVA 2	86
TABLA N° 47 BALANCE DE CARGA	87

TABLA N° 48 TRANSFORMADORES A CAMBIAR AÑO 2016	
ALTERNATIVA 3	88
TABLA N° 49 TRANSFORMADORES A CAMBIAR PERIODO 2018- 2030	
ALTERNATIVA 2	89
TABLA N° 50 TABLA DE RESUMEN PERIODO 2016-2030 ALTERNATIVA 3	
.....	90
TABLA N° 51 RESUMEN DE ALTERNATIVAS PLANTEADAS.....	92
TABLA N° 52 PÉRDIDAS POR ALTERNATIVA EN [KW].....	92
TABLA N° 53 DESCRIPCIÓN ELEMENTOS REQUERIDOS ALTERNATIVA 1	
.....	93
TABLA N° 54 DESCRIPCIÓN ELEMENTOS REQUERIDOS ALTERNATIVA 2	
.....	95
TABLA N° 55 DESCRIPCIÓN ELEMENTOS REQUERIDOS ALTERNATIVA 3	
.....	96
TABLA N° 56 COSTOS DE ALTERNATIVAS PLANTEADAS.....	97
TABLA N° 57 TOTAL DE INGRESOS OPERACIONALES	98
TABLA N° 58 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO.....	98

RESUMEN

El desarrollo del sector eléctrico es fundamental para el normal desenvolvimiento de las crecientes actividades productivas del Ecuador. En efecto, en los próximos años se ha previsto el abastecimiento eficiente de la futura demanda de energía eléctrica, a través de una importante participación de generación hidroeléctrica., trayendo como consecuencia la disminución de la tarifa eléctrica, lo que se reflejará en un mayor consumo de energía, fundamentalmente por la disminución o traslado del uso de gas de uso doméstico hacia el uso de cocinas de inducción.

Con estos antecedentes se planteó el presente trabajo investigativo, el cual consta de los siguientes pasos: En primera instancia se realiza un estudio documental y de campo de la demanda histórica, conjuntamente aplicando encuestas a los usuarios que abarca el alimentador Mulaló Joseguango bajo, de esta manera se establece la demanda actual y las costumbres de cocción. Con los datos obtenidos incluyendo la demanda por las cocinas de inducción, se proyecta la demanda en el periodo 2015 – 2030, utilizando el método geométrico.

Una vez determinado el incremento de la demanda utilizando el software CYMDIST se evalúa la infraestructura actual, incrementando la demanda en periodos de 2 años hasta el 2030, los cuales determinan los puntos críticos en el alimentador. Para solucionar los problemas determinados se plantean 3 alternativas de solución, encontrando técnica y económicamente más viable a la alternativa 2 con un monto de inversión presupuestado de \$374887,44 logrando reducir en cuanto a pérdidas equivalente a \$ 66414 dólares al año de energía recuperada, estas pérdidas comprenden 3,9%. El estudio es factible para su ejecución cumpliendo así los estándares exigidos de la regulación CONELEC 004/01.

ABSTRACT

The energy sector development is fundamental for the normal growing productive activities in Ecuador. In fact, in the coming years it is planned the efficient supply of future electricity demand, through a significant of hydroelectric generation participation, resulting in the reduction of the electricity tariff which will be reflected in higher consumption energy, mainly due to the decrease or transfer the domestic gas use towards using induction cookers. With those backgrounds this proposed research, follow these steps: In the first instance a documentary and historical demand study area is conducted jointly applying user surveys covering the Mulaló - Joseguango Bajo supply, so current demand and customs set cooking. With the data and the demand for induction cookers from the period 2015 - 2030, the geometric method is projected. Once determined the increase in demand using the CYMDIST software the current infrastructure is evaluated, the increasing demand in periods of two years until 2030, which find out the critical points in the supply. To resolve certain problems arise three alternative solutions, finding technical and economically more viable alternative 2 with a total investment budget of \$ 374.887,44 as to successfully reducing to \$ 66,414 US dollars per year the recovered energy, these losses comprise 3.9%. The study is feasible for implementation and also comply with the required standards by CONELEC regulation 004/01.

AVAL DE TRADUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Con el cambio de la Matriz Energética, el Gobierno Nacional construye grandes proyectos emblemáticos de generación hidroeléctrica, que cubrirá futuras demandas como, el metro de Quito, la refinería del Pacífico, la sustitución masiva de las cocinas convencionales a gas por cocinas de inducción, entre otras. Reflejando un aumento considerable de consumo de energía eléctrica en nuestro país.

La empresa eléctrica provincial Cotopaxi ELEPCO S.A., consecuente con el plan del gobierno se encuentra desarrollando el reforzamiento de redes de distribución con el objeto de brindar una buena calidad de servicio y producto, mismos que deben ser efectuados para que el sistema sea eficiente, cumpliendo así con la regulación CONELEC 004/01.

El trabajo de investigación se encuentra desarrollado por tres capítulos:

El Primer Capítulo establece la FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA que describe todos los argumentos teóricos, explicando definiciones básicas así como también la metodología adoptada por el MEER y equipos y software los cuales ayudarán al desarrollo del proyecto.

El segundo Capítulo se tiene la PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS, para el desarrollo del proyecto de investigación, considerado como aplicado, descriptivo y de campo y mediante la técnica de la encuesta para recopilar datos e información y simular un estado actual en el software CYMDITS.

El tercer Capítulo se analiza la PROPUESTA, una vez establecidos los parámetros eléctrico se proyecta la demanda durante el periodo 2015-2030, para conjuntamente con la distribución de cocinas obtener un total de demanda por transformador que posteriormente se evalúa cada dos años mediante el software CYMDITS, planteando así alternativas de solución.

Finalmente se elaboran conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. Sistemas Eléctricos de Distribución

1.1.1. Definición de un Sistema de Distribución

Según (YEBRA, 2009) dice: “Un sistema de distribución de energía eléctrica es el conjunto de elementos encargados de conducir la energía desde una subestación de potencia hasta el usuario” Pág. 2

Según (SAADAT_E-BOOK) dice: “El sistema de distribución es la parte que conecta la subestación de distribución para el equipo de servicio de los consumidores-entrada. Las líneas de distribución principales son por lo general en el intervalo de 4 a 34,5 kV alimentar la carga en un geográfica bien definida”. Pág. 6

El sistema de distribución es el enlace que existe entre la red de medio y bajo voltaje, básicamente comprendido con líneas primarias, transformadores, líneas secundarias de distribución, acometidas y medidores, hasta llegar al usuario final.

1.1.2. Clasificación de las redes de distribución

Según (YEBRA, 2009) y (RAMIREZ)

1.1.2.1. De acuerdo a la forma en que se construyen:

1. Sistemas aéreos
2. Sistemas subterráneos
3. Sistemas mixtos

Los sistemas aéreos tienen la característica que los conductores de la red primaria y secundaria, así como los transformadores y demás elementos que conforman un sistema de distribución, están suspendidos en postes de concreto, acero o fibra de

vidrio. Los sistemas subterráneos son aquellos que las instalaciones se ocultan bajo la tierra con sus respectivas cajas de revisión, en la mayoría de las ocasiones las subestaciones MV-BV (De media a bajo voltaje) se instalan a nivel del suelo en locales o gabinetes. En los sistemas mixtos la red primaria o la red secundaria está soportada en postes, o a su vez ocultas bajo el suelo, dependiendo de la topología de la zona y el lugar a instalarse dicha red.

1.1.2.2. De acuerdo al tipo de cargas.

La finalidad a la cual el usuario destina la energía eléctrica también sirve de criterio para clasificar las cargas.

Redes de distribución para cargas residenciales.

Que comprende básicamente los edificios de apartamentos, multifamiliares, condominios, urbanizaciones, etc. Estas cargas se caracterizan por ser eminentemente resistivas (alumbrado y calefacción) y aparatos electrodomésticos de pequeñas características reactivas. De acuerdo al nivel de vida y a los hábitos de los consumidores residenciales.

Redes de distribución para cargas comerciales.

Caracterizadas por ser resistivas y se localizan en áreas céntricas de las ciudades donde se realizan actividades comerciales, centros comerciales y edificios de oficinas.

Redes de distribución para cargas industriales.

Que tienen un componente importante de energía reactiva debido a la gran cantidad de motores instalados. Con frecuencia se hace necesario corregir el factor de potencia.

Redes de distribución para cargas mixtas

En este tipo de redes se tienen varias de estas cargas en una misma red de distribución. No muy deseables pues se dificulta el control de pérdidas.

Las redes de distribución se clasifican mediante sistemas aéreos, subterráneos y mixtos, los cuales están presentes en toda red eléctrica de acuerdo a cada topología que abarca el área de concesión de la empresa distribuidora, también se clasifica de

acuerdo al tipo de carga como pueden ser: residenciales, comerciales industriales y mixtas. Constituyendo con principales elementos que enlaza desde la red de medio voltaje hasta el equipo de medición.

1.1.3. Principales elementos constitutivos

Los principales elementos constitutivos de un sistema de distribución son:

1. Líneas primarias.
2. Transformadores de distribución.
3. Líneas secundarias.
4. Acometidas.
5. Equipo de medición.
6. Alumbrado público

1.1.3.1. Líneas primarias de distribución

Según (YEBRA, 2009) y (SAADAT_E-BOOK) dice: “Las líneas primarias de distribución son los cables encargados de conducir la energía desde las subestaciones de potencia hasta los transformadores de distribución”. Pág. 16

La estructura de una línea primaria de distribución se forma con: troncales y ramales. Los troncales de la red primaria son los cables de mayor capacidad que transmiten la energía desde la subestación hasta los ramales existentes. Están formados por conductores de gruesos calibres, siendo común emplear conductores de calibres 3/0, 4/0 hasta 266 MCM en cables de aluminio. Los ramales son los cables que se derivan de los troncales hasta llegar a los transformadores de distribución. Normalmente los ramales son de calibre menor al de los troncales, empleándose calibres de 1/0, No. 2, AWG de acuerdo a la densidad de carga.

La estructura de los alimentadores primarios son de forma radial, viendo una analogía se asemeja a un árbol en el que el tronco es la troncal del alimentador que lleva la mayor cantidad de energía para luego ser distribuida por medio de los ramales.

Las redes primarias se clasifican, por el número de fases e hilos, de la siguiente manera:

1. Trifásicas tres hilos.
2. Trifásicas cuatro hilos.
3. Monofásicas dos hilos.

1.1.3.2. Transformadores de distribución

Según (YEBRA, 2009) y (ESPINOSA Y LARA), “Los transformadores de distribución son los equipos encargados de cambiar el voltaje primario a un valor menor de tal manera que el usuario puede utilizarla sin necesidad de equipos e instalaciones costosas y peligrosas. En si el transformador de distribución es el enlace entre la red primaria y la red secundaria”. Pág. 22

La capacidad del transformador se selecciona en función de la magnitud de la carga, considerando factores muy importantes que influye en el dimensionamiento de la misma como factor de demanda y factor de coincidencia, ya que sin utilizar los mencionados factores se puede sobredimensionar o subdimensionar al transformador trayendo consigo problemas futuros.

La conexión del lado primario del transformador es en delta y en el lado secundario se encuentra conectado en estrella a cuatro hilos con el neutro aterrado a tierra teniendo así la posibilidad de alimentar cargas de fuerza y de alumbrado, esta conexión es favorable ya que permite evacuar las corrientes parasitas al neutro teniendo un sistema más confiable.

En los transformadores monofásicos se utiliza la conexión de tres hilos, dos fases y un neutro alimentando en su mayoría a cargas residenciales y de alumbrado público.

1.1.3.3. Redes secundarias de distribución

Según (ESPINOSA Y LARA) y (YEBRA, 2009) “Las redes secundarias conducen la energía desde los transformadores de distribución hasta las acometidas de los usuarios. En la mayoría de los casos los circuitos secundarios son de operación radial”. Pág. 23

Los sistemas secundarios de distribución, por el número de hilos, se clasifican en.

1. Monofásico dos hilos
2. Monofásico tres hilos
3. Trifásico tres hilos
4. Trifásico cuatro hilos

1.1.3.4. Acometidas

Son elementos que unen el sistema de medición con la red de distribución que dependiendo de la magnitud de la carga que el cliente posee, puede ser en medio o bajo voltaje para suministrar energía al usuario final; la medición se lo puede realizar en medio o bajo voltaje dependiendo del tipo de acometida, que a su vez la medición puede ser directa o indirecta.

1.1.3.5. Alumbrado público

Es un servicio de iluminación pública que permite mejorar la circulación vehicular y peatonal con seguridad, esta normalizado en luminaria de sodio de 100, 150 y 250 vatios a doble potencia.

1.1.4. Estructura principal

Según (ESPINOSA Y LARA) y (YEBRA, 2009)

Las redes de distribución normalmente se construyen de acuerdo a estructuras bien definidas. Cada tipo de estructura se adapta a un cierto tipo de condiciones y necesidades marcadas por el tipo de carga, la forma geográfica de la zona, la confiabilidad requerida por el tipo de usuarios, las necesidades futuras, etc.

1.1.4.1. Red radial

Esta estructura está formada por cables troncales y cables ramales en los que la energía sigue un sólo camino de la fuente a la carga. Puede tener ligas de amarre con otras redes cercanas, o puede no tenerlas. Este tipo de estructura es la más comúnmente utilizada en líneas de construcción aérea, y en redes subterráneas también se utiliza frecuentemente.

En las redes radiales en operación normal, cada alimentador suministra una cierta carga enmarcada por la zona de influencia del alimentador. En este arreglo los elementos de seccionamiento, que unen a dos alimentadores diferentes, están abiertos. En caso de emergencia, los elementos de seccionamiento se cierran y abren en forma estratégica para hacer movimientos de carga, y aislar el tramo donde se localiza la falla.

Una estructura principal está adaptada de acuerdo a la topología geográfica de la zona y de acuerdo a las necesidades de confiabilidad que el sistema lo requiera, como pueden ser una estructura en anillo donde la confiabilidad es superior o una estructura radial que permite tener diversas ramificaciones de la red siendo la más utilizada en el diseño de redes de distribución.

1.1.5. Fuentes armónicas

Según (HARPER) y (SCHNEIDER ELECTRIC, 2004): “Los armónicos son corrientes y voltajes senoidal con frecuencias que son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental de la línea eléctrica, que es 60 Hz”. Pág. 75

Los armónicos distorsionan la forma de onda del voltaje y corriente entregadas en forma senoidal normalmente. Cada armónico tiene su respectivo orden; al incrementar el orden, la frecuencia de los armónicos y su magnitud disminuye. Por eso, los armónicos de orden inferior, usualmente el quinto y el séptimo, tienen el mayor efecto en el sistema de potencia por el incremento en las pérdidas en el núcleo o en el cobre debido al efecto piel.

Según (RAMIREZ) “Generalmente cuando la carga no lineal representa menos del 20% de la carga total la distorsión armónica en corriente estará dentro de los límites establecidos en la IEEE 519, sin que exista la necesidad de efectuar algún tipo de filtrado”. Pág. 18

Los armónicos se definen habitualmente con los datos más importantes que los caracterizan, y son:

Según (SCHNEIDER ELECTRIC, 2004):

Amplitud: Hace referencia al valor del voltaje o de la intensidad del armónico, la amplitud de un armónico es generalmente un pequeño porcentaje de la fundamental.

Fase: Hace referencia al valor del ángulo entre el armónico y la fundamental.

Orden: Hace referencia al valor de su frecuencia referida a la fundamental. Así un armónico de orden 3 tiene una frecuencia tres veces superior a la fundamental, es decir, $3 \times 60 \text{ Hz}$ es igual a 180 Hz . El espectro es la distribución de la amplitud de varios armónicos como una función del número del armónico.

Las características principales de los armónicos son las mencionadas, donde se idéntica el nivel de contaminación que presenta en la red eléctrica provocadas por cargas no lineales.

1.1.5.1. Origen de los armónicos

Según (SCHNEIDER ELECTRIC, 2004) y (HARPER)

Los equipos generadores de armónicos están presentes en todas las instalaciones industriales, comerciales y residenciales. Los armónicos son provocados por las cargas no lineales.

Definición de carga no lineal

Una carga es considerada no lineal cuando la intensidad que circula por ella no tiene la misma forma sinusoidal que el voltaje que la alimenta.

Las fuentes de cargas no lineales más comunes son:

- Los equipos que contienen circuitos con electrónica de potencia
- Equipos industriales (máquinas de soldar, hornos por arco, hornos de inducción y rectificadores).
- Variadores de velocidad para motores en C.C. y asíncronos.
- Equipos de informática (PC's, fotocopiadoras, faxes, etc.).
- Aplicaciones domésticas (equipos de televisión, hornos microondas, cocinas de inducción, iluminación, fluorescente, etc.)

En un sistema eléctrico las cargas no lineales son consideradas las que mayor contaminación producen debido que los equipos contiene circuitos electrónicos que distorsiona la onda fundamental.

1.1.5.2. Perturbaciones causadas por los Armónicos

Según (SCHNEIDER ELECTRIC, 2004)

El flujo de armónicos en una instalación reduce la calidad de la energía y origina numerosos problemas como son sobrecargas de:

- La red por el incremento de la corriente eficaz,
- Los conductores del neutro debido a la suma de los armónicos de rango 3 generados por las cargas monofásicas,
- Vibraciones y envejecimiento prematuro de los alternadores, transformadores y motores; zumbido de los transformadores,
- Envejecimiento prematuro de los condensadores de compensación de energía reactiva,
- Deformación del voltaje de alimentación pudiendo perturbar a los receptores sensibles,
- Perturbación de las redes de comunicación o de las líneas telefónicas.

Las perturbaciones son molestias o daños causados por la presencia de armónicos, trayendo consigo diversos tipos de problemas que afecta el normal funcionamiento de los equipos conectados a la misma red.

1.1.5.3. El impacto económico de las perturbaciones

Según (SCHNEIDER ELECTRIC, 2004)

Los armónicos tienen un impacto económico importante. En efecto:

- El envejecimiento prematuro de los equipos supone que deben reemplazarse con anterioridad, a menos que se hayan sobredimensionado inicialmente,
- Las sobrecargas de la instalación obligan a aumentar la potencia contratada, e implican, si no existe un sobredimensionamiento de la instalación, pérdidas suplementarias,
- Las perturbaciones en intensidad producen disparos intempestivos y el paro de los equipos de producción.

Estos costos de material, pérdidas energéticas y de productividad contribuyen a la pérdida de competitividad de las empresas.

La presencia de armónicos produce disparos intempestivos, obligando al mantenimiento correctivo generando pérdidas significativas para la industria ya sea por paro de producción o reposición de equipos eléctricos afectados.

1.1.5.4. Indicadores esenciales de la distorsión armónica

Según (SCHNEIDER ELECTRIC, 2004) y (HARPER)

La THD de voltaje indica la distorsión de la onda de voltaje.

La THD de corriente indica la distorsión de la onda de corriente.

Para identificar la carga que causa la distorsión, la THD de corriente se debe medir a la entrada y en cada una de las salidas de los diferentes circuitos.

El factor de cresta se utiliza para caracterizar la amplitud de un generador para proporcionar corrientes instantáneas de valor elevado. El material informático por ejemplo, absorbe intensidades muy distorsionadas donde el factor de cresta puede ser 3 o incluso 5.

El espectro (descomposición en frecuencia de la señal) da una representación diferente de las señales eléctricas, y permite evaluar la distorsión.

Los principales indicadores de distorsión armónica son el THD de corriente, THD de voltaje, El factor de cresta y el espectro, que permite diagnosticar el nivel de distorsión total.

1.1.6. Regulación CONELEC 004/01

Esta regulación establece los niveles de calidad de la prestación del servicio eléctrico de distribución y los procedimientos de evaluación a ser observados por parte de las Empresas Distribuidoras, las mismas con responsabilidad de prestar el servicio eléctrico a los Consumidores ubicados en su zona de Concesión, dentro de los niveles de calidad establecidos, en virtud de lo que señala la Ley de Régimen del Sector Eléctrico

Nivel de Voltaje

Índice de Calidad

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

Ec. (1) 1.2.5

Donde:

ΔV_k : variación de voltaje, en el punto de medición, en el intervalo k de 10 minutos.

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

V_n : voltaje nominal en el punto de medición.

Límites

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

Las variaciones de voltaje admitidas con respecto al valor del voltaje nominal se señalan a continuación:

	Subetapa 1	Subetapa 2
Alto Voltaje	$\pm 7,0 \%$	$\pm 5,0 \%$
Medio Voltaje	$\pm 10,0 \%$	$\pm 8,0 \%$
Bajo Voltaje. Urbanas	$\pm 10,0 \%$	$\pm 8,0 \%$
Bajo Voltaje. Rurales	$\pm 13,0 \%$	$\pm 10,0 \%$

Armónicos

Índices de Calidad

$$V_i' = \left(\frac{V_i}{V_n} \right) * 100$$

Ec.(2) 1.2.5

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

Ec.(3) 1.2.5

Donde:

V_i' : factor de distorsión armónica individual de voltaje.

THD: factor de distorsión total por armónicos, expresado en porcentaje

V_i : valor eficaz (rms) del voltaje armónico "i" (para $i = 2... 40$) expresado en voltios.

V_n : voltaje nominal del punto de medición expresado en voltios.

Límites

Los valores eficaces (rms) de los voltajes armónicos individuales (V_i') y los THD, expresados como porcentaje del voltaje nominal del punto de medición respectivo, no deben superar los valores límite (V_i' y THD') señalados en esta regulación CONELEC 004/01

1.1.7. Mejoras de la calidad de producto en redes distribución

En redes de distribución existen algunas mejoras óptimas que se pueden implementar, con esto se logra un adecuado funcionamiento del sistema eléctrico, como son las siguientes:

Táps de un transformador

Los táps son derivaciones que poseen los transformadores trifásicos, los cuales tienen la posibilidad de cambiar el nivel de voltaje en la salida del transformador.

Regulador de voltaje

Un regulador de voltaje es básicamente un autotransformador con táps en uno de sus devanados, que permite variar el voltaje entregado, y que puede ser operado bajo carga. El dispositivo común es un regulador monofásico.

Banco de capacitores

Los bancos de capacitores de potencia son agrupamientos de unidades montadas sobre bastidores metálicos, que se instalan en un punto de la red de MV (en subestaciones o en alimentadores de distribución) con el objeto de suministrar potencia reactiva y regula el voltaje del sistema.

Balance de carga

Es el referente a la adjudicación de la carga en los distintos nudos del sistema a ser conectados en las fases del sistema, haciendo que la decisión sea tomada en la relación a cual fase será conectada la carga ubicada en cada n-ésimo nudo.

Transferencia de carga

Es la acción en la cual se libera carga de un lugar a otro según convenga, para proteger posibles averías en los elementos de un circuito eléctrico.

Cambio de calibres de conductores

Entre las mejoras técnicas se encuentran el cambio de calibre de los conductores que en muchas ocasiones es efectiva desde el punto de vista técnico y económico si se realiza con los calibres adecuados y se escoge los tramos del circuito para hacer el cambio de calibre de mayor efectividad. Es necesario realizar la evaluación de la demanda con la mayor incertidumbre posible y utilizar métodos de evaluación correctos.

Reconfiguración del alimentador

La reconfiguración de circuitos de distribución consiste básicamente en la transferencia de carga desde alimentadores muy cargados hacia alimentadores con cargas relativamente menores, con lo cual no solo se busca controlar el nivel de carga en los alimentadores involucrados en la operación, sino también mejorar los perfiles de voltaje a lo largo de ellos y reducir las pérdidas de potencia totales. El objetivo de la reconfiguración es obtener las mínimas pérdidas posibles en las redes de distribución.

Las posibles soluciones para atenuar los efectos de los armónicos.

Adaptaciones de la instalación

- Posicionar las cargas perturbadoras aguas arriba en la red
- Reagrupar las cargas perturbadoras
- Separar las fuentes

Utilización de dispositivos particulares en la alimentación (inductancias, transformadores especiales)

- Utilización de transformadores en conexiones particulares.
- Instalación de inductancias.

Filtrado.

En el caso en que las acciones preventivas presentadas anteriormente no sean suficientes, la instalación debe ser equipada con filtros.

Se distinguen tres tipos de filtros:

- Filtro pasivo.
- Filtro activo.
- Filtro híbrido.

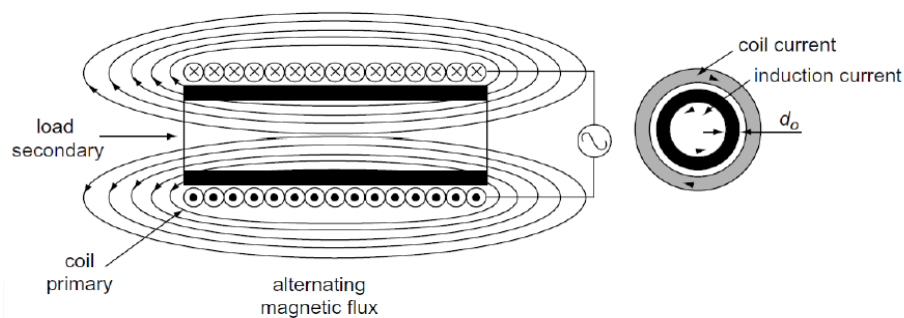
1.2.Cocinas de Inducción

1.2.1. Fundamentos del calentamiento por inducción

Según (FAIRCHILD, semiconductor, 2000) y (ESTEVE, 1999) menciona: “Todo calentamiento por inducción es desarrollado utilizando la inducción electromagnética, primero descubierto por Michael Faraday en 1831, que se refiere al fenómeno por el que se genera corriente eléctrica en un circuito cerrado por la fluctuación de la corriente en otro circuito a lado de él”. Pág. 1

En el gráfico N°1 se puede apreciar el principio de inducción magnética que comúnmente se utiliza para el funcionamiento de transformadores, motores, generadores, entre otras.

GRÁFICO N° 1 FUNDAMENTOS DE INDUCCIÓN



FUENTE: Imagen tomada de (FAIRCHILD, semiconductor, 2000)

Dentro de la inducción magnética se produce las pérdidas de energía en forma de calor puede convertir en energía térmica productiva en sistemas de calefacción eléctrica, con la aplicación de esta ley se ha desarrollado diversos productos como forja, horneado, temple, soldadura, entre otras.

1.2.2. Funcionamiento de una cocina eléctrica de inducción

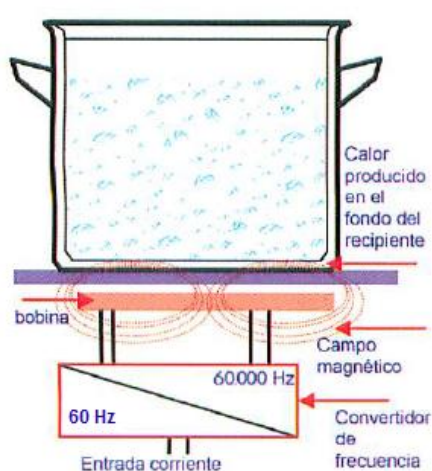
Según (Cocinas de Inducción vs Cocina a Gas (GLP), 2013) y (CUSHICÓNDOR, y otros, 2009) “La cocina de inducción es un tipo de cocina vitrocerámica, cuyo elemento principal, ubicado debajo de la zona de cocción, es una bobina plana de cobre y con forma de espiral, por la que se hace pasar una corriente eléctrica I de frecuencia variable (20 – 100 kHz), la misma que genera una densidad de flujo magnético alterno, con la misma frecuencia con la que varía la corriente en la bobina”. Pág. 9

El campo magnético atraviesa la vitrocerámica sin ninguna obstrucción y penetra el material ferromagnético (cacerola) colocado encima de la zona de cocción, creando así corrientes circulares de alta frecuencia alrededor de la misma; Por la presencia de estas corrientes inducidas y debido a la frecuencia de trabajo que se está utilizando, esta energía se disipa en forma de calor, debido al efecto joule calentando el material ferromagnético de manera elevada y rápida.

De igual manera debido a la corriente senoidal, genera un campo magnético alterno dentro del recipiente, que magnetiza y desmagnetiza repetidamente de acuerdo a la frecuencia de trabajo, provocando que moléculas de hierro vibren entre 20000 y 50000 veces por segundo, generando calor adicional por la fricción que ocurre entre ellas, denominada también como pérdida por histéresis magnética, que en materiales magnéticos son más fáciles de calentar; cuanto mayor es la frecuencia, mayor es el flujo de calor, manipulando este parámetro por medio de los niveles que posee la cocina de inducción.

El calor liberado por el efecto joule aumentado el calor liberado por histéresis magnética y por el efecto peculiar es la que se emplea para la cocción de alimentos como se muestra en el gráfico N°2, notando que a mayor frecuencia mayor es el flujo de calor y mayor va ser el consumo de energía.

GRÁFICO N° 2 FUNCIONAMIENTO DE UNA COCINA DE INDUCCIÓN



El gráfico muestra la creación de un campo magnético alternativo por medio de un generador

Cocinando con inducción, el calor se genera directamente sobre el fondo del recipiente

Condición utilizar utensilios de cocina con fondo ferromagnético

FUENTE: Imagen tomada de (INDUCS)

Estas corrientes inducidas en el material ferromagnético generan una gran cantidad de calor solo en la base del recipiente, ya que el material vitrocerámico no es conductor y los campos magnéticos no provoca ninguna reacción en la misma, al calentar el recipiente hay una posibilidad que la vitrocerámica se caliente en bajas proporciones debido al contacto directo que mantiene con el material ferromagnético (cacerola).

1.2.3. Características principales

Las características relevantes en una cocina de inducción son las que se muestran en la tabla N° 1

Según (INDUCS) y (ECOGAS)

TABLA N° 1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE UNA COCINA DE INDUCCIÓN.

CARACTERÍSTICAS		
	INDUCS	ECOGAS
Voltaje de Funcionamiento	220 VAC	208-240 VAC
Frecuencia de entrada	50/60 Hz	50/60 Hz
Frecuencia de trabajo	20-60 kHz	20-50 kHz

FUENTE: Catálogo (INDUCS) y (ECOGAS)

1.2.4. Ventajas y Desventajas

Según (INDUCS) y (RECREAC)

Las Ventajas son;

Rapidez. Calor inmediato. Un litro de agua se calienta un 60% más rápido que con una cocina a gas. Es el único sistema que aprovecha casi un 100% de la energía.

Eficiencia. Para producirse el calentamiento no es necesario el contacto físico con el recipiente, únicamente se da mediante el acoplamiento magnético; por lo tanto no hay prácticamente nada de calor desperdiciado.

Seguridad. La seguridad es un punto importante. Con la cocina de inducción, los quemadores permanecen fríos (temperatura ambiente), lo que elimina la preocupación de quemarse las manos.

Las Desventajas son;

Costo. Típicamente, utensilios de cocina de inducción y la misma cocina es más caro debido a sus componentes y materiales utilizados.

Utensilios de cocina especial. La inducción puede calentar la comida sólo a través de las cacerolas hechas de acero o de hierro. Se puede probar utensilios de cocina para ver si es compatible pasando un imán a través de la cacerola. Si el imán se pega a la sartén, la sartén funcionará. No todos los utensilios de cocina de acero inoxidable son compatibles con la inducción.

Interrupción de la electricidad. Al igual que con una estufa eléctrica, las de inducción perderán la capacidad de funcionar si se queda sin energía.

La utilización de cocinas de inducción trae consigo ventajas como: rapidez eficiencia y seguridad optimizando recursos al momento de cocción y desventajas como el costo de inversión y la posible interrupción de la energía eléctrica que el usuario no podrá hacer uso de la cocina.

1.3. Metodología propuesta por el MEER, para la proyección de la demanda con la incorporación de las cocinas de inducción

Según (CONELEC, 2004):

Esta metodología contiene procedimientos los cuales están sujetos a revisión y actualización con el fin de garantizar las condiciones de calidad, seguridad y confiabilidad del servicio eléctrico en todas las empresas distribuidoras del país.

Dentro de la metodología existen varios puntos fundamentales para el desarrollo del estudio del impacto que implica la incorporación de las cocinas de inducción tales como:

Diagnóstico del estado actual del sistema eléctrico.- este proceso se iniciará con el análisis de los registros de carga en la cabecera del alimentador. Empleando como variable de distribución la energía facturada promedio por lo menos de los últimos tres meses, en cada transformador de distribución. Solo si no se dispone de los registros de la energía facturada, se usará la potencia instalada como variable de distribución.

Las demandas asignadas se analizarán en condiciones de operación de todos los alimentadores primarios del sistema mediante el software CYMDIST.

Para obtener los factores de coincidencia se utilizará el procedimiento ampliamente aceptado a nivel internacional, basado en la metodología desarrollada y aprobada por la empresa Westinghouse.

Cabe destacar que la aplicación de la distribución de la demanda por kVA instalados que entrega el CYMDIST, no es la más apropiada cuando el número de usuarios es menor a 5; en este caso se utilizará el método REA.

Evaluación de la nueva carga por incorporación masiva de cocinas de inducción

Según la National Electrical Code establece que una cocina encimera de inducción de 3,5kW o menos tiene un factor de demanda de 80%, por lo que para el caso de la cocina de 3kW resulta en una demanda individual de 2,4 KW, valor que se deberá utilizar para el cálculo de reforzamiento de la acometida por lo que se trata de la demanda individual del equipo.

En los alimentadores primarios se deberá valorar la coincidencia al pico del medio día con el valor de la demanda máxima diversificada, mientras que para el pico de la noche se valorará con el 60% de la demanda máxima diversificada.

Para analizar la incidencia de la cocción en los transformadores de distribución, el valor de demanda debe ser afectado por el factor de coincidencia correspondiente al número de usuarios o de equipos, dependiendo del nivel donde se requiera obtener la demanda máxima coincidente.

La incidencia de la cocción sobre la demanda existente se determinará multiplicando 2,4kW (FP= 0,95) por el número de cocinas y por el factor de coincidencia correspondiente al número de cocinas que se incorporan en ese transformador, para la condición de la demanda existente al medio día. Por otra parte, para la demanda existente de la noche se añadirá el 60% del valor calculado para el medio día. Para ampliar la información se puede observar en el anexo N° 1

1.4. Proyección de la demanda

La proyección de la demanda futura consiste un principio básico fundamental para conocer las acciones a tomar en el progresivo crecimiento de la demanda, encontrando posibles alternativas de mejoras tanto en infraestructura eléctrica como en calidad, permitiendo la elaboración de presupuestos, estudios de pérdidas e inversiones que se realizara para afrontar cualquier tipo de anomalía que se presente en la red de energía eléctrica.

Para la proyección se utiliza el método estadístico tendenciales confiables con el fin de obtener una tasa de crecimiento promedio como se muestra a continuación.

Según (RAMIREZ) la tasa de crecimiento de la demanda está dada por:

$$r = \sqrt[n]{\frac{D_n}{D_0}} - 1 \quad \text{Ec. (4) 1.5}$$

Denominada tasa de crecimiento geométrico, o por

$$r = \frac{\frac{D_n}{D_0} - 1}{n} \quad \text{Ec. (5) 1.5}$$

Denominada tasa de crecimiento aritmético, donde:

D_0 = Demanda actual

D_n = Demanda para el periodo de proyección

n = Período de proyección

1.5.Equipos y Software

1.5.1. Analizador de calidad eléctrica PQ-Box 100 (4U/4I)

Es ideal para el análisis de redes de baja, media y alta tensión y cumple todos los requerimientos de la norma IEC 61000-4-30 sobre los equipos de la categoría A.

Funciones

- Medición de calidad de voltaje en redes de baja y medio voltaje.
- Función de registro de fallas
- Análisis de carga, medición de energía

La tabla N° 2 muestra las características técnicas del equipo.

TABLA N° 2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PQ-BOX 100

PARÁMETRO	DETALLE
4 entradas de tensión:	L1, L2, L3, N, E
Tensión de medida máxima:	Consulte la Sección 1.4
Entradas de corriente:	4 con un máximo de 700 mA rms,
Almacenamiento de datos:	1 GByte Interfaces: USB 2.0 Pantalla:
Clima rango de resistencia / temperatura: Función:	-20 ° C a 70 ° C
Almacenamiento:	-30 ° C a 80 ° C
Fuente de alimentación:	100 V a 420 V CA o 140 V a 220 V DC
Fuente de alimentación de emergencia (fallo de alimentación):	Batería NiMH (20 segundos)
Categoría de instalación:	300 V CAT IV o 600 V CAT III
La exactitud de las entradas de tensión:	<0,1% del 10% al 150% de

FUENTE: Catálogo Equipo ELEPCO SA

El gráfico N° 3 se apreciar la forma física del equipo a utilizar.

GRÁFICO N° 3 ANALIZADOR DE CALIDAD ELÉCTRICA PQ-BOX 100



FUENTE: Imagen tomada ELEPCO S.A.

1.5.2. CYMDIST – Análisis de sistemas de distribución

Para realizar la simulación del comportamiento del alimentador Mulaló Joseguango Bajo se utilizará el software CYMDIST versión 5.07

Según (COOPER, 2014):

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

- Flujo de potencia desbalanceado
- Balance de cargas
- Distribución y evaluación de cargas

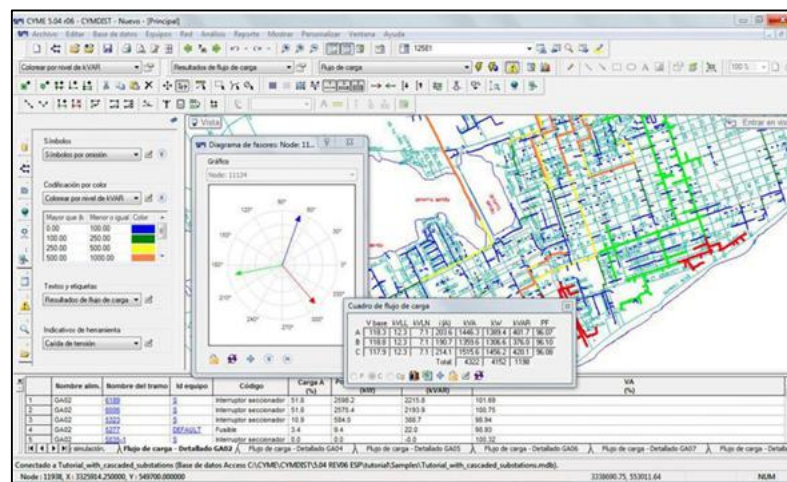
El programa de análisis de redes de distribución CYMDIST es una serie de aplicaciones que consta de un editor de red, de módulos de análisis y de bibliotecas de modelos personalizables desde las cuales se puede obtener la solución más eficiente.

El programa de análisis de redes de distribución CYMDIST puede realizar estudios de planeamiento y simular el comportamiento de las redes de distribución en distintas condiciones de funcionamiento y distintos escenarios. Además incluye varias funciones necesarias para el planeamiento, la explotación y el análisis de las redes de distribución.

Las funciones de análisis de flujo de carga, cortocircuito y optimización de la configuración eléctrica pueden ejecutarse en sistemas de distribución equilibrados o desequilibrados, con diferentes combinaciones de fases y configuraciones.

El espacio de trabajo del programa es totalmente personalizable. La representación gráfica de los componentes de la red, los resultados y los reportes puede crearse y modificarse como se observa en el gráfico N° 4.

GRÁFICO N° 4 VENTANA DE COMANDOS Y APLICACIONES CYMDIST



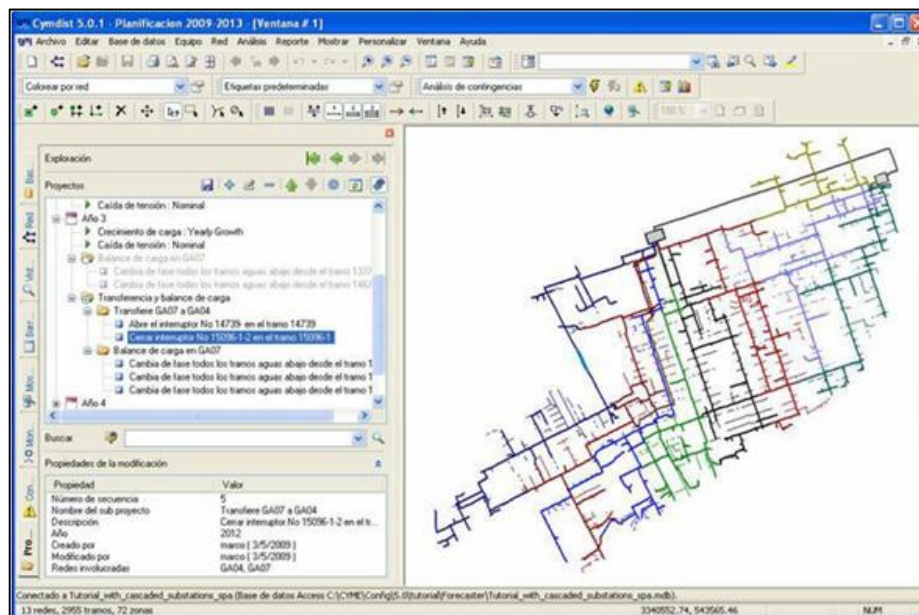
FUENTE: Imagen tomada (COOPER, 2014)

Los módulos adicionales del programa CYMDIST permiten realizar estudios más especializados como el análisis de la confiabilidad, de contingencias, de armónicos, de configuración óptima, etc.

El programa CYMDIST es una herramienta muy adecuada para crear estudios predictivos por simulación y además evaluar el impacto de los cambios efectuados en la red.

Todos los datos están almacenados en tablas SQL y archivos XML que pueden consultarse fácilmente desde terceras aplicaciones. Se puede interconectar el programa CYMDIST o integrarse con otras aplicaciones como los sistemas AM/FM/GIS, DMS, NMS, OMS y SCADA.

GRÁFICO N° 5 VENTANA DE SIMULACIONES CYMDIST



FUNTE: Imagen tomada de (COOPER, 2014)

El gráfico N° 5 muestra las principales aplicaciones de análisis entre las cuales se tiene:

- Flujo de carga y caída de voltaje
- Balance, distribución y evaluación de cargas
- Modelación de la generación distribuida

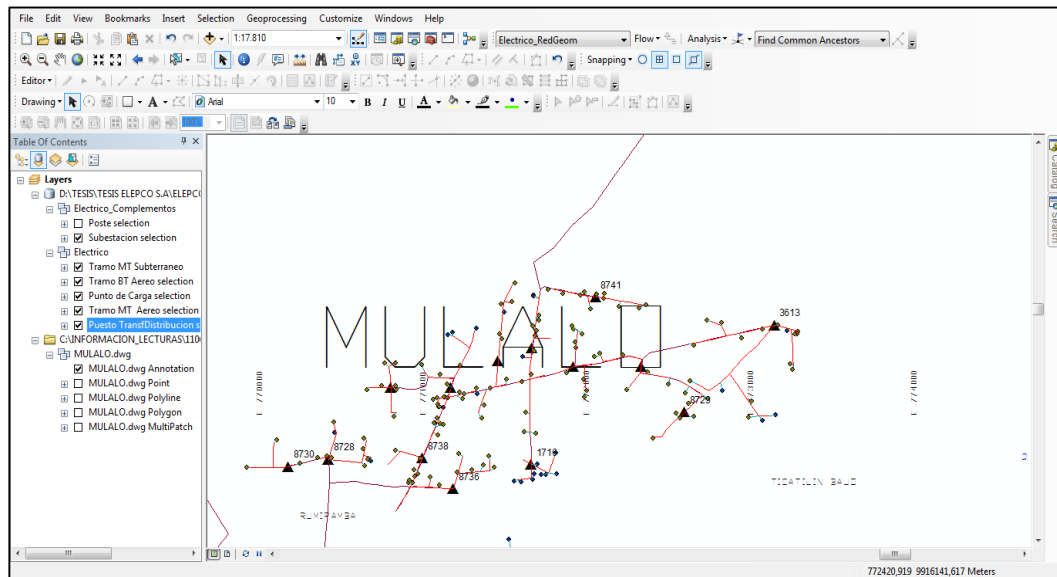
1.5.3. Software ArcGIS

El software ArcGIS, sirve para la validación de información, el cual permite trabajar de mejor manera con la base de datos.

Según (ESRI, España, 2010): “ArcGIS es una plataforma de información que permite crear, analizar, almacenar y difundir datos, modelos, mapas en 3D”.

En el gráfico N° 6 se muestra la hoja de trabajo en la cual se realizará el desarrollo de la validación de datos.

GRÁFICO N° 6 HOJA DE TRABAJO “WORKSPACE”



FUENTE: Imagen tomada ArcGIS 10.2

ArcMap

ArcMap es la aplicación de ArcGIS Desktop se puede visualizar y editar datos geográficos (geoprocesos), así como crear mapas. Esta es la aplicación de GIS que se usa para todas la tareas relacionadas con los mapas, incluyendo análisis y edición de cartografía. Los mapas pueden tener una serie de elementos de salida tales como la escala gráfica, del norte gráfico, leyendas que describen cada elemento participante, etc. ArcMap ofrece arreglo final listo para ser impreso o exportado, en las cuales se puede desarrollar una serie de tareas basadas en el GIS.

CAPÍTULO II

PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

2.1. Aspectos generales de la Empresa Eléctrica Cotopaxi S.A.

2.1.1. Antecedentes históricos

Según la revista ELEPCO 2013. El 11 de abril de 1909 se inauguró en forma oficial el servicio de Alumbrado Eléctrico de la ciudad de Latacunga, conformándose lo que se llamó los Servicios Eléctricos Municipales, entidad que desde aquella fecha fue la encargada de administrar la energía eléctrica producida por una pequeña planta hidráulica de 30 kW, localizada en el barrio Miraflores; el servicio que se brindaba era exclusivamente de alumbrado a los domicilios y a las calles céntricas de la ciudad.

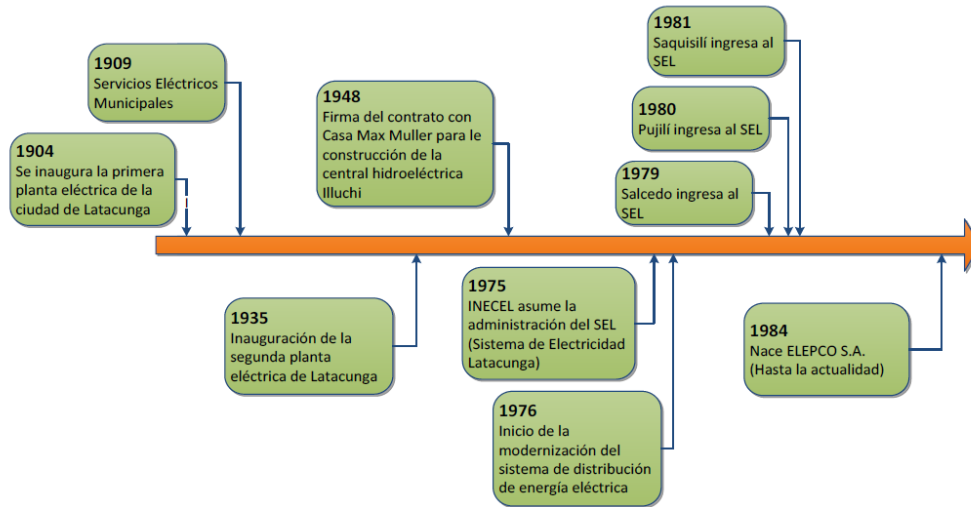
El 2 de mayo de 1975 el Instituto Ecuatoriano de Electrificación INECEL se hace cargo de la administración de la energía eléctrica de Cotopaxi y funda el Sistema Eléctrico Latacunga (S.E.L.).

En el mes de mayo de 1977 el S.E.L. se interconecta al Sistema Nacional mediante la S/E San Rafael y una línea de 69 kV. Hasta la ciudad de Ambato.

Constituye en Compañía anónima El 25 de noviembre de 1983 denominada "EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL DE COTOPAXI S.A., ELEPCO S.A." mediante escritura pública.

En la gráfica N° 7 se muestra la línea Histórica institucional de cómo se fue fundando hasta consolidarse como ELEPCO S.A.

GRÁFICO N° 7 LÍNEA HISTÓRICA INSTITUCIONAL ELEPCO S.A.



FUENTE: Imagen tomada de (ELEPCO S.A.)

2.1.2. Misión

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

2.1.3. Visión

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

2.1.4. Dedicación

La Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi acorde con su objeto social, tiene como finalidad la prestación del servicio público de electricidad en su área de concesión, mediante la generación, distribución y comercialización de energía eléctrica; enmarcada en este contexto su fin es brindar el suministro de energía eléctrica a sus clientes con parámetros de calidad, ofreciendo un servicio continuo y confiable, convirtiéndose en una empresa innovadora que impulsa el desarrollo socio-económico de la Provincia de Cotopaxi.

2.1.5. Objetivos Institucionales

Ampliar la cobertura del servicio de energía eléctrica dentro de su área de concesión, que a su vez permitirá mejorar el desarrollo socio económico de la población.

Mejorar los indicadores de gestión referentes para alcanzar las metas, implementando reformas en los procesos de priorización y utilización de los recursos para que estos garanticen la ejecución presupuestaria.

Mejorar el rendimiento energético usando eficientemente la energía a través de medidas de ahorro con el fin de reducir y dar un uso más eficaz de la energía.

Impulsar proyectos de generación basados en fuentes alternativas, con el fin de diversificar la matriz energética.

Mejorar la productividad en el desarrollo permanente de la organización. La administración no sólo se ocupa de determinar las actividades y cumplir con las metas de la organización (eficacia), sino también de hacerlo de la manera más eficiente (organización exitosa).

Promover el desarrollo personal y profesional de los empleados, su motivación y adhesión hacia los fines organizacionales mediante la ejecución de planes y programas que mejoren la gestión del talento humano.

2.2. Diseño Metodológico

2.2.1. Métodos de Investigación

Es el camino que el grupo de investigación escoge para realizar su investigación de manera lógica, este trabajo utiliza los siguientes métodos:

2.2.1.1. Método Deductivo

Es un proceso sintético-analítico, es decir contrario al método inductivo; se presentan conceptos, principios, definiciones, leyes o normas generales de las cuales se extrae conclusiones o consecuencias en las que se aplican; o se examinan casos particulares sobre las bases de las afirmaciones generales presentadas.

Este método se lo utiliza durante el estudio recogiendo principios de funcionamiento de una cocina de inducción y las normas establecidas en el país para luego introducirlas al sistema y conocer su condición y solucionar problemas si así lo requiera, todo esto se lo va hacer mediante el software de simulación descrito.

2.2.1.2. Método Científico

El método científico es un procedimiento para describir las condiciones en que se presentan sucesos específicos, caracterizado generalmente por ser tentativo, verificable, de razonamiento riguroso y observación empírica.

Se refiere a la serie de etapas que hay que recorrer para obtener un conocimiento valido desde el punto de vista científico.

2.2.2. Tipos de Investigación

Para realizar este trabajo se utilizará los siguientes tipos de investigación.

2.2.2.1. Aplicada

Es la que tiende a modificar una realidad presente con alguna finalidad práctica. La mayor parte de las investigaciones que se realiza son aplicadas.

Se utiliza esta investigación porque permite modificar parámetros con la finalidad de ver el comportamiento del sistema eléctrico en varios escenarios de trabajo.

2.2.2.2. Descriptiva

Es la que se refiere a lo que será, es decir a una realidad que no existe en el momento pero que existirá después del experimento.

Esta investigación permite conocer las posibles anomalías que se puede presentar al momento que las cocinas de inducción entren a la red en estudio ya que estas consumen una cantidad considerable de energía y la red debe estar en buenas condiciones para transportar dicha energía sin que ocurra anomalías en la red.

2.2.2.3. *Campo*

Es la que se realiza en lugares no determinados específicamente para ello, sino que corresponde al medio en donde se encuentran los sujetos o el objeto de investigación, donde ocurren los hechos o fenómenos investigados.

El estudio se lo realiza en un determinado lugar, conociendo así costumbres y formas de cocción de alimentos, que son datos muy importantes para el desarrollo del presente trabajo investigativo.

2.3. Cálculo de la población y muestra

Para el desarrollo de la presente investigación se tiene como universo a 2324 abonados conectados a la red de distribución del alimentador Mulaló Joseguango Bajo correspondiente a una zona rural-marginal perteneciente a la Empresa Eléctrica Cotopaxi S.A. donde se calcula con un margen de error del 5% para aplicar en la siguiente ecuación.

$$n = \frac{N \cdot P \cdot Q}{(N - 1) \frac{E^2}{K^2} + P \cdot Q}$$
$$n = \frac{2324 * 0.25}{(2324 - 1) \left(\frac{0.05^2}{2^2} \right) + 0.25}$$

$$n = 341 \text{ Personas}$$

Como resultado se obtiene una muestra de 341 clientes, lo cual se aplica a usuarios residenciales conectados a dicho alimentador.

2.3.1. *Técnicas de Investigación*

2.3.1.1. *Observación*

Es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis.

Es la acción que depende principalmente de la vista y consiste en observar atentamente los hechos y fenómenos que tiene lugar a realizar el estudio y su naturaleza.

2.3.1.2. Encuesta

La encuesta es una técnica destinada a obtener datos de varias personas cuyas opiniones personales interesan al investigador. Para ello, a diferencia de la entrevista, se utiliza un listado de preguntas escritas que se entregan a los sujetos, a fin de que las contesten igualmente por escrito. Ese listado se denomina cuestionario.

Esta técnica se lo utiliza para conocer las costumbres y tiempos de cocción de alimentos, para luego el posterior análisis interpretación de resultados, que son datos indispensables como variables de entrada en el software.

2.4. Análisis de los resultados de la encuesta

Aquí se describe el análisis del resultado de la encuesta realizada a los usuarios conectados al alimentador Mulaló Joseguango bajo de la S/E Mulaló.

Análisis de los resultados de las encuestas

Después de haber formulado los instrumentos de recolección de datos, a los usuarios del alimentador Mulaló Joseguango Bajo, se realizó la tabulación de la misma, analizando las preguntas contestadas para posteriormente presentarlos en gráficos con su respectivo análisis.

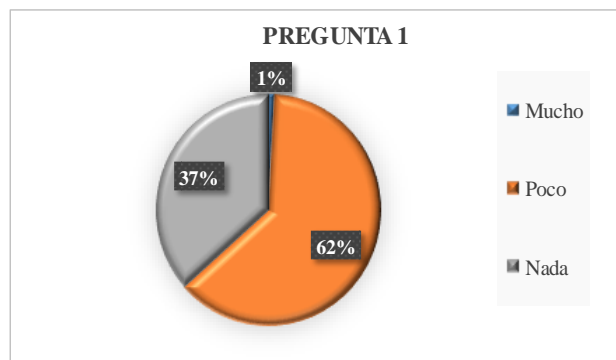
1. ¿Conoce acerca del plan de cocción eficiente que impulsa el gobierno nacional?

TABLA N° 3 PREGUNTA #1; VALORACIÓN DE OPCIONES

PREGUNTA 1		
Opción	Frecuencia	%
Mucho	3	0,86
Poco	219	62,57
Nada	128	36,57
Total	350	100

ELABORADO POR: Investigadores.

GRÁFICO N° 8 OPCIONES EN PORCENTAJE, PREGUNTA #1.



ELABORADO POR: Investigadores.

Análisis e Interpretación:

Un alto porcentaje (62 %) de la población conoce de las ventajas que presenta el plan de cocción eficiente, mientras que un pequeño porcentaje está debidamente mal informado y el (1%) desconoce del plan de cocción eficiente

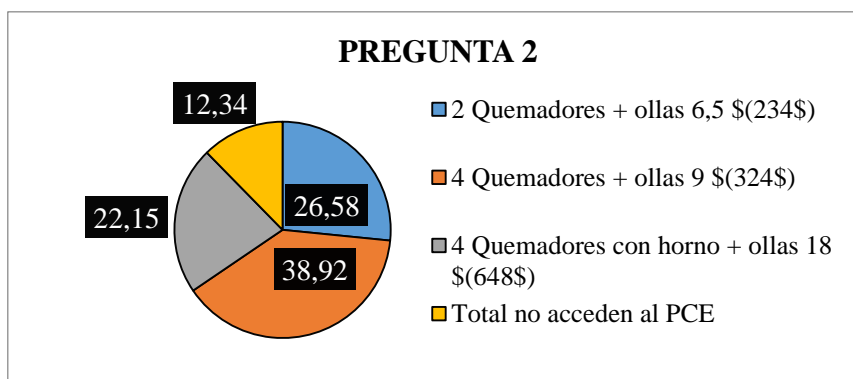
2. Dentro del plan de gobierno está a la venta cocinas de inducción que es financiado para tres a años de pago mensual en la planilla eléctrica, ¿Cuál de estas estaría dispuesta adquirir?

TABLA N° 4 PREGUNTA #2; VALORACIÓN DE OPCIONES.

PREGUNTA 2		
Opción (precios)	Frecuencia	%
2 Quemadores + ollas 6,5 \$(234\$)	84	26,58
4 Quemadores + ollas 9 \$(324\$)	123	38,92
4 Quemadores con horno + ollas 18 \$(648\$)	70	22,15
Total no acceden al PCE	39	12,34
Total	316	100

ELABORADO POR: Investigadores.

GRÁFICO N° 9 OPCIONES EN PORCENTAJE, PREGUNTA #2.



ELABORADO POR: Investigadores.

Análisis e Interpretación:

Mediante esta pregunta se determinó que un bajo porcentaje (12,34 %), no acceden al PEC, mientras que el (38,92 %) optan por adquirir la cocina de 4 quemadores más ollas; existen usuarios con el (26,58 %), que manifiestan adquirir la cocina de 2 quemadores más ollas, y el 22,15% optaran por la cocina de 4 quemadores con horno y ollas, concluyendo así que el plan PEC tiene una buena acogida dentro de los clientes residenciales.

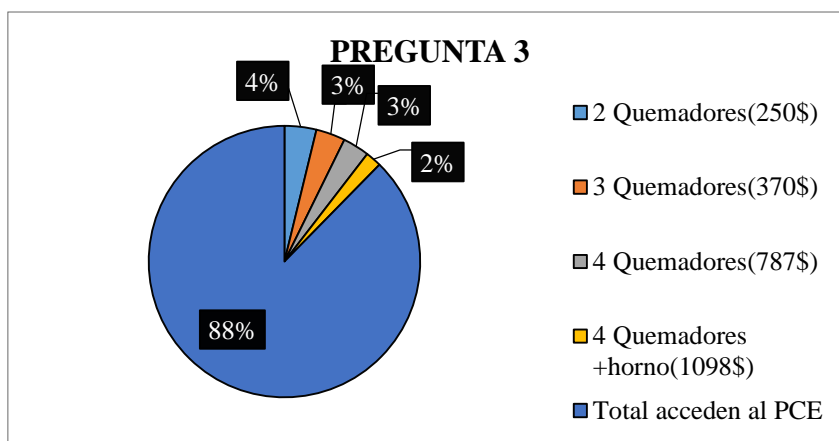
3. ¿Cuál de estas Cocinas de inducción existentes en el mercado estaría dispuesto adquirir?

TABLA N° 5 PREGUNTA #3; VALORACIÓN DE OPCIONES.

PREGUNTA 3		
Opción (precios)	Frecuencia	%
2 Quemadores(250\$)	12	3,80
3 Quemadores(370\$)	11	3,48
4 Quemadores(787\$)	10	3,16
4 Quemadores +horno(1098\$)	6	1,90
Total acceden al PCE	277	87,66
Total	316	100

ELABORADO POR: Investigadores.

GRÁFICO N° 10 OPCIONES EN PORCENTAJE, PREGUNTA #3.



ELABORADO POR: Investigadores.

Análisis e Interpretación:

Como resultado de la pregunta N° 3 se tiene un porcentaje (88 %) de los usuarios, manifiestan que accederán al PEC, sin embargo; existe el (4%) de usuarios que accederán a la compra de la cocina de dos quemadores; El (3%) de los usuarios indican que adquirirán la cocina de tres y cuatro quemadores y solo el (2%) menciona que optarán por la cocina de 4 quemadores más horno.

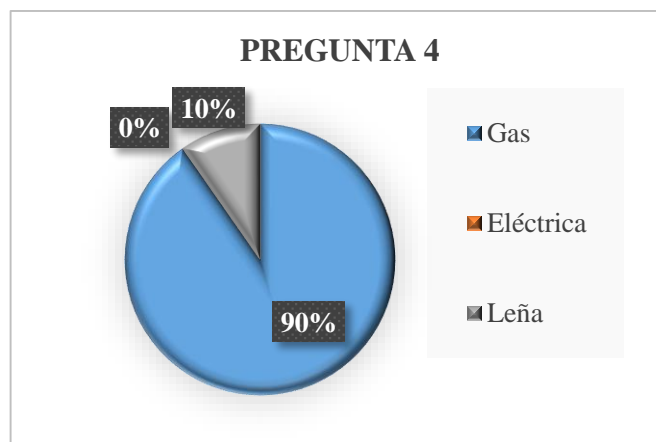
4. ¿Describa el tipo de cocina que utiliza para la cocción de alimentos?

TABLA N° 6 PREGUNTA #4; VALORACIÓN DE OPCIONES.

PREGUNTA 4		
Opción	Frecuencia	%
Gas	316	90,29
Eléctrica	0	0,00
Leña	34	9,71
Total	350	100

ELABORADO POR: Investigadores.

GRÁFICO N° 11 OPCIONES EN PORCENTAJE, PREGUNTA #4.



ELABORADO POR: Investigadores.

Análisis e Interpretación:

En el sector que comprende el alimentador MLS1 se determina que mayoritariamente (90%) los usuarios utilizan el gas como medio principal para preparar los alimentos diarios, en este sector no utilizan cocina eléctrica. Por lo que únicamente el (10%) de los usuarios utiliza leña para preparar los alimentos, esto es comprensible siendo el alimentador MLS1 eminentemente residencial y con clientes ubicados en el área rural y de estrato económico bajo.

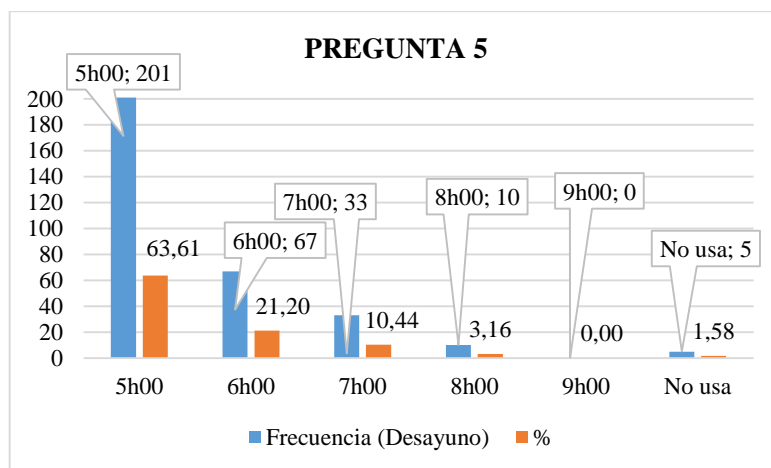
5. ¿A qué hora enciende la cocina para preparar el desayuno?

TABLA N° 7 PREGUNTA #5; VALORACIÓN DE OPCIONES.

PREGUNTA 5		
Opción (horario)	Frecuencia	%
5h00	201	63,61
6h00	67	21,20
7h00	33	10,44
8h00	10	3,16
9h00	0	0,00
No usa	5	1,58
Total	316	100

ELABORADO POR: Investigadores.

GRÁFICO N° 12 OPCIONES EN PORCENTAJE, PREGUNTA #5.



ELABORADO POR: Investigadores.

Análisis e Interpretación:

Un alto porcentaje de la encuesta a los usuarios del alimentador MLS1 (63,61%) de la población prepara el desayuno a partir de las 05h00 am, esto se debe a que es un sector rural marginal donde deben madrugar las familias para enviar a sus hijos a estudiar y para indicar los fines agrícolas el (21,20%) de la población prepara el desayuno a las 06h00 am siendo el segundo valor obtenido de las encuestas. El 10,44% de los encuestados respondieron que preparan el desayuno a las 07h00 am, el 3,16% a las 08h00, y el 1,58% no desayuna en su hogar.

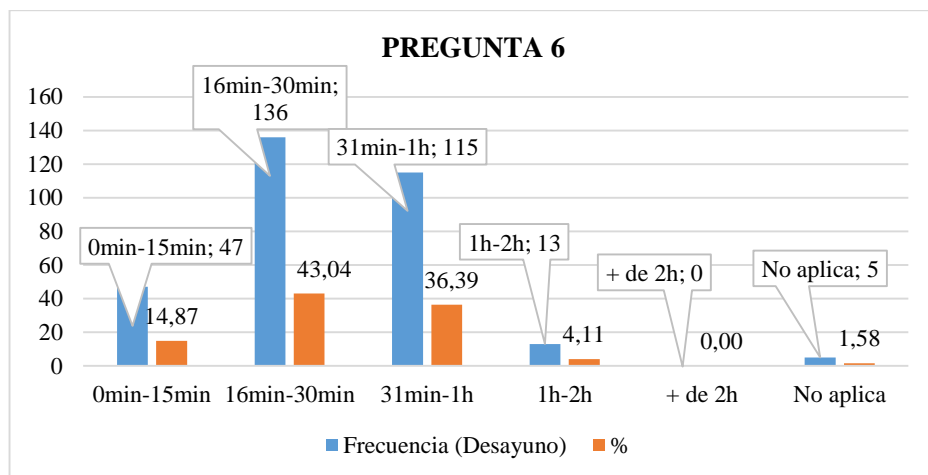
6. ¿Cuánto tiempo permanece encendida la cocina para preparar el desayuno?

TABLA N° 8 PREGUNTA #6; VALORACIÓN DE OPCIONES.

PREGUNTA 6		
Opción (tiempos)	Frecuencia	%
0min-15min	47	14,87
16min-30min	136	43,04
31min-1h	115	36,39
1h-2h	13	4,11
+ de 2h	0	0,00
No aplica	5	1,58
Total	316	100

ELABORADO POR: Investigadores.

GRÁFICO N° 13 OPCIONES EN PORCENTAJE, PREGUNTA #6.



ELABORADO POR: Investigadores.

Análisis e Interpretación:

Un porcentaje reducido (14,87%), indica que se demora de 0min a 15min en preparar el desayuno, el 43,04% de 16min a 30min, el 36,39% se demora de 31min a 1h, por motivos que en el campo se alimentan bien ante de salir a realizar sus actividades diarias. El 4,11 % de 1h – 2h, más de 2h en adelante no se obtuvo registro alguno y el 1,58% no aplica para esta pregunta ya que no desayunan en sus hogares.

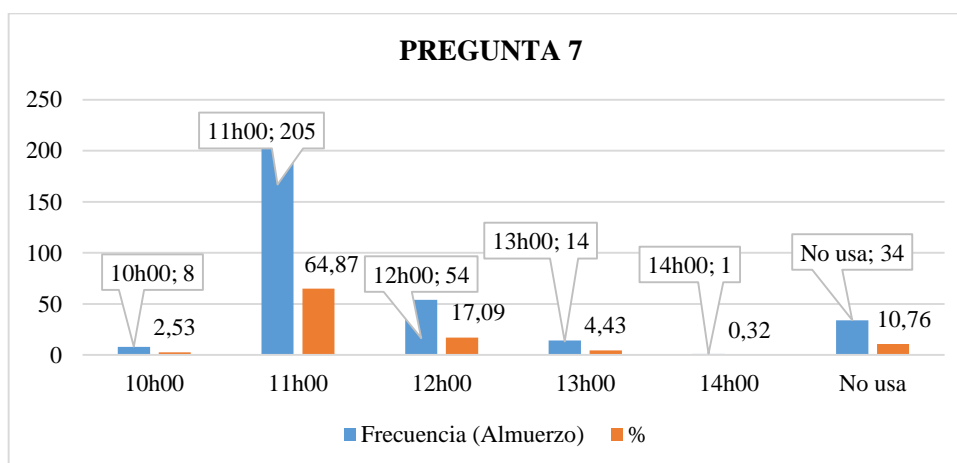
7. ¿A qué hora enciende la cocina para preparar el almuerzo?

TABLA N° 9 PREGUNTA #7; VALORACIÓN DE OPCIONES.

PREGUNTA 7		
Opción (horario)	Frecuencia	%
10h00	8	2,53
11h00	205	64,87
12h00	54	17,09
13h00	14	4,43
14h00	1	0,32
No usa	34	10,76
Total	316	100

ELABORADO POR: Investigadores.

GRÁFICO N° 14 OPCIONES EN PORCENTAJE, PREGUNTA #7.



ELABORADO POR: Investigadores.

Análisis e Interpretación:

Esta pregunta permitió determinar el horario de uso de la cocina al medio día resultando el (2,53%) de los encuestados preparar el almuerzo a partir de las 10h00, el 64,87% indican que preparan el almuerzo a partir de las 11h00 siendo este el mayor dato registrado por los usuarios del Alimentador MLS1, el 17,09% menciona que preparan el almuerzo a las 12h00, el 4,43% indica preparar el almuerzo a las 13h00, con el 0,32% mencionan preparar el almuerzo a las 14h00 y el 10,76% no preparan el almuerzo esto se debe a que los usuarios trabajan en las aldeañas del sector.

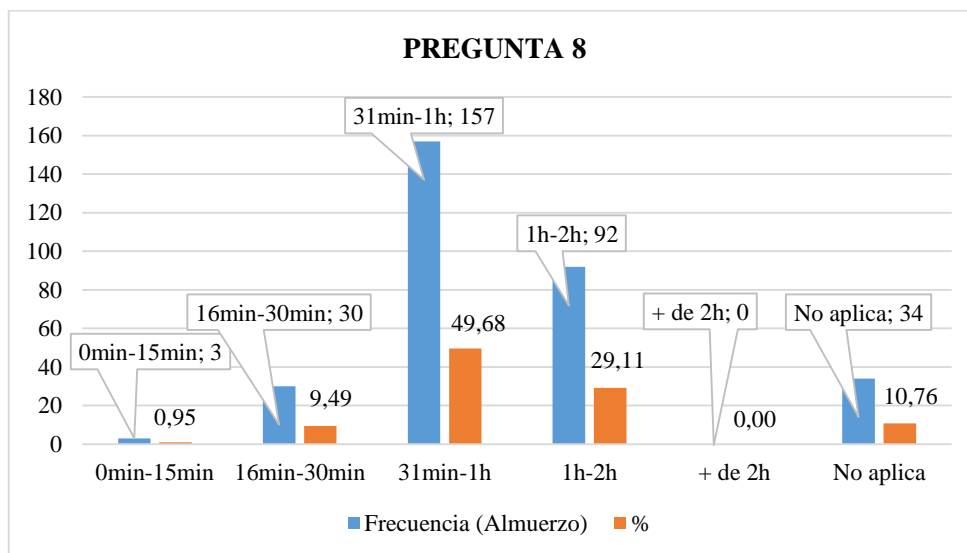
8. ¿Cuánto tiempo permanece encendida la cocina para preparar el almuerzo?

TABLA N° 10 PREGUNTA #8; VALORACIÓN DE OPCIONES.

PREGUNTA 8		
Opción (tiempos)	Frecuencia	%
0min-15min	3	0,95
16min-30min	30	9,49
31min-1h	157	49,68
1h-2h	92	29,11
+ de 2h	0	0,00
No aplica	34	10,76
Total	316	100

ELABORADO POR: Investigadores.

GRÁFICO N° 15 OPCIONES EN PORCENTAJE, PREGUNTA #8.



ELABORADO POR: Investigadores.

Análisis e Interpretación:

El tiempo de cocción de los alimentos a la hora del almuerzo en el alimentador en estudio se tiene que el 0,95% tardan de 0min-15min, el 9,49% se tardan entre 16min-30min, el 49,68% se demora entre 31min-1h, el 29,11% de tardan entre 1h-2h, más de 2h no se obtuvo registro alguno y el 10,76% no aplica para esta pregunta debido a que no preparan el almuerzo en casa. Por lo que el mayor porcentaje es de 31min-1h.

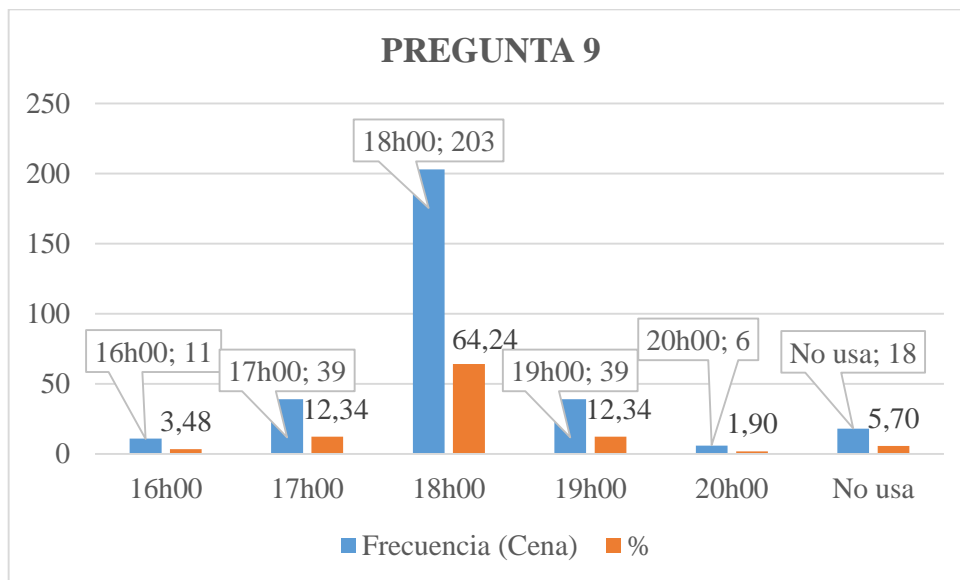
9. ¿A qué hora enciende la cocina para preparar la merienda/cena?

TABLA N° 11 PREGUNTA #9; VALORACIÓN DE OPCIONES.

PREGUNTA 9		
Opción (horario)	Frecuencia	%
16h00	11	3,48
17h00	39	12,34
18h00	203	64,24
19h00	39	12,34
20h00	6	1,90
No usa	18	5,70
Total	316	100

ELABORADO POR: Investigadores.

GRÁFICO N° 16 OPCIONES EN PORCENTAJE, PREGUNTA #9.



ELABORADO POR: Investigadores.

Análisis e Interpretación:

Sea podido determinar los hábitos de cocción en los hogares conectados al alimentador siendo un porcentaje bajo (3,48%), empieza a preparar la cena a las 16h00, el 12,34% a las 17h00, el 64,24% a las 18h00, es decir que en este horario se toma el mayor número de hogares que empiezan a preparar los alimentos de la cena, el 12,34% a las 19h00, el 1,90% a las 20h00 y el 5,70% no preparan la cena/merienda.

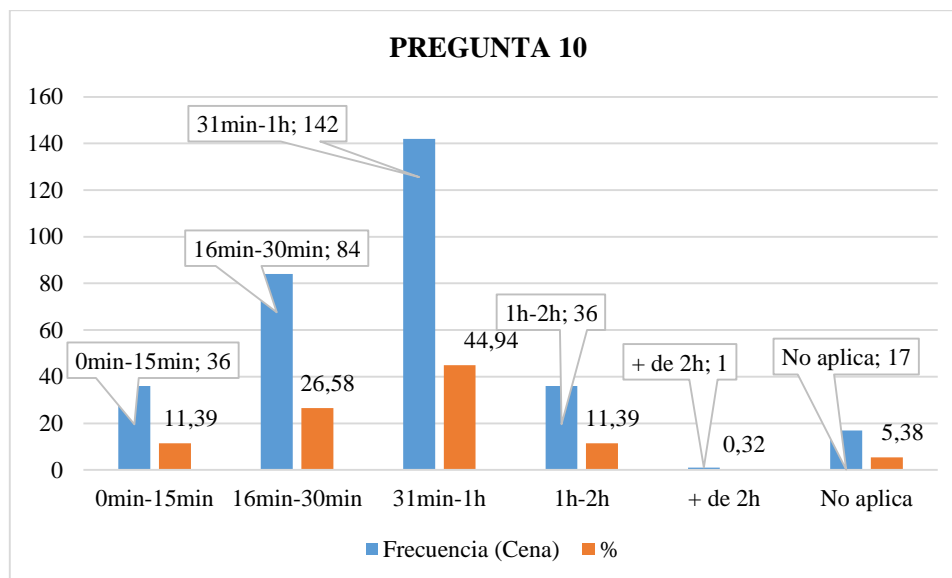
10. ¿Cuánto tiempo permanece encendida la cocina para preparar la merienda/cena?

TABLA N° 12 PREGUNTA #10; VALORACIÓN DE OPCIONES.

PREGUNTA 10		
Opción (tiempos)	Frecuencia	%
0min-15min	36	11,39
16min-30min	84	26,58
31min-1h	142	44,94
1h-2h	36	11,39
+ de 2h	1	0,32
No aplica	17	5,38
Total	316	100

ELABORADO POR: Investigadores.

GRÁFICO N° 17 OPCIONES EN PORCENTAJE, PREGUNTA #10.



ELABORADO POR: Investigadores.

Análisis e Interpretación:

El tiempo de cocción de los alimentos a la hora de la cena en el alimentador en estudio, se tiene que el 11,39% tardan de 0min-15min, el 26,58% tardan entre 16min-30min, el 44,94% siendo el mayor tiempo en preparar la cena/merienda tardan de 31min-1h, con el 11,39% tardar entre 1h-2h, el 0,32% tardan más de 2h y el 5,38% no prepara la cena/merienda.

2.5.Descripción del sistema de distribución de la ELEPCO S.A.

La Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi dentro del área de concesión (5645,35 km²), tiene como finalidad dotar de servicio eléctrico, mediante la generación, distribución y comercialización de energía eléctrica.

2.5.1. Sistema de subtransmisión

La ELEPCO S.A., cuenta con 10 S/E cuyas características principales se muestran en la tabla N° 13.

TABLA N° 13 SUBESTACIONES ELEPCO S.A.

Cantón	SUBTIPO	Nombre S/E	Número S/E	Código Estructura	VPrimario	VSecundario
LATACUNGA	S/E Exterior	El calvario	S/E 01	Exterior 69/13,8 kV a nivel	69kV	13,8kV
LATACUNGA	S/E Exterior	San Rafael	S/E 02	Exterior 69/13,8 kV a nivel	69kV	13,8kV
LATACUNGA	S/E Exterior	La Cocha	S/E 06	Exterior 69/13,8 kV a nivel	69kV	13,8kV
LATACUNGA	S/E Exterior	Mulaló	S/E 04	Exterior 69/13,8 kV a nivel	69kV	13,8kV
SALCEDO	S/E Exterior	Salcedo	S/E 03	Exterior 69/13,8 kV a nivel	69kV	13,8kV
SIGCHOS	S/E Exterior	Sigchos	S/E 08	Exterior 69/13,8 kV a nivel	69kV	13,8kV
LATACUNGA	S/E Exterior	Lasso	S/E 05	Exterior 69/13,8 kV a nivel	69kV	13,8kV
LA MANA	S/E Exterior	La Maná	S/E 09	Exterior 69/13,8 kV a nivel	69kV	13,8kV
PUJILI	S/E Exterior	El Estado	S/E 07	Exterior 69/13,8 kV a nivel	69kV	13,8kV
PUJILI	S/E Exterior	Pujilí	S/E 10	Exterior 69/13,8 kV a nivel	69kV	13,8kV

FUENTE: ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: Investigadores.

El sistema de subtransmisión es de tipo radial con dos puntos de alimentación que se interconecta del SNI. El uno ubicado en Ambato con la S/E Ambato el cual provee de energía a la S/E Fairis, Salcedo y Holcim y el otro ubicado en la S/E Mulaló como se puede observar en el anexo N° 2

La tabla N° 14 muestra la información relevante de las líneas de subtransmisión de la ELEPCO S.A.

TABLA N° 14 LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN ELEPCO S.A.

Salida	Llegada	Distancia (km)	Calibre	Voltaje (kV)	Cargabilidad %	AV %	Perdidas (MW)
S/E Ambato	S/E Salcedo	22,86	300	69	20,9151	2,1568	0,1396
S/E Salcedo	Deriv San Juan	9,66	300	69	8,5316	0,3646	0,0103
Deriv San Juan	S/E Holcim	0,7	300	69	9,1187	0,0263	0,0007
Deriv San Juan	S/E San Rafael	1,45	300	69	-	-	-
S/E San Rafael	S/E Pujilí	6,98	266,8	69	5,8384	0,1876	0,0034
S/E San Rafael	Deriv Laygua	10,44	266,8	69	18,0812	0,9228	0,0475
Deriv Laygua	S/E La Cocha	6,34	266,8	69	7,9899	0,2351	0,0056
Deriv Laygua	S/E Mulaló	7,87	266,8	69	26,3179	0,9825	0,0744
S/E Mulaló	S/E Lasso	4,24	266,8	69	40,7869	0,7744	0,0961
S/E Lasso	S/E Sigchos	33,8	266,8	69	1,7855	0,2154	0,0015
S/E Calope	S/E La Maná	5,5	266,8	69	5,805	0,1452	0,0028
S/E Quevedo	S/E Calope	4,61	3/0	13,8	5,8399	0,5981	0,0094
S/E La Cocha	S/E El Calvario	2,32	3/0	13,8	9,0304	0,3747	0,0015
Illuchi 2	El Calvario	7,49	3/0	13,8	16,815	2,657	0,0344
Illuchi 1	El Calvario	9,45	2	22	36,1793	9,8665	0,1704

FUENTE: ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: Investigadores.

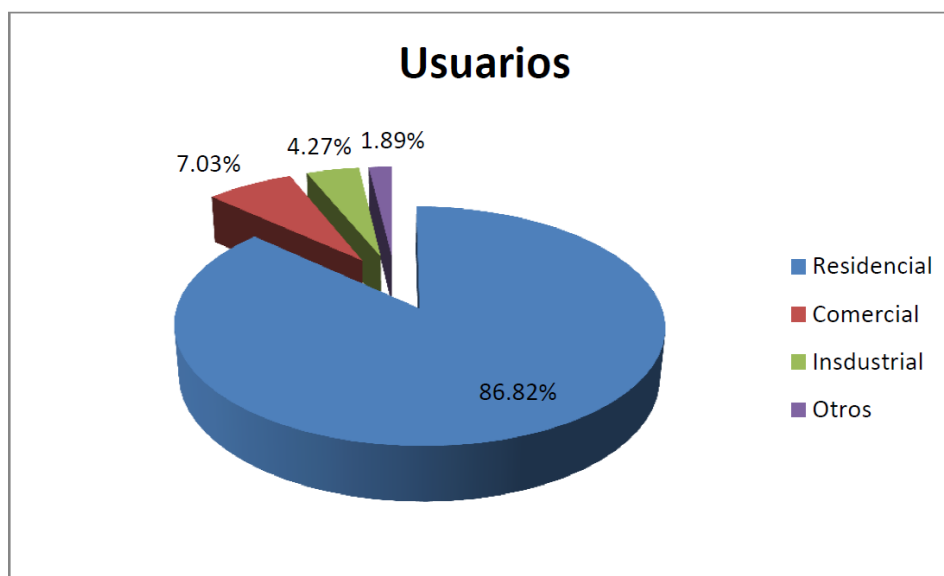
2.5.2. Sistema de generación

La ELEPCO S.A. también posee generación local con la cual 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.

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

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 con un 86,82% de los usuarios tal y como se lo puede apreciar en el gráfico N° 18.

GRÁFICO N° 18 CLIENTES DE ELEPCO S.A.



FUENTE: ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: Departamento de Planificación ELEPCO S.A.

Subestación Mulaló

Ubicada en el sector de Laigua perteneciente a la parroquia Mulaló del cantón Latacunga cuyas coordenadas son E 766439 - N 9°9'12395 referenciadas en el w684 a una altitud de 2967 msnm.

Esta subestación recibe energía del S.N.I. de la línea de Pisayambo- Mulaó-Santa Rosa a 138kV; mediante un transformador de 138/69kV. De este patio de 69kV de la subestación del mismo nombre perteneciente a Transelectric. Se ha instalado un transformador de 50/60 MVA tipo (OA/FA) con voltajes de operación 69/13,8kV interconectando con las subestaciones la cocha, Lasso y san Rafael.

La subestación Mulaló tiene 5 alimentadores a 13,8kV que se enumera a continuación.

- Alimentador Industrial Lasso 13.8 kV
- Alimentador Mulaló Joseguango bajo 13.8 kV
- Alimentador Guaytacama - Saquisilí 13.8 kV
- Alimentador fuera de servicio
- Alimentador fuera de servicio

2.6. Descripción actual del alimentador Mulaló Joseguango bajo

Este alimentador dota de energía eléctrica a los sectores de Joseguango Bajo, Joseguango Alto, Mulaló, Tandalavi, Santa Clara, San Ramón, Laigua, entre otros; Tiene una longitud de 48,19 km red en medio voltaje trifásico con un calibre de conductor ASCR N° 3/0 y 59,53 km de red en medio voltaje monofásicas con un calibre de conductor ASCR N° 2, se encuentran instalados 241 transformadores los cuales 60 son trifásicos y 181 son monofásicos.

Existe un total de 2324 clientes servidos por este alimentador distribuidos de la siguiente manera; 1909 contempla residenciales, 95 contempla comercial, 91 con la tarifa industrial y 229 se encuentran catalogadas como otros clientes. Un reporte de transformadores, capacidades y el número de clientes conectados a la misma se puede observar en el anexo N° 3.

Se muestra la cantidad de transformadores con su respectiva capacidad en la tabla N°15 siendo el más utilizado los de 10 kVA dando un total de 65 unidades.

TABLA N° 15 CANTIDAD DE TRANSFORMADORES POR CAPACIDAD INSTALADA

N° Transformador	Cantidad
5	28
10	65
15	50
25	27
30	16
37,5	9
45	1
50	15
60	1
75	13
100	10
112,5	3
200	1
300	2
Total general	241

FUENTE: ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: Investigadores

Mediante las mediciones que realiza ELEPCO S.A., se obtiene la demanda máxima en el año 2014 tomando como referencia el día 31 de julio por lo que se toma una demanda convalidada para su respectiva modelación y análisis, cuyos datos se presentan en la tabla N° 16.

TABLA N° 16 DEMANDA ACTUAL ALIM-MLS1

P. Activa [kW]	2456,05		Fase a	Fase b	Fase c
P. Reactiva [kVAr]	962,73	Corriente [A]	105,24	108,39	115,84
E. Recibida [kWh]	403,11				
E. Recibida [kVArh]	160,49	Voltaje [V]	13519,86	13565,04	13579,68
E. Entregada [kWh]	0,00				
E. Entregada [kWh]	0,00	fp	98,47	95,64	89,46
Frecuencia [Hz]	60,02				

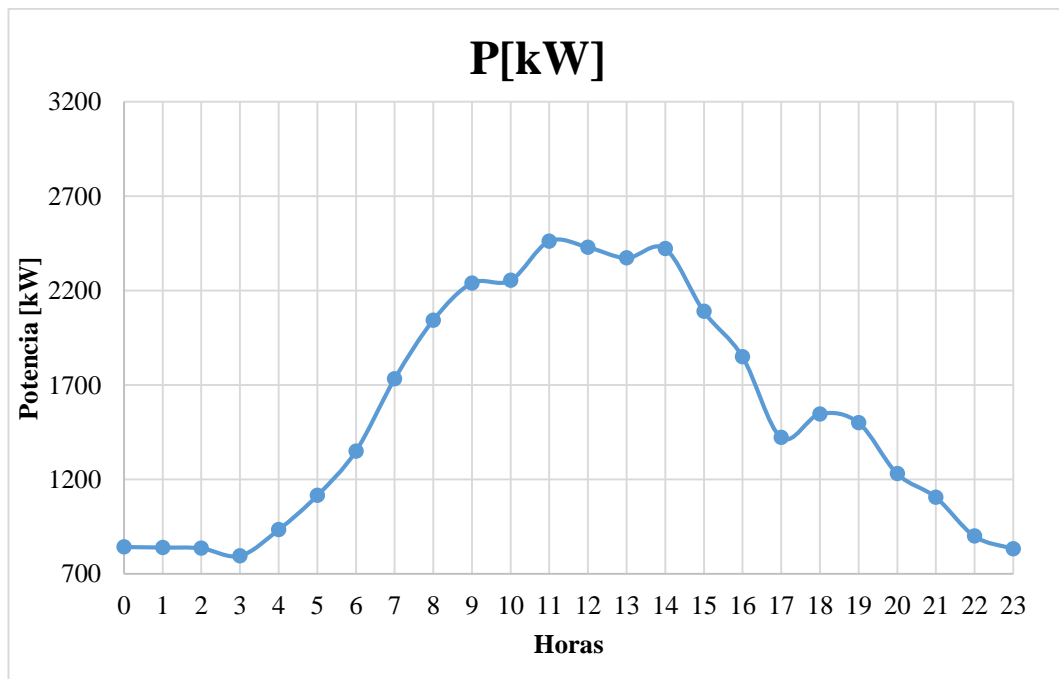
FUENTE: ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: Investigadores

2.6.1. Curva de carga diaria

Tal como establece la regulación 04/001 sobre calidad de energía emitidas por el CONELEC, las mediciones de los parámetros eléctricos en la cabecera son registradas cada 10 minutos. Con esta información y mediante histogramas de frecuencia se gráfica la curva diaria del alimentador MLS1, determinándose que tiene una demanda máxima de 2456kW a las 11 horas. El comportamiento de la curva se muestra en el gráfico N° 19.

GRÁFICO N° 19 CURVA DIARIA ALIM-MLS1



FUENTE: ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: Investigadores

2.6.2. Consumo promedio mensual

Mediante el departamento de planificación de la Empresa Eléctrica Cotopaxi, se ha determinado los consumos del tipo de tarifa, esta información es necesaria para fijar el consumo promedio por transformador y por tarifas para posteriormente ingresar al CYMDIST y realizar los flujos de potencia; el anexo N° 4 muestra los transformador con su respectivo consumo promedio mensual, la tabla N° 17 se observa cómo se encuentran distribuidos los consumos promedios mensuales

TABLA N° 17 CONSUMO PROMEDIO MENSUAL POR TARIFAS

N° Trafos	Consumo Promedio mensual por tarifas				
	C	R	I	otros	total
1707	161	269	0	0,7	430,67
1709	0	95,1	1065	0	1159,89
1721	0	709	936	18	1662,33
1722	0	623	0	0	623,22
1724	0	1746	76,4	8,9	1831,22

FUENTE: Alim-MLS1 ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: Investigadores

2.6.3. Pruebas y mediciones de la cocina de inducción

Para realizar las pruebas y mediciones de la cocina de inducción la ELEPCO S.A. proporcionó de un analizador carga y una cocina de inducción del programa PEC, con lo que se realizó las mediciones en diferentes escenarios, obteniendo fundamentalmente datos de consumo de la cocina, así como valores de factor de potencia y armónicos.

GRÁFICO N° 20 COCINA DE INDUCCIÓN



FUENTE: ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: Investigadores

La cocina de inducción utilizada la cual se muestra en el gráfico N° 20 tiene los siguientes datos de placa:

- 4 Zonas de cocción
- Voltaje 220 [V]
- 9 Niveles de potencia
- Potencia total de 4000 [W]
- Frecuencia 50/60 [Hz]

2.6.3.1. Resultados de las pruebas

De las mediciones realizadas en la concina de inducción se determinó una potencia máxima de 3124kW y un consumo de energía durante los 7 días de duración de la prueba de 19,56 kWh.

2.6.3.2. Análisis de la distorsión armónica en la cocina de inducción

Una vez obtenidos los datos de las armónicas, la tabla N° 18 muestra la distorsión armónica de voltaje en porcentaje en función al orden de cada armónica.

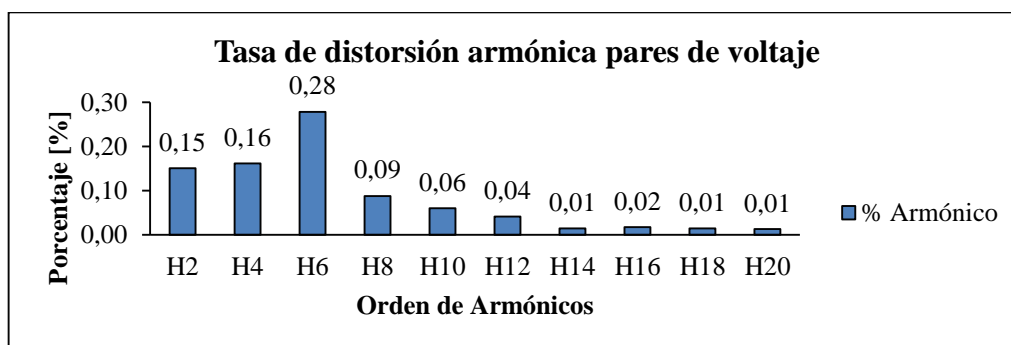
TABLA N° 18 DISTORSIÓN ARMÓNICA DE VOLTAJES PARES

Distorsión armónica de voltaje [%]									
H2	H4	H6	H8	H10	H12	H14	H16	H18	H20
0,15	0,16	0,28	0,09	0,06	0,04	0,01	0,02	0,01	0,01

FUENTE: Analizador de calidad de energía PQ-Box 100

ELABORADO POR: Los investigadores

GRÁFICO N° 21 ESPECTRO DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA DE VOLTAJE



FUENTE: Analizador de calidad de energía PQ-Box 100

ELABORADO POR: Los investigadores

Mediante las pruebas y mediciones realizadas en la cocina de inducción en el gráfico N° 21 se presenta la distorsión armónica par, desde el orden H2 hasta H20 de voltaje porcentual. Teniendo así; la máxima presencia de la armónica par de orden H6 con el 0,28 %. Observando a menudo que aumenta el orden de armónicos, el porcentaje de distorsión de voltaje disminuye. La misma que se encuentra dentro del margen permitido por la regulación vigente CONELEC 004/01 que admite un máximo de 8%; por lo tanto no superan el límite establecido por la regulación.

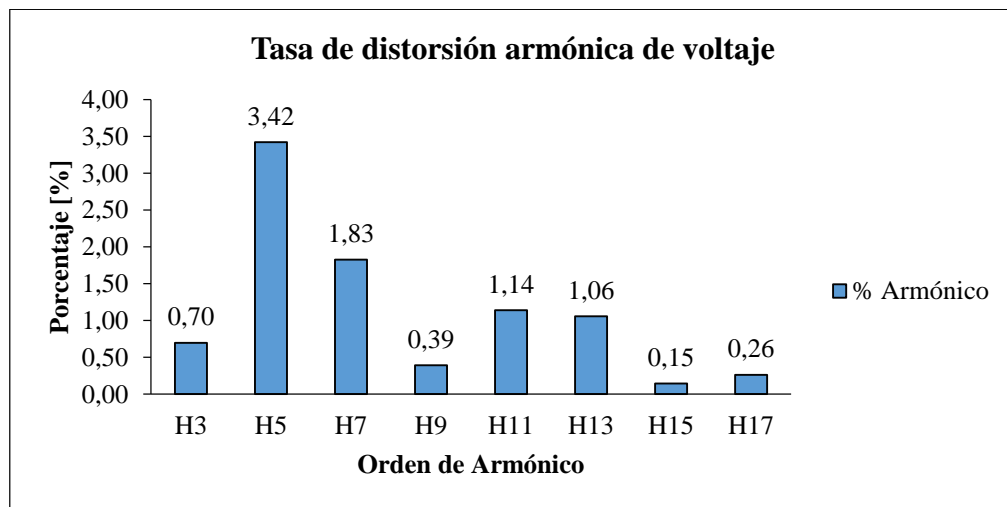
TABLA N° 19 DISTORSIÓN ARMÓNICA DE VOLTAJE IMPAR

Tasa de distorsión armónica de voltaje [%]							
H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17
0,70	3,42	1,83	0,39	1,14	1,06	0,15	0,26

FUENTE: Analizador de calidad de energía PQ-Box 100

ELABORADO POR: Los investigadores

GRÁFICO 22 ESPECTRO DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA DE VOLTAJE



FUENTE: Analizador de calidad de energía PQ-Box 100

ELABORADO POR: Los investigadores

Mediante las pruebas y mediciones realizadas en la cocina de inducción en el gráfico N° 22 se presenta la distorsión armónica impar desde el orden H3 hasta H17 de voltaje porcentual. Se observa que la máxima presencia es la armónica par de orden H5 con el 3,42 %. Teniendo en cuenta a menudo que aumenta el orden de armónicos, el porcentaje de distorsión de voltaje disminuye. La misma que se encuentra dentro del margen permitido por la regulación vigente CONELEC 004/01

que admite un máximo de 8%; por lo tanto no superan el límite establecido por la regulación.

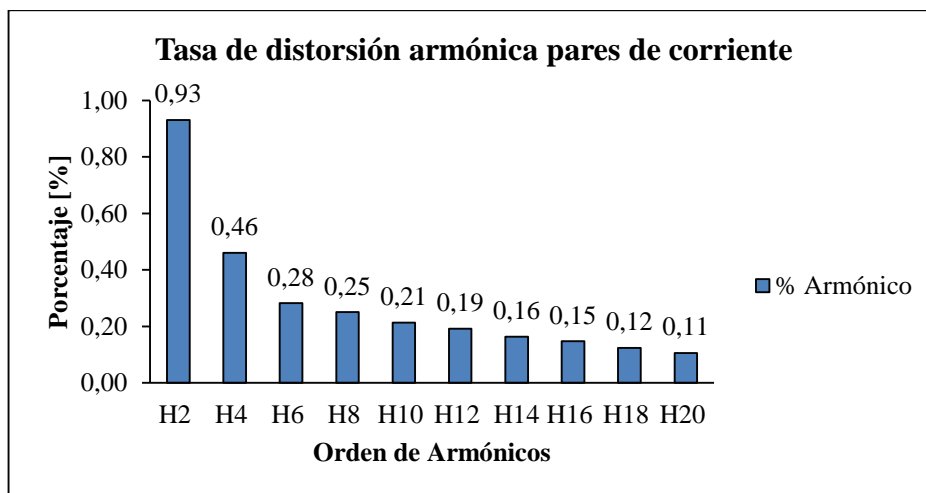
TABLA N° 20 TASA DE DISTORSIÓN ARMÓNICA DE CORRIENTE PAR

Tasa de distorsión armónica de corriente[%]									
H2	H4	H6	H8	H10	H12	H14	H16	H18	H20
0,93	0,46	0,28	0,25	0,21	0,19	0,16	0,15	0,12	0,11

FUENTE: Analizador de calidad de energía PQ-Box 100

ELABORADO POR: Los investigadores

GRÁFICO N° 23 ESPECTRO DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA DE CORRIENTE



FUENTE: Analizador de calidad de energía PQ-Box 100

ELABORADO POR: Los investigadores

Mediante las pruebas y mediciones realizadas en la cocina de inducción en el gráfico N° 23 se presenta la distorsión armónica par desde el orden H2 hasta H20 de corriente porcentual teniendo así; la máxima presencia de la armónica par de orden H2 con el 0,93 %. Observando que a menudo que aumenta el orden de armónicos, el porcentaje de distorsión de corriente disminuye. La misma que se encuentra dentro del margen permitido por la IEEE 519 que admite un máximo de 2,5%; por lo tanto no superan el límite establecido por la norma.

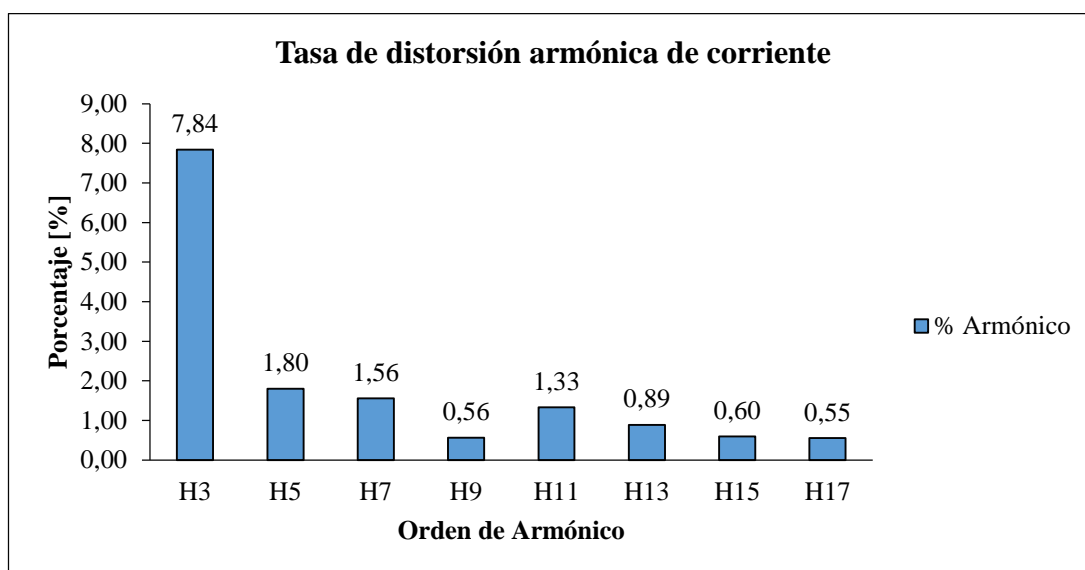
TABLA N° 21 TASA DE DISTORSIÓN ARMÓNICA DE CORRIENTE IMPAR

Tasa de distorsión armónica de corriente [%]							
H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17
7,84	1,80	1,56	0,56	1,33	0,89	0,60	0,55

FUENTE: Analizador de calidad de energía PQ-Box 100

ELABORADO POR: Los investigadores

GRÁFICO N° 24 ESPECTRO DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA DE CORRIENTE



FUENTE: Analizador de calidad de energía PQ-Box 100

ELABORADO POR: Los investigadores

Mediante las pruebas y mediciones realizadas en la cocina de inducción se presenta el espectro en el gráfico N° 24, observando la distorsión armónica impar desde el orden H3 hasta H17 de corriente porcentual. Se observa que la máxima presencia es de la armónica impar de orden H3 con el 7,84 %. Teniendo en cuenta a menudo que aumenta el orden de armónicos, el porcentaje de distorsión de corriente disminuye. Mediante la Ec. (3) 1.2.5, se calcula el THDi de la cocina de inducción dando como resultado 3,89% observando que se cumple la norma IEEE 519 que presenta un máximo admisible de 5% en el punto de conexión.

2.6.3.3. Mediciones en la cabecera del Alim-MLS1

Para obtener la relación $(I_{sc})/(I_L)$ del alimentador Mulaló Joségungo Bajo, tomados los datos de la simulación en estado actual en el año (2014), se toma los promedios de la corriente y se halla la (I_L) corriente de demanda máxima en el punto de conexión, mientras que para obtener la (I_{sc}) corriente de cortocircuito, se realizó un cortocircuito en el nodo fuente, dándonos como resultado de la relación entre las corrientes de 52,4. Según la norma IEEE 519 el Gráfico N° 25, la máxima distorsión de corriente armónica en porcentaje de la (I_L) , se encuentra en el rango de $50 < 100$ por lo que el TDD admisible es del 12%.

GRÁFICO 25 MÁXIMA DISTORSIÓN DE CORRIENTE ARMÓNICA.

Máxima Distorsión de Corriente Armónica en Porcentaje de I_L						
Orden Armónico Individual (Armónicos Impares)						
I_{sc} / I_L	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
$< 20^*$	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
$20 < 50$	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
$50 < 100$	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0

FUENTE: Norma IEEE 519 "Pág. 76".

Para obtener los amperios por presencia del orden de armónicos se multiplica el [%] del orden por la corriente fundamental. La tabla N° 22, presenta los amperios por orden individual.

TABLA 22 ARMÓNICAS INDIVIDUALES EN AMPERIOS.

Armónicas individuales con respecto a la corriente fundamental [A]							
H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17
9,07	2,08	1,80	0,65	1,54	1,03	0,69	0,64

ELABORADO POR: Los investigadores.

Para obtener el THDi de la cabecera se utilizó la Ec. (3) 1.2.5., teniendo como resultado un 90 de relación, observando que esta relación está dentro de lo establecido dentro de la NORMA IEEE 519 en un rango admisible de $50 < 100$.

Análisis individual de la distorsión armónica de voltaje en la cabecera.

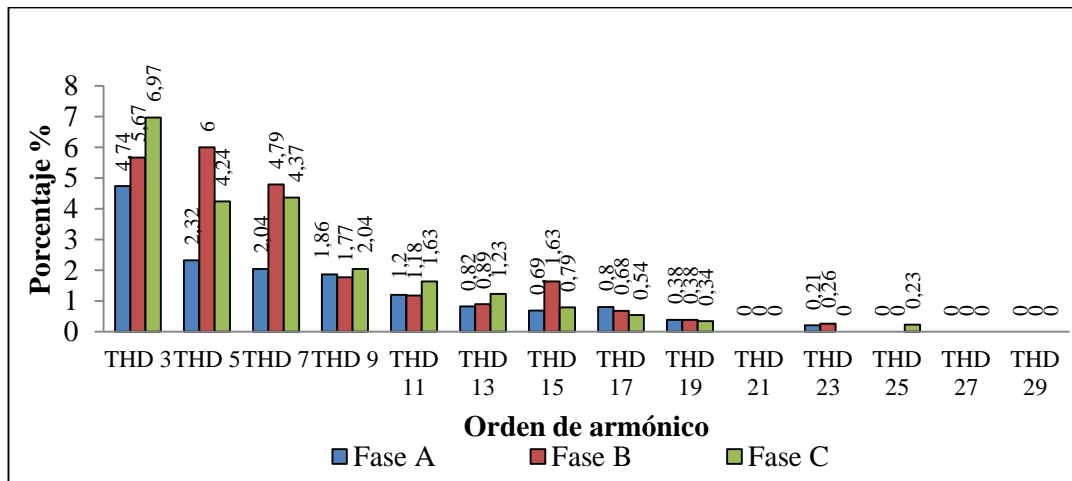
TABLA N° 23 DATOS PORCENTUALES DE LAS PRUEBAS Y MEDICIONES DEL ANALIZADOR DE MEDIO VOLTAJE

FASES	THD 3	THD 5	THD 7	THD 9	THD 11	THD 13	THD 15	THD 17	THD 19	THD 21	THD 23	THD 25	THD 27	THD 29
Fase A	4,74	2,32	2,04	1,86	1,2	0,82	0,69	0,8	0,38	0	0,21	0	0	0
Fase B	5,67	6	4,79	1,77	1,18	0,89	1,63	0,68	0,38	0	0,26	0	0	0
Fase C	6,97	4,24	4,37	2,04	1,63	1,23	0,79	0,54	0,34	0	0	0,23	0	0

FUENTE: Analizador de calidad de energía

ELABORADO POR: Los investigadores

GRÁFICO N° 26 GRAFICO ESPECTRO DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA DE VOLTAJE



FUENTE: Personal

ELABORADO POR: Los investigadores

Luego de las mediciones realizadas en la cabecera del alimentador MLS1, se obtiene el gráfico N° 26 donde se muestra la distorsión armónica impar desde el orden H3 hasta H29 de corriente porcentual. Se observa que la máxima presencia es de la armónica impar de orden H3 en la fase C con el 6,97 %. Mientras que a medida el orden de armónicos aumenta, el porcentaje de distorsión de corriente disminuye.

Mediante la Ec. (3) 1.2.5, se calcula el THDv de la cabecera dando como resultado 7,37%, observando así que se cumple la regulación CONELEC 004/01 con un máximo establecido de 8%.

2.7. Modelación del sistema actual

Mediante el uso del software Cymdist se modela el sistema de medio voltaje utilizando para ello datos descargados del ArcGIS, donde se ingresan parámetros de las líneas, disposición de conductores en las estructuras y características de transformadores como: potencia y número de fases, con los datos encontrados se ejecuta el análisis que se describe a continuación.

2.7.1. Flujos de potencia

Una vez modelado el sistema e ingresado los consumos promedios en kWh por cada transformador, lo cual se presentan en el anexo N° 3 y con datos del alimentador presentados en la tabla N° 16 se procede al ingreso de datos en el software donde se muestra los pasos a seguir, además en el gráfico N° 27 se observa la distribución de carga por el método de kWh lo cual permite hacer la simulación con información real y actualizada del sistema.

GRÁFICO N° 27 DISTRIBUCIÓN DE CARGA

	A	B	C	Total
Consumo kW-h	81025,08	119554,12	43944,09	244523,29

FUENTE: Cymdist

ELABORADO POR: Investigadores

Una vez realizado la distribución de la carga, se realiza el análisis de flujo de carga por el método de caída de voltaje desequilibrada con un límite de caída máxima de $\pm 3\%$ según lo establecido en la norma 04/001 CONELEC, las restricciones que se ingresa al flujo de potencia se presenta en el gráfico N° 28.

GRÁFICO N° 28 ANÁLISIS DE FLUJO DE POTENCIA

The screenshot shows the 'Análisis de flujo de carga' (Load Flow Analysis) window. It has several tabs: 'Parámetros', 'Redes', 'Comandos', 'Límites de tensión / carga', and 'Salida'. The 'Límites de tensión / carga' tab is active.

Límites de carga

Potencias nominales de los equipos: Verano
 Potencias nominales de disp. de protecc.: Usar las potencias nominales de lo:

Categorías de los límites: Nominal Aplicar los factores de límites de carga

Tipo de equipo	Nominal (%)	Planificación (%)	Emergencia (%)	Nivel 4 (%)	Nivel 5 (%)
Conductor	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Cable	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Fuente	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Regulador	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Transformador	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Autotransformador	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Transformador desfasador	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Transformador de puesta a tierra	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Generador síncrono	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Generador de inducción	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Generador con acoplamiento ele	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Fotovoltaico	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Límites de tensión

Nominal

	Nominal (%)	Planificación (%)	Emergencia (%)	Nivel 4 (%)	Nivel 5 (%)
Alta tensión	103,00	105,00	105,00	95,00	95,00
Baja tensión	97,00	95,00	95,00	95,00	95,00

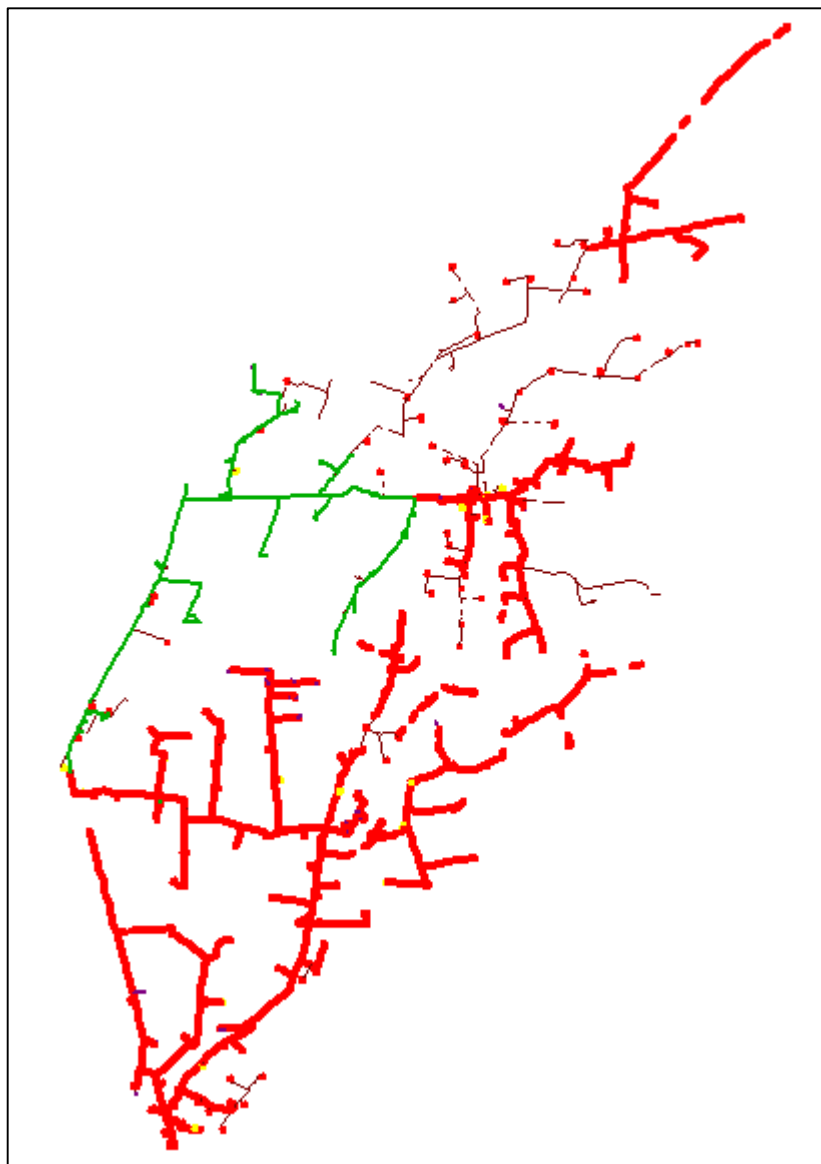
Buttons: Guardar, Ejecutar, Aceptar, Cancelar

FUENTE: CYMDIST

ELABORADO POR: Investigadores

La corrida de flujos arroja condiciones normales y anormales de operación, determinando tramos con un bajo nivel de voltaje lo que viene indicado en color rojo, los elementos que presenta sobrecarga se observa de color amarillo, finalmente los elementos que no tiene problemas se presenta de color verde; estos resultados se muestra en el gráfico N°29.

GRÁFICO N° 29 ALIM-MLS1 EN CONDICIONES NORMALES DE OPERACIÓN



FUENTE: Cymdist

ELABORADO POR: Investigadores

La tabla N° 24 presenta los valores arrojados de la simulación realizada en estado actual sin incorporación de cocinas de inducción teniendo así potencias totales tanto en activa, reactiva y aparente con su respectivo factor de potencia, además se obtiene las pérdidas totales en potencia.

TABLA N° 24 RESUMEN DE DATOS

Resumen total	kW	kVAR	kVA	FP(%)
Fuentes (Potencia de equilibrio)	2476,63	812,85	2606,61	95,01
Generadores	0	0	0	0
Consumo total	2476,63	812,85	2606,61	95,01
Carga leída (no regulada)	2350,11	646,59	2437,44	96,42
Carga utilizada (regulada)	2350,11	646,59	2437,44	96,42
Cargas totales	2350,11	646,59	2437,44	96,42
Capacitancia del cable	0	0,81	0,81	0
Capacitancia de la línea	0	40,83	40,83	0
Capacitancia shunt total	0	41,64	41,64	0
Pérdidas en las líneas	67,88	74,43	100,73	67,38
Pérdidas en los cables	0,01	0	0,01	85,73
Pérdidas en los transformadores	58,63	133,46	145,77	40,22
Pérdidas totales	126,51	207,9	243,36	51,98

FUENTE: CYMDIST

ELABORADO POR: Investigadores

La tabla N° 25 presenta las pérdidas en kW ocasionadas por la operación del alimentador y el costo que representa las pérdidas(MWh/año), tomando en consideración que el kWh tiene un costo de \$ 0,08

TABLA N° 25 COSTO ANUAL DE LAS PÉRDIDAS DEL SISTEMA

Costo anual de las pérdidas del sistema	kW	MW-h/año	k\$/año
Pérdidas en las líneas	67,88	594,62	47,57
Pérdidas en los cables	0,01	0,05	0,00
Pérdidas en los transformadores	58,63	513,56	41,08
Pérdidas totales	126,51	1108,23	88,66

FUENTE: CYMDIST

ELABORADO POR: Investigadores

2.7.2. Cargabilidad de los transformadores

La tabla N° 26 muestra el total de transformadores que presentan sobrecarga, siendo los más críticos 40 transformadores de diferentes capacidades.

TABLA N° 26 TRANSFORMADORES SOBRECARGADOS

Nro. Equipo	Nudo origen	Nudo destino	Carga (%)	Tot kVA Requerido	Cap Actual (kVA)
5142	MTA_L_43530	MTA_L_43531	158	8	5
8810	MTA_S_43566	MTA_L_43566	135,9	136	100
1756	MTA_L_43577	MTA_L_43581	163,7	25	15
8310	MTA_L_43583	MTA_L_43584	161	60	37,5
6873	MTA_L_43771	MTA_L_43772	149,6	37	25
6495	MTA_S_43805	MTA_L_43805	166,7	25	15
9099	MTA_L_43999	MTA_L_43797	141,1	21	15
3567	MTA_L_43638	MTA_L_43639	168,7	17	10
1773	MTA_S_43855	MTA_L_43855	140,9	7	5
5182	MTA_S_43871	MTA_L_43871	131,7	20	15
6940	MTA_L_43886	MTA_L_43887	154,6	23	15
3593	MTA_L_43932	MTA_L_43936	160,1	40	25
1803	MTA_L_43888	MTA_L_43895	169,6	17	10
6021	MTA_L_43906	MTA_L_43907	165,2	41	25
5447	MTA_S_43878	MTA_L_43877	172,5	17	10
1801	MTA_L_43956	MTA_L_43870	142,9	14	10
1234	MTA_L_43829	MTA_L_43830	180	9	5
3588	MTA_L_43669	MTA_L_43670	147	7	5
6917	MTA_L_43666	MTA_L_43667	159,3	24	15
5858	MTA_L_43700	MTA_L_43701	178,6	45	25
7427	MTA_L_43574	MTA_L_43575	166,4	17	10
3693	MTA_S_43568	MTA_L_43568	152,4	15	10
8387	MTA_L_38216	MTA_L_38217	159,4	40	25
8383	MTA_L_38237	MTA_L_38238	170,3	26	15
8391	MTA_L_38264	MTA_L_38265	167,4	42	25
6675	MTA_L_38428	MTA_L_38429	136,6	14	10
1733	MTA_L_38432	MTA_L_38433	167,3	17	10
8733	MTA_S_38480	MTA_L_38480	174,2	9	5
9235	MTA_S_38478	MTA_L_38478	166,9	25	15
7653	MTA_S_38477	MTA_L_38477	163,5	16	10
8735	MTA_S_38473	MTA_L_38473	165,3	8	5
8731	MTA_S_38475	MTA_L_38475	162,8	8	5
8727	MTA_S_38470	MTA_L_38470	168	8	5
8739	MTA_S_38465	MTA_L_38465	168,8	17	10
8409	MTA_L_38369	MTA_L_38370	167,4	8	5
5204	MTA_L_38386	MTA_L_38387	170,8	17	10
3542	MTA_L_38099	MTA_L_38100	171,7	26	15
1704	MTA_L_38114	MTA_L_38115	164,6	8	5

ELABORADO POR: Investigadores

2.7.3. Cargabilidad de las líneas

La tabla N° 27 muestra la Cargabilidad de los tramos existentes en la red, determinándose que el tramo 5174MTA es el más crítico con un porcentaje de 38,6% de Cargabilidad teniendo como nudo de origen la fuente de la subestación por lo que el resto de tramos presenta una Cargabilidad menor. El detalle de todos los tramos se presenta en el anexo N° 5.

TABLA N° 27 TRAMOS SOBRECARGADOS

Nro. equipo	Nudo origen	Nudo destino	Longitud pi	IEquil (Amps)	Carga (%)
5174_MTA	MTA_S_5457	MTA_L_5174	569	109,1	38,6
5235_MTA	MTA_L_5174	MTA_L_5235	3233,8	109,1	38,6
5180_MTA	MTA_L_5235	MTA_L_5180	470,3	63,2	24,9
5201_MTA	MTA_L_5180	MTA_L_5201	828,2	63,2	24,9
5190_MTA	MTA_L_5201	MTA_L_5190	104,8	3,4	1,9
5191_MTA	MTA_L_5190	MTA_L_5191	242,4	2,9	1,6
5192_MTA	MTA_L_5191	MTA_L_5192	188,5	1,7	0,9
5238_MTA	MTA_L_5201	MTA_S_43523	413,8	61,8	24,8
43523_MTA	MTA_S_43523	MTA_L_43523	621,3	61,8	32,3
43525_MTA	MTA_L_43524	MTA_L_43525	1485	1,1	0,8
43526_MTA	MTA_L_43523	MTA_L_43526	3498,8	61,5	32,3
43529_MTA	MTA_L_43526	MTA_L_43529	340,3	61,1	31,8
64657_MTA	MTA_L_43532	MTA_L_64657	416,9	1,9	1,6
43535_MTA	MTA_L_64657	MTA_L_43535	858,9	0	0
64658_MTA	MTA_L_64657	MTA_S_43594	442,5	1,9	1,6
43594_MTA	MTA_S_43594	MTA_S_43534	154,3	0,5	0,3
43534_MTA	MTA_S_43534	MTA_L_43534	1014,4	0,5	0,4
43536_MTA	MTA_L_43529	MTA_L_43536	171,6	58,9	31,1
43539_MTA	MTA_L_43536	IMTA_L_43541	200,4	58,8	31,1
43542_MTA	IMTA_L_43541	IMTA_L_43544	227,2	58,7	39,6

FUENTE: CYMDIST

ELABORADO POR: Investigadores

2.7.4. Tramos con bajo nivel de voltaje

Los tramos críticos de alimentador se presentan en la tabla N° 28 mientras que el detalle de todo el alimentador se presenta en el anexo N° 6 donde se unifica que el 60,45% del recorrido del alimentador presenta bajo voltaje.

TABLA N° 28 TRAMOS CON BAJO NIVEL DE VOLTAJE

Nro. equipo	Id equipo	V	Longitud pi	IEquil (Amps)	V (kVLL)
43559_MTA	ACSR.1/0,ACSR.1/0,ACSR.1/0,ACSR.	117,2	1079,7	56,3	13,5
43561_MTA	ACSR.4,ACSR.4,ACSR.4,ACSR.4,3CP,	117,2	68,8	6	13,5
43562_MTA	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.	117,2	96,7	50,2	13,5
43560_MTA	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,	117,2	493,3	50,2	13,5
43563_MTA	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,	117,1	604,7	49,6	13,5
43572_MTA	ACSR.1/0,ACSR.1/0,ACSR.1/0,ACSR.	117	556,3	49,6	13,5
43573_MTA	ACSR.1/0,ACSR.1/0,ACSR.1/0,ACSR.	116,8	1514,1	48,8	13,4
43577_MTA	NONE,NONE,ACSR.2,ACSR.2,1CP,C,10	115,6	1717,8	12,2	13,3
43582_MTA	NONE,NONE,ACSR.2,ACSR.4,1CP,C,10	115,6	149,5	8,8	13,3
43578_MTA	NONE,NONE,ACSR.4,ACSR.4,1CP,C,10	115,5	1178,1	8,8	13,3
43579_MTA	NONE,NONE,ACSR.4,ACSR.4,1CP,C,10	115,5	405,9	0,2	13,3
43580_MTA	NONE,NONE,ACSR.4,ACSR.4,1CP,C,10	115,5	1246	0,2	13,3
43732_MTA	ACSR.2,ACSR.2,ACSR.2,ACSR.4,3CP,	116,7	230,5	44,9	13,4
43734_MTA	ACSR.1/0,ACSR.1/0,ACSR.1/0,ACSR.	116,5	1437	44,8	13,4
43979_MTA	ACSR.1/0,ACSR.1/0,ACSR.1/0,ACSR.	116,5	527	44,7	13,4
43735_MTA	ACSR.1/0,ACSR.1/0,ACSR.1/0,ACSR.	116,3	1126,1	44,6	13,4
43978_MTA	ACSR.1/0,ACSR.1/0,ACSR.1/0,ACSR.	116,1	1329,5	43,2	13,4
43743_MTA	ACSR.4,NONE,NONE,NONE,1CP,A,100,	115,8	722,9	0,4	13,3
43977_MTA	ACSR.1/0,ACSR.1/0,ACSR.1/0,ACSR.	115,9	1524,6	43,1	13,3
96327_MTA	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.	115,9	303	43,1	13,3
43738_MTA	ACSR.2,ACSR.2,ACSR.2,ACSR.4,3CP,	115,9	2173,1	1,7	13,3
43741_MTA	ACSR.4,NONE,NONE,ACSR.4,1CP,A,10	115,4	74,2	5	13,3
43974_MTA	ACSR.2,ACSR.2,ACSR.2,ACSR.4,3CP,	115,9	1320,6	0,1	13,3
43739_MTA	ACSR.2,ACSR.2,ACSR.2,ACSR.2,3CP,	115,9	30,6	0	13,3
43740_MTA	ACSR.2,ACSR.2,ACSR.2,ACSR.4,3CP,	115,9	1125,2	0,1	13,3
47442_MTA	ACSR.2,ACSR.2,ACSR.2,ACSR.4,3CP,	115,9	163,9	0,1	13,3
47443_MTA	ACSR.2,ACSR.2,ACSR.2,ACSR.4,3CP,	115,9	1191,6	0	13,3

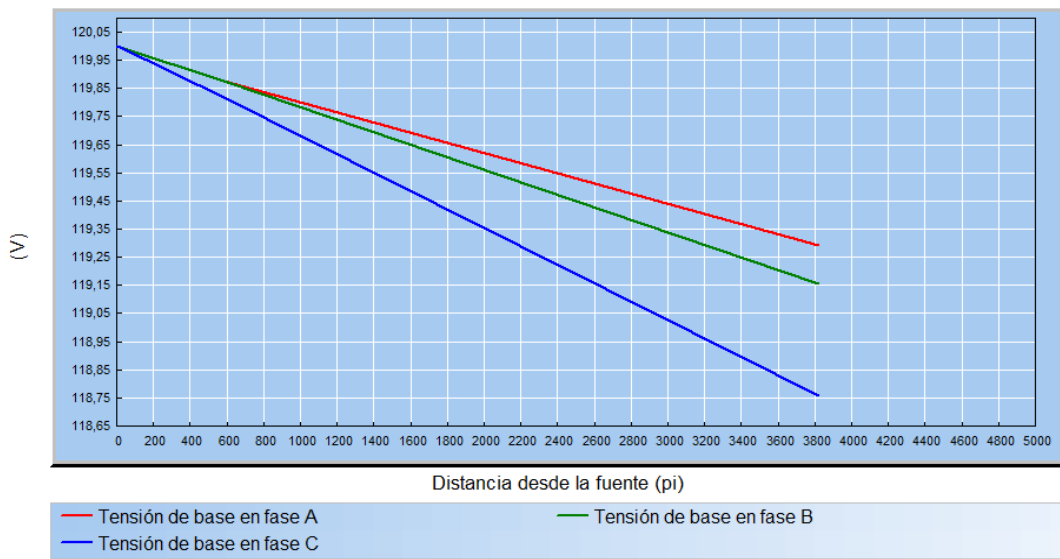
FUENTE: Cymdist

ELABORADO POR: Investigadores

2.7.5. Perfiles de voltaje

El gráfico N° 30 muestra el perfil de voltaje desde la cabecera en el tramo 5235_MTA, determinando que la fase C tiende a decrecer significativamente con respecto a la fase A y B lo que nos indica que dicha fase tiene mayor carga.

GRÁFICO N° 30 PERFIL DE VOLTAJE EN LA CABECERA

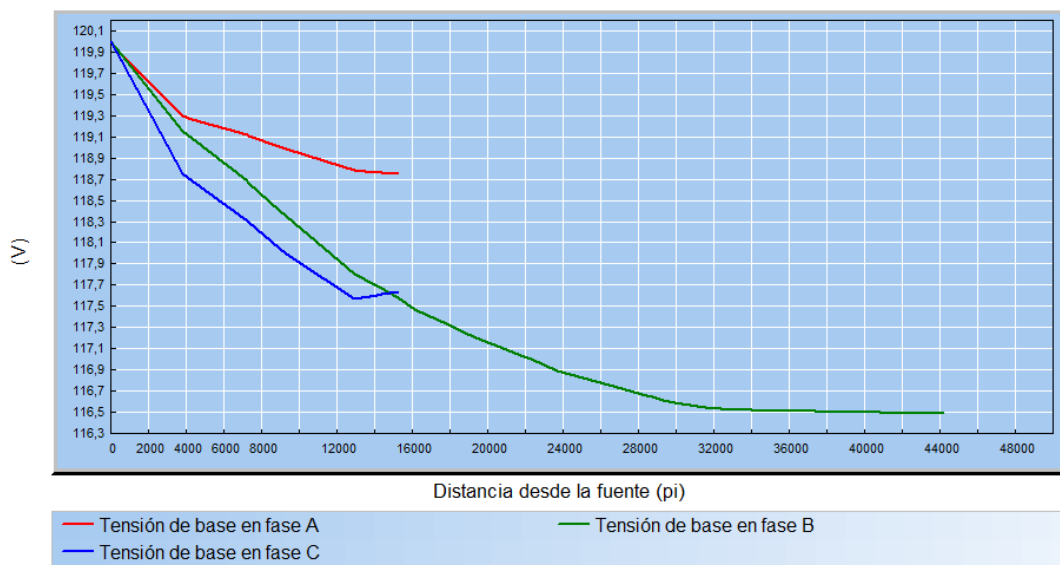


FUENTE: CYMDIST.

ELABORADO POR: Investigadores

El grafico N° 31 muestra el perfil de voltaje del extremo norte del alimentador, en el tramo 38285_MTA lo cual se encuentra conectado una carga monofásica y donde la distancia de 44 km desde la fuente es el factor incidente para tener caídas de voltajes elevadas.

GRÁFICO N° 31 PERFIL DE VOLTAJE EXTREMO NORTE TRAMO 38285_MTA

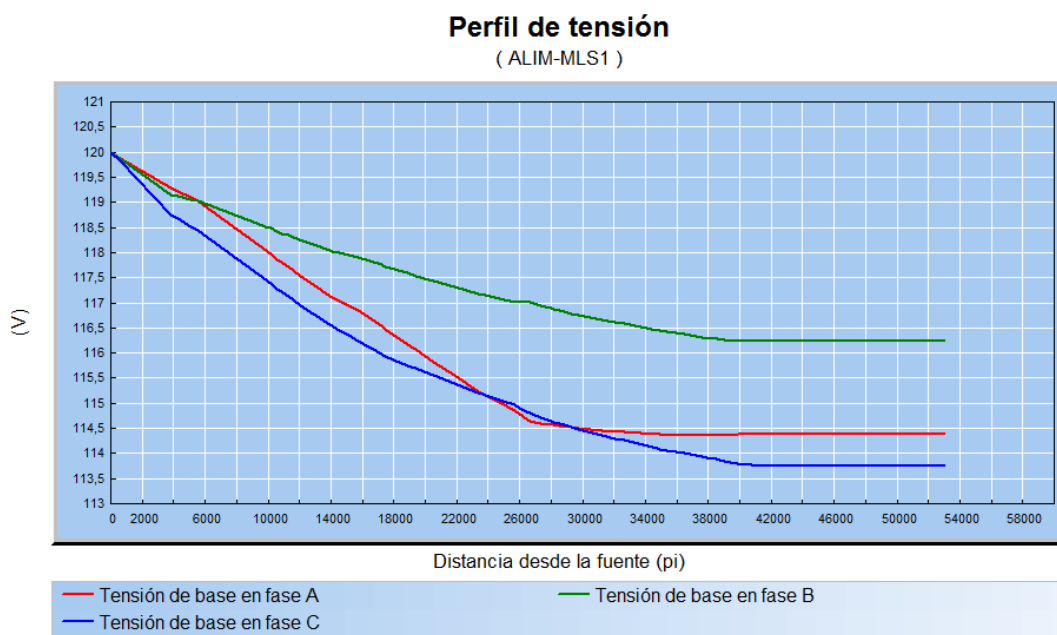


FUENTE: CYMDIST.

ELABORADO POR: Investigadores

El grafico N° 32 se muestra el perfil de voltaje del extremo sur del alimentador, en el tramo 43705MTA, se tiene una red trifásica sin carga, determinando que aguas abajo las fases A y C tiene mayor carga monofásica conectada lo que produce caídas de voltaje alterando dichas fases.

GRÁFICO N° 32 PERFIL DE VOLTAJE EXTREMOS SUR, TRAMO
43705_MTA



FUENTE: Cymdist

ELABORADO POR: Investigadores

2.8.Verificación de la hipótesis

El 16,18% de los transformadores se encuentran con una sobrecarga máxima del 180% sobrepasando la Cargabilidad ideal del 100%. Con respecto a la Cargabilidad de las líneas, no hay mayor problema ya que la máxima llega a tener el tramo 5174MTA ubicada en la cabecera del alimentador con una Cargabilidad de 38,6% desempeñando un funcionamiento normal de las líneas.

Un 60,45% de tramos se encuentra con bajo nivel de voltaje con un punto crítico en la red de medio voltaje de 13,2kV violando los límites mencionados anteriormente de calidad de producto teniendo como base 13,8kV.

CAPÍTULO III

PROPUESTA

3.1.Introducción

El alimentador Mulaló – Joseguango Bajo correspondiente a la S/E Mulaló la misma que pertenece ELEPCO S.A, está ubicada geográficamente en el sector Laigua, de la parroquia Mulaló, cantón Latacunga, a una altitud de 2967 metros sobre el nivel del mar; posee 2324 usuarios, de los cuales 1909 clientes tiene tarifa residencial con diferentes consumos, a las que se ha considerado que utilicen las cocinas de inducción, lo que incrementa la potencia instalada al igual que la demanda, afectando la calidad de producto en la red eléctrica de distribución.

Este problema se agrava por la gran cantidad de cargas no lineales en el sistema eléctrico, afectando a todos los usuarios conectados, alterando los parámetros eléctricos establecidos por la regulación vigente y norma.

Al determinar las condiciones de operación en estado actual y con el ingreso de las cocinas de inducción se propone alternativas de tal manera que se cumpla con los criterios de calidad (CONELEC 004/01) y con costos de inversión aceptables.

Justificación de la propuesta

La Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo – SENPLADES en coordinación con diferentes instancias gubernamentales elaboró el Plan Nacional del Buen Vivir (PNBV). Parte de este Plan se refiere al Cambio de la Matriz Energética con el programa de sustitución de cocinas a gas (GLP) por cocinas de inducción que deberá ejecutarse tan pronto como exista la factibilidad de la generación eléctrica.

Este trabajo investigativo analiza aspectos importantes que permite conocer la cantidad de potencia que el sistema necesita cada año para para funcionar en óptimas condiciones, los puntos críticos arrojados mediante la modelación del sistema eléctrico en medio voltaje y las acciones a tomar en cuenta al momento que se viole las restricciones establecidas permitiendo encontrar posibles soluciones de mejora, con el fin de elaborar presupuestos y gestionar financiamiento para cubrir cualquier anomalía que se presente, esto se consigue realizando simulaciones cada dos años incluyendo el incremento de las cocinas de inducción establecidos por el CONELEC y tomando en cuenta el crecimiento de la demanda de energía en los consumidor, residencial, comercial e industrial, todo el procedimiento se realiza mediante la utilización del software “CYMDIST”, que permite realizar estudios en sistemas equilibrados o desequilibrados, adicionalmente los datos obtenidos en las pruebas en las cocina de inducción, permitió determinar el porcentaje de distorsión armónica total y la influencia funcionamiento con las condiciones dadas, se corre flujos de potencia y se determina el cumplimiento o no de la norma establecida CONELEC 004/01 de Calidad de Servicio Eléctrico.

3.2.Objetivos de la propuesta

3.2.1. Objetivo general.

Analizar técnicamente la calidad de producto una vez que se haya implementado las cocinas de inducción, mediante la utilización del software CYMDIST, y determinando el adecuado funcionamiento del sistema cumpliendo la norma CONELEC 004/01, en el alimentador Mulaló – Joseguango Bajo de la S/E Mulaló, perteneciente a la ELEPCO S.A.

3.2.2. Objetivos específicos.

- Determinar el crecimiento de la demanda hasta un horizonte de 15 años (2030) de los clientes residenciales, comerciales e industriales servidos por el alimentador, utilizando datos históricos registrados 10 años atrás.
- Proponer alternativas de solución conforme se realice las simulaciones en distintos escenario para corregir las anomalías existentes en la red.

- Evaluar las alternativas que mejor se ajuste a las condiciones de operación del sistema cumpliendo con la norma vigente CONELEC 004/01

3.3. Análisis de la factibilidad de la propuesta

La presente propuesta cumple con todas los estándares según la normativa vigente, siendo así el punto de inicio para determinar los índices de calidad de producto que la ELEPCO S.A., brinda como empresa distribuidora de servicio a sus clientes.

3.3.1. Factibilidad Administrativa

- La ELEPCO S.A., está consciente que se debe realizar estudios para conocer la calidad de producto que esta brinda a sus clientes.
- Los departamentos Técnico y Planificación, se encuentran trabajando y buscando soluciones técnicas y económicas para mitigar los problemas futuros.
- La ELEPCO S.A., como empresa distribuidora está sujeta al cumplimiento de la normativa vigente que el CONELEC establece como ente regulador de energía eléctrica aplicando la REGULACION 004/01.

3.3.2. Factibilidad Técnica

La empresa eléctrica Cotopaxi S.A., ha brindado la oportunidad de desarrollar el presente trabajo, en el alimentador MLS1 para lo cual ha provisto de los elementos e información necesaria para la realización del mismo, tales como: Información técnica referente al alimentador, la cocina de inducción con su respectivo analizador de calidad de energía PQ Box 100, analizadores para la medición en medio voltaje en la cabecera del alimentador, y además de permitir el acceso al software CYMDIST la información y herramientas que manejados por los tesistas permiten determinar las condiciones de funcionamiento del sistema lo que permite proponer soluciones técnica y económicamente viables.

3.4.Desarrollo de la propuesta

3.4.1. Proyección de la demanda

El presente trabajo investigativo se describe la proyección de la demanda de energía eléctrica por grupo de consumidores, con tarifas, residencial, comercial e industrial para el período 2015-2030, utilizando métodos estadísticos tendenciales que son confiables y permiten obtener una tasa de crecimiento como se muestra a continuación.

3.4.1.1. Análisis de la situación actual

La tabla N° 29 presenta el consumo promedio mensual de energía (kWh/cliente) histórico por grupos tomados durante el periodo 2005-2014.

TABLA N° 29 CONSUMO PROMEDIO DE ENERGÍA MENSUAL POR GRUPO DE CONSUMO

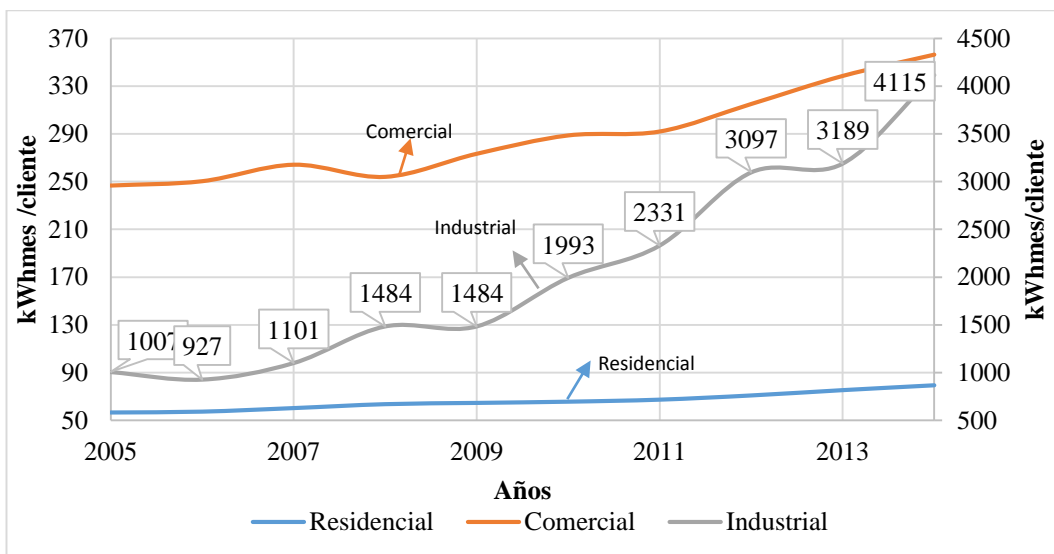
CONSUMO PROMEDIO DE ENERGÍA MENSUAL POR EMPRESA Y GRUPO DE CONSUMO DE CLIENTES REGULADOS kWh/cliente ELEPCO SA										
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Residencial	56,58	57,30	60,27	63,56	64,62	65,64	67,36	70,88	75,34	79,42
Comercial	246,66	250,31	264,11	253,95	273,28	288,65	291,94	314,99	338,49	356,33
Industrial	1006,57	927,14	110,51	1483,97	1484,23	1993,00	2331,28	3097,05	3188,96	4115,47
Público	16,05	17,03	17,21	17,01	16,83	15,74	16,38	17,05	17,02	16,00
Otros	1062,83	1049,16	1040,14	774,28	1821,45	1953,89	6057,67	2093,91	1734,63	853,31
Total	138,39	137,75	135,91	167,74	184,99	241,52	272,08	281,19	275,26	281,45

FUENTE: Fuente Multianual Sector Eléctrico Ecuatoriano 2005-2014 CONELEC Pág 83.

ELABORADO POR: Investigadores.

Los grupos de consumidores mantienen una tendencia de crecimiento moderado, en la gráfica N°33 se presenta la curva de comportamiento entre los años 2005 y 2014 con una tasa de crecimiento promedio de 3,95% anual para el consumidor residencial, con el 4,5% para el sector comercial y un 12,39 % para el sector industrial notando el desarrollo acelerado para este grupo de consumidor.

GRÁFICO N° 33 GRUPO DE CONSUMIDORES



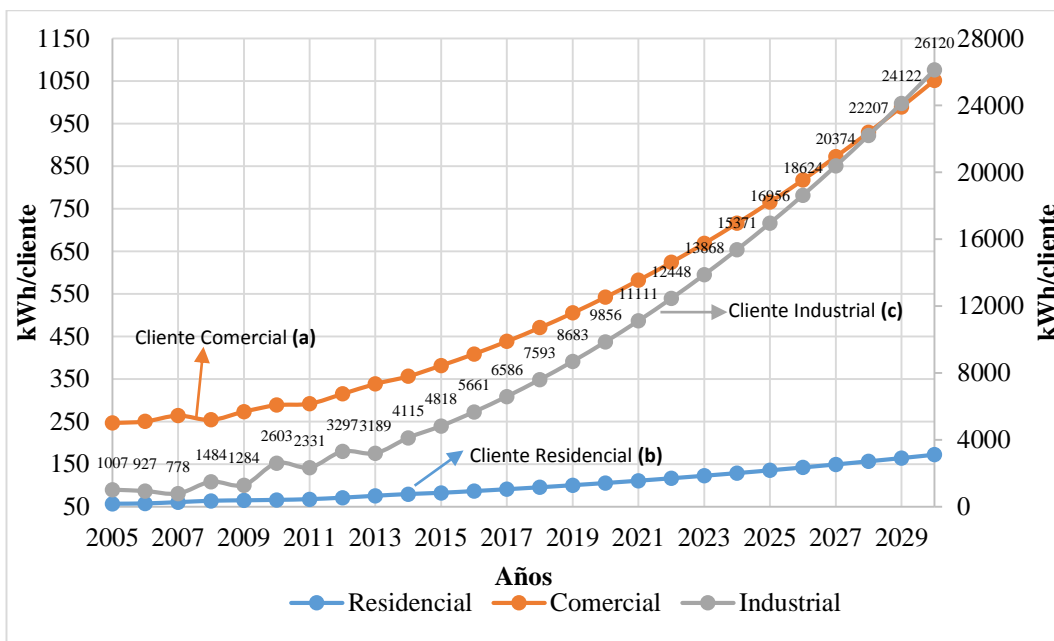
ELABORADO POR: Investigadores

3.4.1.2. Crecimiento de la demanda

El alimentador Mulaló Joseguango bajo tiene 1909 clientes residenciales las mismas que consumieron 66 kWh/mes por cada usuario desde el año 2004 hasta el año 2014; utilizando el método de proyección geométrica con ayuda de la ecuación N° 4 se proyectó la demanda desde el año 2015 hasta el año 2030, como se observa en el grafico N° 34 ítem (a) lo cual se obtuvo un crecimiento promedio del 5,02% anual, Además cuenta con 95 clientes comerciales que tiene un consumo promedio de 288 kWh mes/cliente lo cual se utiliza el método descrito anteriormente para la proyección de demanda tal y como se observa en el gráfico N°34 ítem (b), obteniendo un crecimiento promedio del 5,98% anual.

Mediante el análisis de proyección de la demanda como se lo observa en la gráfica N° 34 ítem (c) aplicando el método de proyección geométrica con la ecuación N° 4 se realizó el análisis para el cliente industrial, presentando 91 clientes de esta categoría con un consumo promedio de 2072 kWhmes/cliente, obteniendo un crecimiento promedio 15,65% anual

GRÁFICO N° 34 CRECIMIENTO DE DEMANDA



ELABORADO POR: Investigadores

3.4.2. Distribución de cocinas de inducción 2015-2022

Según el (CONELEC) “el número de cocinas eléctricas a incorporarse en los sistemas de distribución, se ha distribuido en función del índice de total del tiempo de interrupciones, TTik reportado por las distribuidoras durante el año 2011” Pág. 71

Se designa la distribución de cocinas por empresa desde el año 2015 hasta el año 2022 donde se ingresa paulatinamente hasta llegar a la inclusión total del 100% que se da en el año 2022, para el estudio se tomó en consideración el porcentaje de inclusión de cocinas de inducción designada para la Empresa Eléctrica Cotopaxi S.A., aplicándolo al alimentador en estudio, obteniendo la distribución anual por transformador.

El plan de inclusión de cocinas de inducción se aplica para 1909 consumidores residenciales conectados al alimentador MLS1. Considerado el caso de estudio y tomando en cuenta que el alimentador es rural marginal se realizó trabajo de campo, verificando los medidores con tarifa comercial que se encuentra gravado en la

planilla de energía eléctrica.; llegando a la conclusión que los clientes con dicha tarifa no son netamente dedicadas al comercio, habitan en ella, por lo que se tomó en consideración para la inclusión de cocinas a los 95 consumidores comerciales trabajando con un total de 2004 cocinas a ser distribuidas conforme los usuarios estén conectados a cada transformador como se muestra en la tabla N° 30, el total de transformadores con su respectiva distribución anual de cocinas de inducción se presenta en el anexo N° 7

TABLA N° 30 DISTRIBUCIÓN ANUAL DE COCINA DE INDUCCIÓN.

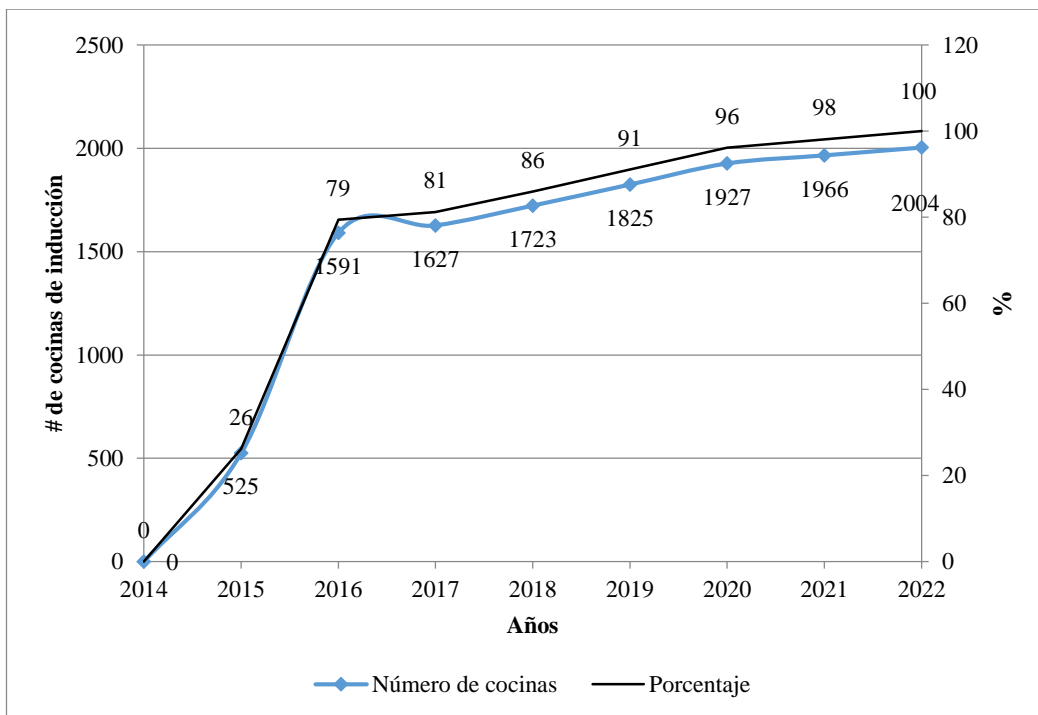
N° Equipo	Id*	Total cliente	R/C	R	C	I	O	Distribución de Cocinas por año Tarifa Residencial							
								2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1651	1935	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1652	1936	2	2	2	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2
1653	1946	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
7057	1937	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1405	24655	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
7929	24441	3	2	1	1	1	0	1	2	2	2	2	2	2	2
5142	24442	3	2	1	1	0	1	1	2	2	2	2	2	2	2
1753	24762	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1409	24651	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1610	24654	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1408	24652	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8246	24653	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1749	24443	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3570	24444	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1489	24445	2	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1750	24446	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1488	24447	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1751	24448	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
2479	24642	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
8810	24643	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1756	24647	11	8	7	1	2	1	3	8	8	8	8	8	8	8

FUENTE: Departamento de Planificación ELEPCO S.A.

ELABORADO POR: Investigadores.

El grafico N° 35 presenta la curva de inclusión de cocinas de inducción en el alimentador Mulaló Joseguango bajo, observando según él (CONELEC) un plan agresivo en el segundo año (2016) que se prevé una migración 79%, esperando alcanzar un 91% en el año 2019 y finalizando la migración el año 2022 con la migración del total de cocinas de inducción.

GRÁFICO N° 35 CURVA DE INCLUSIÓN DE COCINAS DE INDUCCIÓN EN EL ALIMENTADOR MLS1.



ELABORADO POR: Investigadores.

3.4.3. Impacto de la incorporación de cocinas de inducción en el alimentador MLS1.

La potencia por incorporación de cocinas se determina multiplicando la demanda individual de la cocina de inducción por el número total de cocinas a introducir y por el factor de coincidencia correspondiente al número de artefactos que se incorporarían en cada transformador. La tabla N° 31 presenta el código del transformador con y la distribución de cocinas de acuerdo a los clientes residenciales por año. Está a la vez determina la potencia a incrementarse por el Programa de Cocción Eficiente en el alimentador, por cada año.

**TABLA N° 31 POTENCIA A INCREMENTARSE POR EL PROGRAMA PEC
POR CADA TRANSFORMADOR**

Nro. equipo	R/C	Distribución de cocinas por año								Demanda máxima CI [kW]							
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1651	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1652	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1,54	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96
1653	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0,00	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54
7057	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1405	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0,00	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54
7929	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1,54	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96
5142	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1,54	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96
1753	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1409	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1610	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0,00	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54
1408	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8246	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1749	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3570	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0,00	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54
1489	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0,00	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54
1750	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0,00	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54
1488	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1751	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0,00	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54
2479	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8810	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1756	8	3	8	8	8	8	8	8	8	2,64	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00

ELABORADO POR: Investigadores

El anexo N° 8 presenta todos los transformadores existentes en el alimentador MLS1 con la respectiva distribución anual de cocinas y la demanda máxima para cada una de ellas tomando en consideración una cocina de inducción de 4kW que se utilizó durante las pruebas.

3.4.3.1. Curva de carga proyectada

Con los datos obtenidos de la curva de inclusión anual de cocinas de inducción se establece la demanda máxima para cada año con la finalidad de determinar la curva de carga por lo que también se ha añadido el crecimiento de demanda del grupo de consumidores en kW, en la tabla N° 32 se muestra la demanda máxima anual, por el incremento de potencia de cocinas de inducción.

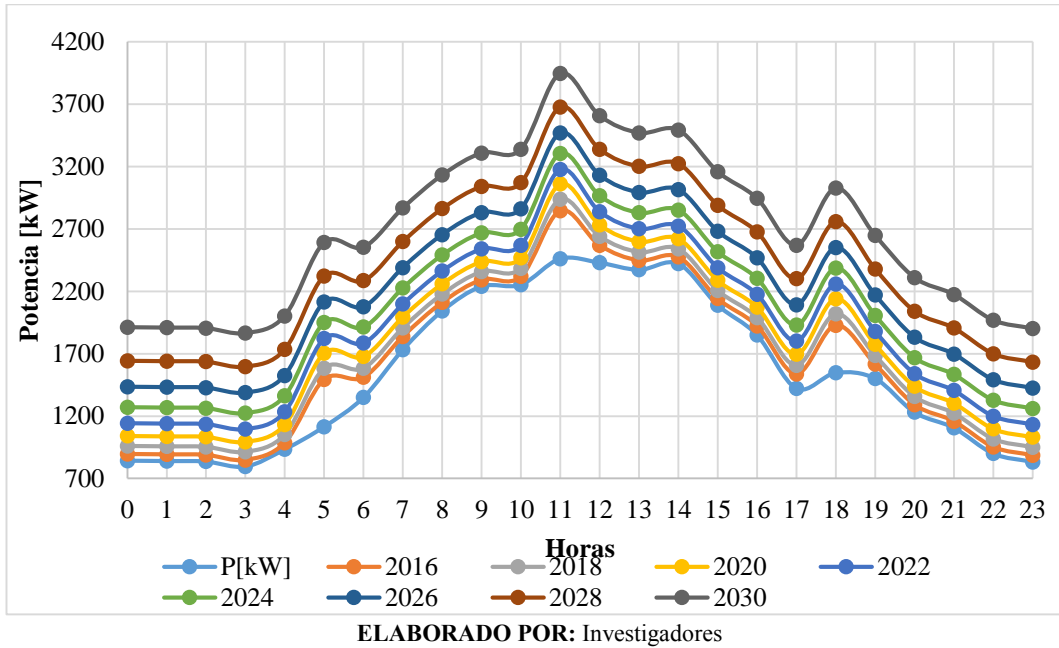
TABLA N° 32 POTENCIA DE LA CABECERA DEL ALIM-MLS1 [KW/AÑO]
2014-2022

Potencia de la Cabecera del MLS1 kW/año									
HORA	P[kW]	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
0	843	895	960	1041	1143	1271	1434	1643	1912
1	840	892	957	1038	1140	1268	1431	1640	1909
2	836	888	953	1034	1136	1264	1427	1636	1905
3	796	848	913	994	1096	1224	1387	1596	1865
4	934	986	1051	1132	1234	1362	1525	1734	2003
5	1115	1493	1584	1705	1822	1951	2114	2323	2591
6	1350	1511	1584	1678	1785	1913	2077	2286	2554
7	1732	1838	1907	1995	2099	2227	2390	2599	2868
8	2043	2112	2178	2261	2363	2491	2655	2864	3132
9	2240	2292	2357	2438	2540	2668	2831	3040	3309
10	2254	2319	2385	2468	2570	2698	2862	3070	3339
11	2462	2847	2938	3060	3177	3306	3469	3678	3946
12	2430	2570	2642	2733	2839	2967	3130	3339	3608
13	2373	2448	2515	2599	2701	2829	2993	3202	3470
14	2422	2476	2541	2622	2724	2852	3015	3224	3493
15	2090	2142	2207	2288	2390	2518	2681	2890	3159
16	1850	1924	1990	2074	2176	2304	2468	2677	2945
17	1422	1538	1608	1696	1801	1929	2092	2301	2570
18	1547	1928	2020	2141	2258	2387	2550	2759	3027
19	1501	1616	1686	1775	1879	2008	2171	2380	2649
20	1231	1292	1357	1439	1541	1669	1833	2041	2310
21	1106	1158	1223	1304	1406	1534	1697	1906	2175
22	900	952	1017	1098	1200	1328	1491	1700	1969
23	833	885	950	1031	1133	1261	1424	1633	1902

ELABORADO POR: Investigadores

También se considera las encuestas realizadas por lo que se toma los hábitos de consumo de la población y se las incluye en la curva de carga original teniendo una curva proyectada como se observa en la gráfica N° 36.

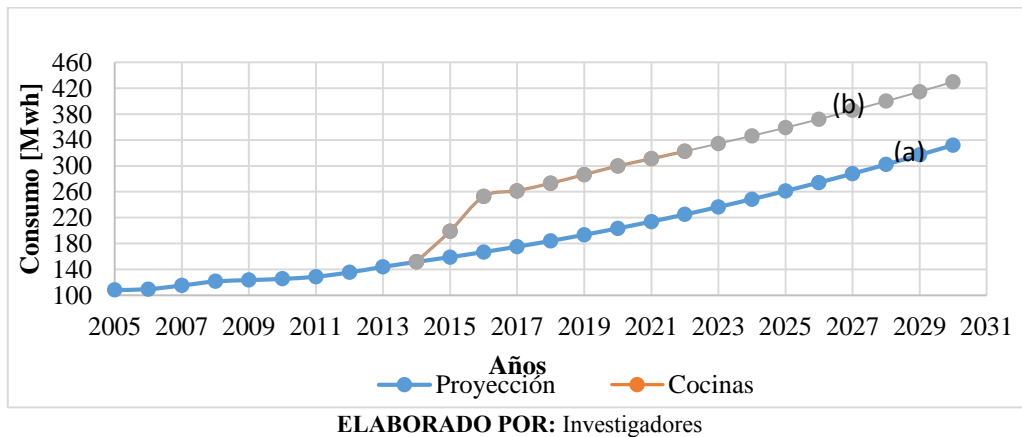
GRÁFICO N° 36 CURVA DE CARGA PROYECTADA



3.4.3.2. *Curva de energía proyectada usuario residencial*

La gráfica N° 37 presenta la curva (a) de consumo de energía proyectada sin la inclusión de cocinas de inducción y la curva (b) con la inclusión de dichos artefactos. Durante la implementación del programa de cocinas de inducción se observa un crecimiento acelerado el cual se estabiliza a partir del año 2022, esto se debe a que se considera que en este periodo se tendría implementado el 100% de cocinas.

GRÁFICO N° 37 PROYECCIÓN VS COCINAS DE INDUCCIÓN (USUARIOS RESIDENCIALES)



3.4.4. Flujos de potencia

El flujo de carga se lo realiza con los datos obtenidos de la proyección de la demanda de los grupos de consumidores mencionados anteriormente, añadido el consumo de las cocinas de inducción el cual fue calculado por la metodología propuesta por del MEER que se muestra en el anexo N° 8, este consumo multiplicado por 30 días del mes con un tiempo de uso promedio de 3 horas diarias obteniendo mediante las encuestas se tiene como resultado la energía consumida por el uso de cocinas de inducción, dichos valores se presenta en el anexo N°9.

Con el fin de determinar la evolución del comportamiento del alimentador se realiza un análisis cada dos años.

El valor de la corriente que se requiere para ingresar como dato al software se determinó de la curva de carga proyectada en cada periodo de evolución, estos datos se presentan en la tabla N° 33

TABLA N° 33 CORRIENTES DE CABECERA AÑOS 2014-2030

Año	P[kW]	Ia[A]	Ib[A]	Ic[A]
2014	2456	105,11	108,22	115,69
2015	2602	111,35	114,65	122,57
2016	2847	121,82	125,43	134,09
2017	2885	123,45	127,10	135,88
2018	2938	125,74	129,46	138,41
2019	2997	128,26	132,05	141,17
2020	3060	130,96	134,84	144,15
2021	3116	133,35	137,29	146,78
2022	3177	135,97	140,00	149,67
2024	3306	141,47	145,65	155,71
2026	3469	148,45	152,85	163,40
2028	3678	157,39	162,05	173,24
2030	3946	168,89	173,89	185,90

ELABORADO POR: Investigadores

3.4.4.1. Comportamiento del alimentador

Realizada la distribución de carga y posteriormente el flujo de carga por el método de tensión desequilibrada se obtienen los resultados mostrados en la tabla N° 34 lo

que permite conocer el comportamiento del alimentador durante los años de crecimiento normal y con la inclusión de las cocinas de inducción.

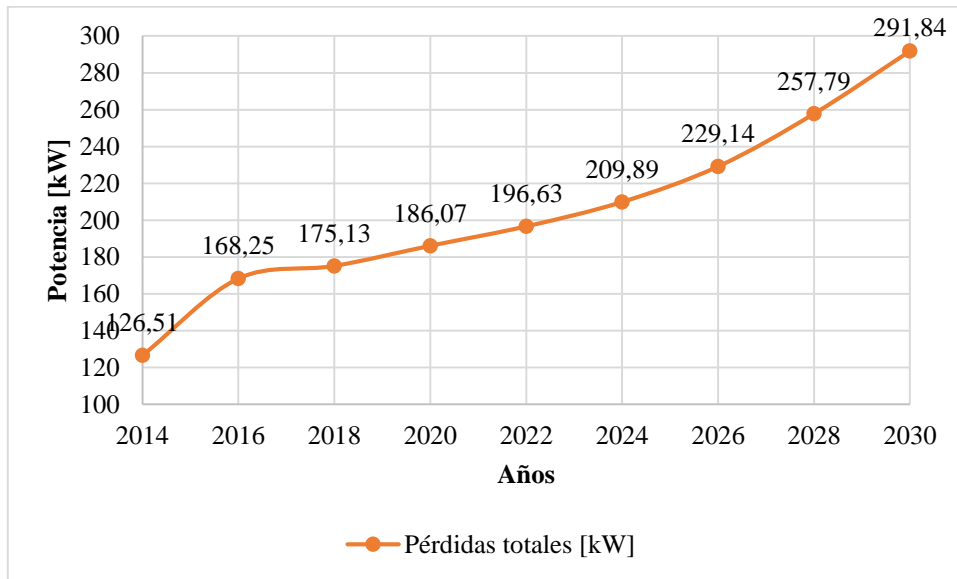
TABLA N° 34 PÉRDIDAS DE POTENCIA [KW] DURANTE EL PERIODO 2014-2030

	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Consumo total [kW]	2476,6	2866,6	2958,8	3081,7	3199,7	3329,3	3493,1	3703,1	3974,1
Pérdidas en las líneas	67,88	94,95	99,16	105,42	110,63	116,16	123,84	135,55	155,39
Pérdidas en los cables	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Pérdidas en los transformadores	58,63	73,29	75,96	80,65	86	93,72	105,29	122,23	136,44
Pérdidas totales [kW]	126,51	168,25	175,13	186,07	196,63	209,89	229,14	257,79	291,84

ELABORADO POR: Investigadores

El gráfico N° 38 presenta las pérdidas en [kW] que crece conforme se incrementa la demanda. En el año 2016 ingresa el 79% de cocinas de inducción por lo que en la gráfica se observa un incremento del 33% de las pérdidas con respecto al año 2014, las pérdidas con respecto al consumo total representa un 6,25 % anual.

GRÁFICO N° 38 PÉRDIDAS TOTALES PERIODO 2014-2030



ELABORADO POR: Investigadores

Tomando en consideración que él [kWh] tiene un costo de \$0,08 en la tabla N° 35 presenta el costo que representaría las pérdidas en [kW].

TABLA N° 35 COSTO DE PÉRDIDAS DURANTE EL PERIODO 2014-2030

	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Pérdidas totales [kW]	126,5	168,3	175,1	186,1	196,6	209,9	229,1	257,8	291,8
MW-h/año	1108,2	1473,9	1534,1	1630,0	1722,5	1838,6	2007,3	2258,2	2556,5
k\$/año	88,656	117,91	122,73	130,4	137,8	147,09	160,58	180,66	204,52

ELABORADO POR: Investigadores

3.4.4.2. Cargabilidad de transformadores

La tabla N° 36 presenta la Cargabilidad de los transformadores la cual crece progresivamente conforme se incrementa el consumo de energía ya sea por el crecimiento de la demanda o por el la inclusión de cocinas de inducción. En el anexo N° 10 presenta la Cargabilidad total de cada transformador.

TABLA N° 36 CARGABILIDAD DE TRANSFORMADORES PERIODO 2016-2030

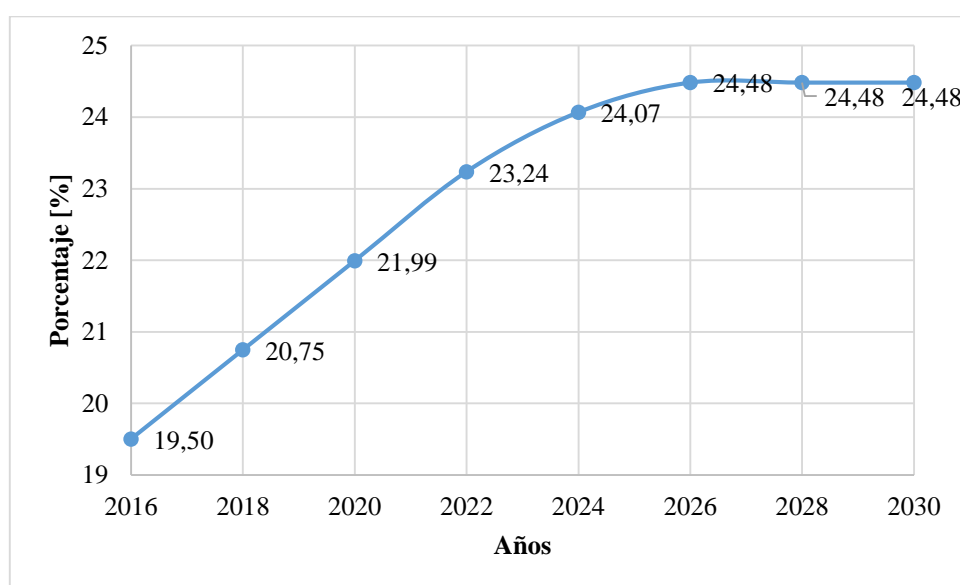
Nro. equipo	Cargabilidad de transformadores ALIM-MLS1 /Año							
	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
1651	110	135	163	198	236	283	344	440
1652	72,2	70,6	67,9	65,7	62,7	60,3	59	60,7
1653	62,5	60,2	57,1	54,5	51,3	48,6	47	47,8
7057	23,3	28,4	34,3	41,5	49,9	59,7	71,2	84,9
1405	64,2	64,7	64,3	64,3	63,6	63,4	64,5	69,1
7929	38	41	44,3	48,5	53,4	59	65,4	76,9
5142	202	196	188	181	172	165	160	165
1753	1,4	1,3	1,2	1	0,9	0,8	0,7	0,7
1409	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1
1610	39,6	39	38,1	37,3	36,1	34,9	33,5	33,8
1408	85,3	104	126	152	183	218	261	311
8246	29	35,4	42,7	51,7	62,2	74,3	88,7	106
1749	4,1	5	6,1	7,4	8,9	10,6	12,6	15,1
3570	21,4	20,5	19,5	18,7	17,8	17	16,2	16,2
1489	7,6	8,2	9	10	11,3	12,7	14,5	16,6
1750	44,8	44	42,9	42,1	41,2	40,2	39,1	40
1488	2,6	3,1	3,8	4,5	5,5	6,5	7,8	9,3
8810	139	169	204	246	297	354	423	376
1756	203	212	220	233	246	265	294	347

ELABORADO POR: Investigadores

Existen transformadores con sobrecarga siendo los más frecuentes los monofásicos con capacidades de 5, 10, 15 y 25 kVA, el anexo N°11 muestra el total de transformadores que se encuentran sobrecargados, lo cual se debe tener en cuenta con el fin de tomar las acciones adecuadas y solucionar el problema.

El grafico N° 39 muestra el porcentaje de transformadores que presentan sobrecarga en el periodo de estudio notando un crecimiento considerable desde los años 2014-2016.

GRÁFICO N° 39 CARGABILIDAD DE TRANSFORMADORES EN PORCENTAJE EN EL PERIODO 2016-2030



ELABORADO POR: Investigadores

3.4.4.3. Cargabilidad de líneas

La tabla N° 37 presenta la Cargabilidad de las líneas durante el periodo en estudio, observando que las mismas se incrementa conforme va creciendo la demanda. El tramo que presenta mayor Cargabilidad alcanza un 44,6% de su capacidad hasta llegar en el año 2030 a una Cargabilidad de 61,9%

El resto de líneas tiene un Cargabilidad menor permitiendo diagnosticar que se encuentra funcionando dentro de los parámetros normales. El detalle de la Cargabilidad del resto de líneas se presenta en el anexo N° 12.

TABLA N° 37 CARGABILIDAD DE LÍNEAS PERIODO 2016-2030

		Cargabilidad de líneas ALIM-MLS1							
Nudo origen	Nudo destino	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
MTA S 5457	MTA L 5174	44,6	46,1	48	49,8	51,8	54,3	57,5	61,9
MTA L 5174	MTA L 5235	44,6	46,1	48	49,8	51,8	54,3	57,5	61,9
MTA L 5235	MTA L 5180	29,4	30,5	31,8	33,2	34,7	36,6	39	41,6
MTA L 5180	MTA L 5201	29,4	30,5	31,8	33,2	34,7	36,6	39	41,6
MTA L 5201	MTA L 5190	2,1	2,2	2,4	2,6	2,9	3,2	3,8	4,8
MTA L 5190	MTA L 5191	1,6	1,8	2,4	2,2	2,5	2,9	3,4	4,4
MTA L 5191	MTA L 5192	0,8	1	2,4	1,5	1,8	2,2	2,8	3,8
MTA L 5201	MTA S 43523	29,3	30,3	2,4	33	34,5	36,3	38,7	41,3
MTA S 43523	MTA L 43523	38,2	39,6	2,4	43,1	44,9	47,4	50,5	53,8
MTA L 43524	MTA L 43525	0,9	0,9	2,4	0,9	0,9	0,9	0,9	1
MTA L 43523	MTA L 43526	38,2	39,6	2,4	43,1	44,9	47,4	50,5	53,8
MTA L 43526	MTA L 43529	37,7	39	2,4	42,4	44,2	46,5	49,5	52,7
MTA L 43532	MTA L 64657	1,7	1,9	2,4	2,6	3,1	3,6	4,3	5,1
MTA L 64657	MTA L 43535	0	0	2,4	0	0	0	0	0
MTA L 64657	MTA S 43594	1,6	1,9	2,4	2,6	3,1	3,6	4,3	5,1
MTA S 43594	MTA S 43534	0,3	0,3	2,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
MTA S 43534	MTA L 43534	0,4	0,4	2,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
MTA L 43529	MTA L 43536	36,9	38,1	2,4	41	42,6	44,6	47,2	49,9

ELABORADO POR: Investigadores

3.4.4.4. Niveles y perfiles de voltaje

La tabla N° 38 presenta los niveles de voltaje para cada tramo, en el anexo N° 13 se muestra los valores del voltaje en la totalidad del alimentador determinando que en el año 2030 se tiene un voltaje de 13kV. El cual se encuentra fuera de los límites establecidos anteriormente; en el año 2016 se tiene un 80% de líneas fuera de límite permitido; en el año 2030 el problema asciende a 86% del total de tramos.

Es decir que si no se toma las correctivas necesarias el alimentador colapsara.

Las zonas de mayor afectación son: Mulaló, Joseguango bajo, Joseguango alto, Rumipamba, Macalo, Chinchil, Salatilin, Molino, Agua Clara, Avelina, San Ramón Laigua, Tandalivi.

TABLA N° 38 NIVELES DE VOLTAJE PERIODO 2016-2030

Nudo origen	Nudo destino	2016		2018		2020		2022		2024		2026		2028		2030	
		V b	V(kV)	V b	V(kV)	V b	V(kV)	V b	V(kV)	V b	V(kV)	V b	V(kV)	V b	V(kV)	V b	V(kV)
MTA_S_5457	MTA_L_5174	119,8	13,8	119,8	13,8	119,8	13,8	119,8	13,8	119,8	13,8	119,8	13,8	119,8	13,8	119,8	13,8
MTA_L_5174	MTA_L_5235	118,9	13,7	118,9	13,7	118,8	13,7	118,8	13,7	118,8	13,7	118,7	13,6	118,6	13,6	118,5	13,6
MTA_L_5235	MTA_L_5180	118,8	13,7	118,8	13,7	118,8	13,7	118,7	13,7	118,7	13,6	118,6	13,6	118,5	13,6	118,4	13,6
MTA_L_5180	MTA_L_5201	118,7	13,7	118,7	13,6	118,6	13,6	118,6	13,6	118,5	13,6	118,4	13,6	118,3	13,6	118,2	13,6
MTA_L_5201	MTA_L_5190	118,2		118,1		118		118		117,9		117,8		117,6		117,4	
MTA_L_5190	MTA_L_5191	118,2		118,1		118		118		117,9		117,8		117,6		117,4	
MTA_L_5191	MTA_L_5192	118,2		118,1		118		118		117,9		117,8		117,6		117,4	
MTA_L_5201	MTA_S_43523	118,7	13,6	118,6	13,6	118,5	13,6	118,5	13,6	118,4	13,6	118,4	13,6	118,2	13,6	118,1	13,6
MTA_S_43523	MTA_L_43523	118,5	13,6	118,5	13,6	118,4	13,6	118,3	13,6	118,3	13,6	118,2	13,6	118,1	13,6	117,9	13,6
MTA_L_43524	MTA_L_43525	117,9		117,8		117,7		117,7		117,6		117,4		117,3		117,1	
MTA_L_43523	MTA_L_43526	117,8	13,5	117,7	13,5	117,6	13,5	117,5	13,5	117,4	13,5	117,2	13,5	117	13,5	116,9	13,4
MTA_L_43526	MTA_L_43529	117,7	13,5	117,6	13,5	117,5	13,5	117,4	13,5	117,3	13,5	117,2	13,5	116,9	13,4	116,8	13,4
MTA_L_43532	MTA_L_64657	117,7	13,5	117,6	13,5	117,5	13,5	117,4	13,5	117,3	13,5	117,1	13,5	116,9	13,4	116,8	13,4
MTA_L_64657	MTA_L_43535	118,3		118,3		118,2		118,1		118,1		118		117,8		117,8	
MTA_L_64657	MTA_S_43594	117,7	13,5	117,6	13,5	117,5	13,5	117,4	13,5	117,3	13,5	117,1	13,5	116,9	13,4	116,8	13,4
MTA_S_43594	MTA_S_43534	118,3		118,3		118,2		118,1		118		117,9		117,8		117,8	
MTA_S_43534	MTA_L_43534	118,3		118,3		118,2		118,1		118		117,9		117,8		117,8	
MTA_L_43529	MTA_L_43536	117,6	13,5	117,6	13,5	117,5	13,5	117,4	13,5	117,2	13,5	117,1	13,5	116,9	13,4	116,7	13,4
MTA_L_43536	IMTA_L_43541	117,6	13,5	117,5	13,5	117,4	13,5	117,3	13,5	117,2	13,5	117,1	13,5	116,8	13,4	116,7	13,4
IMTA_L_43541	MTA_L_43544	117,5	13,5	117,4	13,5	117,3	13,5	117,2	13,5	117,1	13,5	117	13,5	116,8	13,4	116,6	13,4

ELABORADO POR: Investigadores

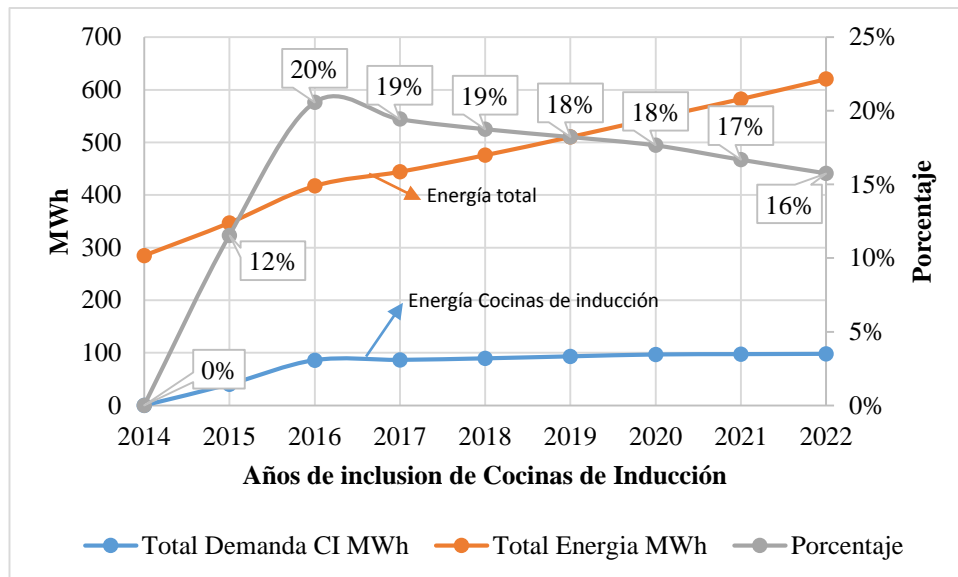
3.4.5. Propuestas de mejora

En el año 2014 se determina que no hay incidencia de las cocinas de inducción lo que implica que no existe influencia de armónicos por dicho electrodoméstico, mientras tanto que en el año 2016 ingresan masivamente las cocinas las cuales impactan el 20% de distorsión siendo este el año en el que el sistema consuma una mayor cantidad de energía eléctrica, mientras tanto en los siguientes años empieza a disminuir notablemente el ingreso de las cocinas teniendo un impacto de 16% con respecto al total de carga del alimentador.

El gráfico N° 40 indica el porcentaje que representa la inclusión del total de cocinas de inducción con respecto al total de energía anualmente registrada, notando que no

supera el 20% lo que no se considera este impacto para plantear posibles alternativas de solución ante el efecto de las armónicas por las cocinas de inducción.

GRÁFICO N° 40 PORCENTAJE ANUAL DE DISTORSIÓN POR CARGAS NO LINEALES.



ELABORADO POR: Los Investigadores.

Con los problemas determinados se plantea alternativas de solución los cuales se describe a continuación.

3.4.5.1. Alternativa 1

Balace de carga

En lo referente al alimentador es indispensable realizar el balance de carga para mejorar el nivel de voltaje en diversos tramos

La tabla N° 39 presenta los tramos que deben cambiar de fase para que se lleve a cabo esta corrección.

TABLA N° 39 BALANCE DE CARGA

Nombre del tramo	Cambio de fase (kVA)				Fase A	Fase B	Fase C	Ineutro	Pérdidas totales (kW)	Tensión Factor de deseq.
	A	B	C		(V)	(V)	(V)	(A)		
43892_MTA	a C 26,56			Antes	113,86	116,23	112,73	15,24	145,7	0,49%
				Después	114,67	115,8	112,33	18,17	144,97	0,25%
43881_MTA		a C 16,09		Antes	115,28	115,5	112,09	16,9	144,69	0,14%
				Después	115,51	115,82	111,54	20,5	145,33	0,10%
43864_MTA	a C 23,75			Antes	114,56	116,03	112,69	13,1	144,97	0,31%
				Después	115,21	115,71	112,35	18,02	144,69	0,15%
43829_MTA	a C 13,8			Antes	115,15	116,66	113,09	19,68	144,66	0,22%
				Después	115,42	116,52	112,96	22,52	144,49	0,14%
38377_MTA		a A 12,19		Antes	117,16	117,21	115,22	9,86	144,49	0,13%
				Después	117,05	117,42	115,14	7,25	144,63	0,07%
38239_MTA			a A 41,38	Antes	117,8	117,11	114,71	25,82	145,33	0,29%
				Después	117,11	117,34	115,17	21,22	144,66	0,10%
65283_MTA		a A 164,14		Antes	118,86	117,01	117,4	21,15	145,93	0,44%
				Después	118,01	118,6	116,67	20,96	145,7	0,03%

ELABORADO POR: Investigadores

Cambio de transformadores

Debido al incremento de la demanda varios transformadores se saturan por lo que la tabla N° 40 presenta los transformadores que deben ser cambiados por otro de potencia superiores. En este año se cambia el 20% del total de transformadores ya que con la inclusión de cocinas de inducción es necesario realizarlo para que el sistema se encuentre funcionando en óptimas condiciones.

A la par del incremento de potencia de los transformadores es necesario la construcción de red trifásica en una línea de 22,85 metros con conductor ACSR 3x1/0+1/0

**TABLA N° 40 TRANSFORMADORES A CAMBIAR AÑO 2016
ALTERNATIVA 1**

Nro. equipo	Carga 2016 (%)	Cap Actual (kVA)	Fase	Cap recomendada (kVA)
5142	202	5	C	10
8810	138,5	100	ABC	300
1756	203,1	15	C	50
6873	146,4	25	ABC	100
9999	269,3	10	C	50
8158	134	10	B	25

Nro. equipo	Carga 2016 (%)	Cap Actual (kVA)	Fase	Cap recomendada (kVA)
6495	176,5	15	B	37,5
9099	157	15	B	25
7348	133,5	10	B	15
3567	314,6	10	C	37,5
1773	186,3	5	B	10
5182	155,4	15	A	25
1798	156,1	10	B	15
6940	174,4	15	A	37,5
1803	332,7	10	C	37,5
6021	135,9	25	C	50
5447	268,9	10	C	25
1801	159,9	10	A	15
1234	271,1	5	A	15
6906	183,4	15	A	37,5
3588	212,3	5	A	10
1764	153,4	25	A	37,5
6917	182,7	15	A	25
1777	171,9	10	A	25
5858	190	25	A	50
7427	234,7	10	C	25
3693	160,4	10	A	15
8387	169	25	C	50
8383	204,7	15	C	37,5
8391	160,8	25	C	50
6675	212,1	10	C	25
1733	266,9	10	C	50
8733	353,9	5	C	25
9235	146,6	15	C	25
7653	155,9	10	C	25
8735	328,6	5	C	15
8731	326,8	5	C	15
8727	238,7	5	C	15
8790	183,6	10	C	25
8739	206,3	10	C	25
8409	312,7	5	C	15
5204	255,1	10	C	25
1724	144,6	10	B	15
1782	183,8	10	B	25
1721	130,7	10	B	37,5
3542	147,2	15	C	50
1704	190,8	5	A	10
1706	175,1	5	A	10
1788	154,1	10	B	15
1800	149,6	10	B	15
1802	171,7	3	C	5
1766	140,8	15	A	25
8734	150,7	5	B	10

ELABORADO POR: Investigadores

En la tabla 41 presenta los transformadores a cambiar durante el periodo 2018- 2030, que se irá incorporando al sistema conforme vaya incrementando la demanda

TABLA N° 41 TRANSFORMADORES A CAMBIAR PERIODO 2018- 2030
ALTERNATIVA 1

Nro. equipo	Carga (%)	Cap Actual (kVA)	Fase	Cap. Requerida kVA
Año 2018				
1651	135,3	10	C	50
7539	133,4	15	ABC	75
8972	133,3	30	ABC	45
Año 2020				
1759	146,7	10	C	37,5
7662	133,9	50	ABC	125
3544	134,3	15	B	50
Año 2022				
1408	151,9	30	ABC	100
1709	140,3	10	A	25
1725	130,5	50	ABC	100
Año 2026				
1752	140,1	37,5	C	50
7091	150	10	B	25
1732	136,5	15	B	25
Año 2030				
1745	149	10	B	15
6692	136,4	10	B	15

ELABORADO POR: Investigadores

Implementación de reguladores

Como se muestra en la tabla N° 38, la caída de voltaje llega a un mínimo de 13 kV, por lo que en el año 2016 se debe ubicar 2 reguladores de voltaje; El primero se debe ubicar entre el tramo 38094_MTA y 38131_MTA el cual está situado ubicado en el sector Establo de la Hacienda Limache, El segundo reglador se debe ubicar entre el tramo 43523_MTA y 43526_MTA en el sector de la Avelina

Construcción de Nuevas líneas

En el 2016 se requiere construir una línea trifásica de 580 m de longitud con conductor ACSR N° 3X2/0+1/0 entre el tramo 43705_MTA y el tramo 43599_MTA ubicado entre los sectores de la piedra colorada y santa clara.

El en 2018 se requiere construir una red trifásica de 1,5 km de longitud con conductor ACSR N° 3X1/0+1/0 ubicada en el sector de la hacienda San José.

Con los cambios propuestos en el alimentador este cumple con los parámetros establecidos, tanto por el nivel de voltaje o como por Cargabilidad de la línea. La tabla N° 42 presenta las pérdidas ocasionadas para el sistema en durante el periodo 2016- 2030

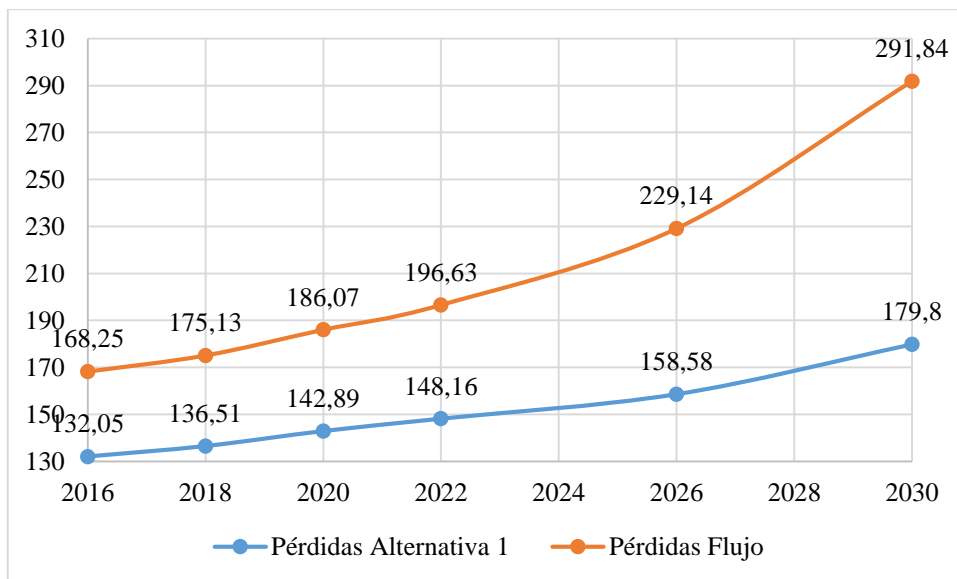
TABLA N° 42 TABLA DE RESUMEN PERIODO 2016-2030 ALTERNATIVA 1

	2016	2018	2020	2022	2026	2030
Consumo total [kW]	2830,39	2920,22	3038,52	3151,2	3419,38	3773,43
Pérdidas en las líneas	76,81	80,26	85,27	89,48	94,74	109,32
Pérdidas en los cables	0	0	0	0	0	0
Pérdidas en los transformadores	55,23	56,25	57,62	58,68	63,84	70,48
Pérdidas totales [kW]	132,05	136,51	142,89	148,16	158,58	179,8

ELABORADO POR: Investigadores

Las pérdidas en función al consumo total representan un 4,69 % respecto a los flujos anteriores que representaba el 6,25% anual, en el gráfico N° 41 se muestra la curva de pérdidas de los flujos anteriores y las pérdidas del flujo de la alternativa 1 observando una reducción del 28% de pérdida con respecto al flujo proyectado.

GRÁFICO N° 41 EVOLUCIÓN DE PERDIDAS PERÍODO 2016-2030 ALTERNATIVA 1



ELABORADO POR: Investigadores

3.4.5.2. Alternativa 2

Con el fin de encontrar la alternativa óptima se plantea la segunda alternativa en el cual se propone los siguientes cambios:

Balance de carga

Al incrementar la potencia manteniendo la conexión en las mismas fases es necesario balancear la carga por lo que en la tabla N° 43 se muestra los tramos a ser modificados para corregir el desbalance

TABLA N° 43 BALANCE DE CARGA

Nombre del tramo	Cambio de fase (kVA)				Fase A	Fase B	Fase C	Ineutro	Pérdidas totales (kW)	Tensión Factor de deseq.
	A	B	C		(V)	(V)	(V)	(A)		
43892_MTA	a C			Antes	113,86	116,23	112,73	15,24	145,7	0,49%
	26,56			Después	114,67	115,8	112,33	18,17	144,97	0,25%
43881_MTA		a C		Antes	115,28	115,5	112,09	16,9	144,69	0,14%
		16,09		Después	115,51	115,82	111,54	20,5	145,33	0,10%
43864_MTA	a C			Antes	114,56	116,03	112,69	13,1	144,97	0,31%
	23,75			Después	115,21	115,71	112,35	18,02	144,69	0,15%
43829_MTA	a C			Antes	115,15	116,66	113,09	19,68	144,66	0,22%
	13,8			Después	115,42	116,52	112,96	22,52	144,49	0,14%
38377_MTA		a A		Antes	117,16	117,21	115,22	9,86	144,49	0,13%
		12,19		Después	117,05	117,42	115,14	7,25	144,63	0,07%
38239_MTA			a A	Antes	117,8	117,11	114,71	25,82	145,33	0,29%
			41,38	Después	117,11	117,34	115,17	21,22	144,66	0,10%
65283_MTA		a A		Antes	118,86	117,01	117,4	21,15	145,93	0,44%
		164,14		Después	118,01	118,6	116,67	20,96	145,7	0,03%

ELABORADO POR: Investigadores

Cambio de transformadores

La tabla N° 44 presenta los códigos y potencias de los transformadores a ser cambiados durante el año 2016. En la cantidad de transformadores a ser cambiados representa el 20% del total de transformadores

TABLA N° 44 TRANSFORMADORES A CAMBIAR AÑO 2016
ALTERNATIVA 2

Nro. equipo	Carga 2016 (%)	Cap Nom (kVA)	Fase	Cap cambiada (kVA)
5142	202	5	C	10
8810	138,5	100	ABC	300

Nro. equipo	Carga 2016 (%)	Cap Nom (kVA)	Fase	Cap cambiada (kVA)
1756	203,1	15	C	50
6873	146,4	25	ABC	100
9999	269,3	10	C	50
8158	134	10	B	25
6495	176,5	15	B	37,5
9099	157	15	B	25
7348	133,5	10	B	15
3567	314,6	10	C	37,5
1773	186,3	5	B	10
5182	155,4	15	A	25
1798	156,1	10	B	15
6940	174,4	15	A	37,5
1803	332,7	10	C	37,5
6021	135,9	25	C	50
5447	268,9	10	C	25
1801	159,9	10	A	15
1234	271,1	5	A	15
6906	183,4	15	A	37,5
3588	212,3	5	A	10
1764	153,4	25	A	37,5
6917	182,7	15	A	25
1777	171,9	10	A	25
5858	190	25	A	50
7427	234,7	10	C	25
3693	160,4	10	A	15
8387	169	25	C	50
8383	204,7	15	C	37,5
8391	160,8	25	C	50
6675	212,1	10	C	25
1733	266,9	10	C	50
8733	353,9	5	C	25
9235	146,6	15	C	25
7653	155,9	10	C	25
8735	328,6	5	C	15
8731	326,8	5	C	15
8727	238,7	5	C	15
8790	183,6	10	C	25
8739	206,3	10	C	25
8409	312,7	5	C	15
5204	255,1	10	C	25
1724	144,6	10	B	15
1782	183,8	10	B	25
1721	130,7	10	B	37,5
3542	147,2	15	C	50
1704	190,8	5	A	10
1706	175,1	5	A	10
1788	154,1	10	B	15
1800	149,6	10	B	15
1802	171,7	3	C	5
1766	140,8	15	A	25
8734	150,7	5	B	10

ELABORADO POR: Investigadores

Los cambios por transformadores que presenta sobrecarga durante los años 2018 - 2030 se muestra en la tabla N° 45 con las capacidades requeridas para su correcto funcionamiento.

TABLA N° 45 TRANSFORMADORES A CAMBIAR PERIODO 2018- 2030
ALTERNATIVA 2

Nro. equipo	Carga (%)	Cap Actual (kVA)	Fase	Cap. Requerida kVA
Año 2018				
1651	135,3	10	C	50
7539	133,4	15	ABC	75
8972	133,3	30	ABC	45
Año 2020				
1759	146,7	10	C	37,5
7662	133,9	50	ABC	125
3544	134,3	15	B	50
Año 2022				
1408	151,9	30	ABC	100
1709	140,3	10	A	25
1725	130,5	50	ABC	100
Año 2026				
1752	140,1	37,5	C	50
7091	150	10	B	25
1732	136,5	15	B	25
Año 2030				
1745	149	10	B	15
6692	136,4	10	B	15

ELABORADO POR: Investigadores

Implementación de reguladores

En el año 2016 se debe colocar 3 regulador 1φ de voltaje entre el tramo 38131_MTA y 38330_MTA ubicada en la Hacienda Limache, el segundo regulador se ubicó en la derivación del tramo 43664_MTA ubicado en el sector de Joseguango bajo.

Construcción de nuevas líneas

En el año 2016 se construye una línea trifásica de 500 metros de longitud, con conductor ACSR N° 3X2/0+1/0, entre el tramo 43705_MTA y el tramo 43599_MTA ubicada entre los sectores de la piedra colorada y Santa clara.

Se construye una línea trifásica de 800 metros de longitud con conductor ACSR N° 3x2/0 + 1/0, entre el tramo 48446_MTA y la salida 1 de la S/E ubicada entre la Hacienda San José y la S/E Mulaló.

En el 2018 se construye una línea de 1,2 km de red trifásica, con conductor 3X1/0 +1/0 desde el tramo 43740_MTA hasta el tramo 48336_MTA, ubicada por la hacienda san José. Adicionalmente en el año 2030, se cambia 2,5 km de red monofásica de conductor 1X1/0+1/0 desde el tramo 65283_MTA hasta el tramo 38177_MTA ubicada en el sector de Rumipamba de cruces hasta Rumipamba.

Con los cambios sugeridos en el alimentador se tiene sistema que cumple con los parámetros establecidos en la regulación vigente prestando un servicio de calidad para los usuarios conectados a la red. En la tabla N° 46 se presenta las pérdidas ocasionadas para el sistema en durante el periodo 2016- 2030

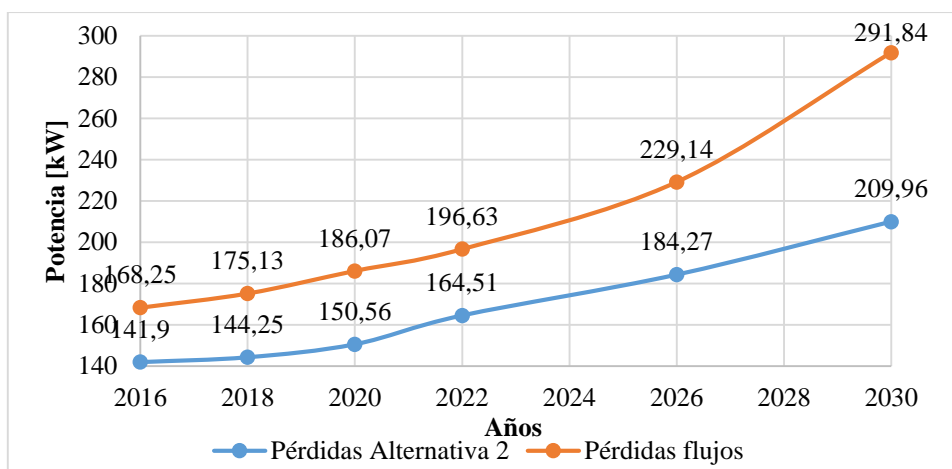
TABLA N° 46 TABLA DE RESUMEN PERIODO 2016-2030 ALTERNATIVA 2

	2016	2018	2020	2022	2026	2030
Consumo Total [kW]	2811,79	2899,92	3010,94	3123,38	3391,07	3739,67
Pérdidas en las líneas	58,41	60,14	57,84	61,78	66,38	75,3
Pérdidas en los cables	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Pérdidas en los transformadores	55,03	56,07	57,47	58,55	63,88	70,73
Pérdidas totales [kW]	113,45	116,21	115,31	120,34	130,27	146,04

ELABORADO POR: Investigadores

Las pérdidas en función del consumo total representan un 3,91% anual respecto a los flujos anteriores que representaba el 6,25% anual en el gráfico N° 42 se presenta la curva de pérdidas con la alternativa 2 y con relación a las pérdidas de flujo proyectado representa en un una reducción del 40%.

GRÁFICO N° 42 EVOLUCIÓN DE PERDIDAS PERÍODO 2016-20130
ALTERNATIVA 2



ELABORADO POR: Investigadores

3.4.5.3. Alternativa 3

Una tercera propuesta es la que se describe a continuación:

Balance de carga

Como medida de corrección se realiza el balance de carga como se muestra en la tabla N° 47 presentando los tramos a ser modificados para corregir el desbalance.

TABLA N° 47 BALANCE DE CARGA

Nombre del tramo	Cambio de fase (kVA)				Fase A	Fase B	Fase C	Ineutro	Pérdidas totales (kW)	Tensión Factor de deseq.
	A	B	C		(V)	(V)	(V)	(A)		
43892_MTA	a C 26,56			Antes	113,86	116,23	112,73	15,24	145,7	0,49%
				Después	114,67	115,8	112,33	18,17	144,97	0,25%
43881_MTA		a C 16,09		Antes	115,28	115,5	112,09	16,9	144,69	0,14%
				Después	115,51	115,82	111,54	20,5	145,33	0,10%
43864_MTA	a C 23,75			Antes	114,56	116,03	112,69	13,1	144,97	0,31%
				Después	115,21	115,71	112,35	18,02	144,69	0,15%
43829_MTA	a C 13,8			Antes	115,15	116,66	113,09	19,68	144,66	0,22%
				Después	115,42	116,52	112,96	22,52	144,49	0,14%
38377_MTA		a A 12,19		Antes	117,16	117,21	115,22	9,86	144,49	0,13%
				Después	117,05	117,42	115,14	7,25	144,63	0,07%
38239_MTA			a A 41,38	Antes	117,8	117,11	114,71	25,82	145,33	0,29%
				Después	117,11	117,34	115,17	21,22	144,66	0,10%
65283_MTA		a A 164,14		Antes	118,86	117,01	117,4	21,15	145,93	0,44%
				Después	118,01	118,6	116,67	20,96	145,7	0,03%

ELABORADO POR: Investigadores

Cambio de transformadores

La tabla N° 48 presenta los 53 transformadores con diversas capacidades que se requiere sustituirlas en el año 2016.

TABLA N° 48 TRANSFORMADORES A CAMBIAR AÑO 2016
ALTERNATIVA 3

Nro. equipo	Carga 2016 (%)	Cap Actual (kVA)	Fase	Cap Requerida (kVA)
5142	202	5	C	10
8810	138,5	100	ABC	300
1756	203,1	15	C	50
6873	146,4	25	ABC	100
9999	269,3	10	C	50
8158	134	10	B	25
6495	176,5	15	B	37,5
9099	157	15	B	25
7348	133,5	10	B	15
3567	314,6	10	C	37,5
1773	186,3	5	B	10
5182	155,4	15	A	25
1798	156,1	10	B	15
6940	174,4	15	A	37,5
1803	332,7	10	C	37,5
6021	135,9	25	C	50
5447	268,9	10	C	25
1801	159,9	10	A	15
1234	271,1	5	A	15
6906	183,4	15	A	37,5
3588	212,3	5	A	10
1764	153,4	25	A	37,5
6917	182,7	15	A	25
1777	171,9	10	A	25
5858	190	25	A	50
7427	234,7	10	C	25
3693	160,4	10	A	15
8387	169	25	C	50
8383	204,7	15	C	37,5
8391	160,8	25	C	50
6675	212,1	10	C	25
1733	266,9	10	C	50
8733	353,9	5	C	25
9235	146,6	15	C	25
7653	155,9	10	C	25
8735	328,6	5	C	15
8731	326,8	5	C	15
8727	238,7	5	C	15
8790	183,6	10	C	25
8739	206,3	10	C	25
8409	312,7	5	C	15
5204	255,1	10	C	25
1724	144,6	10	B	15
1782	183,8	10	B	25

Nro. equipo	Carga 2016 (%)	Cap Nom (kVA)	Fase	Cap cambiada (kVA)
1721	130,7	10	B	37,5
3542	147,2	15	C	50
1704	190,8	5	A	10
1706	175,1	5	A	10
1788	154,1	10	B	15
1800	149,6	10	B	15
1802	171,7	3	C	5
1766	140,8	15	A	25
8734	150,7	5	B	10

ELABORADO POR: Investigadores

La tabla N° 49 presenta los transformadores en sobrecarga desde el periodo 2018- 2030 mostrando la capacidad requerida a ser cambiada para un óptimo funcionamiento del sistema.

TABLA N° 49 TRANSFORMADORES A CAMBIAR PERIODO 2018- 2030
ALTERNATIVA 2

Nro. equipo	Carga (%)	Cap Actual (kVA)	Fase	Cap. Requerida kVA
Año 2018				
1651	135,3	10	C	50
7539	133,4	15	ABC	75
8972	133,3	30	ABC	45
Año 2020				
1759	146,7	10	C	37,5
7662	133,9	50	ABC	125
3544	134,3	15	B	50
Año 2022				
1408	151,9	30	ABC	100
1709	140,3	10	A	25
1725	130,5	50	ABC	100
Año 2026				
1752	140,1	37,5	C	50
7091	150	10	B	25
1732	136,5	15	B	25
Año 2030				
1745	149	10	B	15
6692	136,4	10	B	15

ELABORADO POR: Investigadores

Implementación de reguladores

De acuerdo a la tabla N° 38, muestra un bajo voltaje el cual se debe corregir mediante reguladores de voltaje.

Se debe instalar reguladores de voltaje, el primer regulador se instaló en los tramos 59438_MTA y 38085_MTA en el sector de establos de Limache y el segundo regulador de voltaje se instaló en los tramos 5201_MTA y 5238_MTA, con el fin de mejorar el voltaje en el lado sur del alimentador.

Adicionalmente en el 2030 se instaló un nuevo regulador en los tramos 38554_MTA y 38206_MTA ubicado en el sector de la Escuela Juan Pío Montufar

Construcción de nuevas líneas

Para solucionar la caída de voltaje en el año 2016 se construye 220 metros de red trifásica en el tramo 43738_MTA con conductor 3X2/0+1/0 ubicado en el sector de la Escuela M. #6, adicionalmente se construye una red monofásica de 730 metros de longitud entre el tramo MTA_L_46733 y el MTA_L_43656, con conductor ACSR 1X 1/0 +1/0 ubicado en el sector de Joseguango bajo.

En el 2018 se creó una nueva línea de conductor 3 km de conductor ACSR N° 1X1/0+1/0 2 desde el nodo MTA_L_43677 hasta el nodo MTA_S_38441 ubicado en el sector de Chinchil. La tabla N° 50 presenta los resultados de los flujos de carga realizados durante el período 2016-2030 observando la producción total y las pérdidas ocasionadas en el sistema

TABLA N° 50 TABLA DE RESUMEN PERIODO 2016-2030 ALTERNATIVA 3

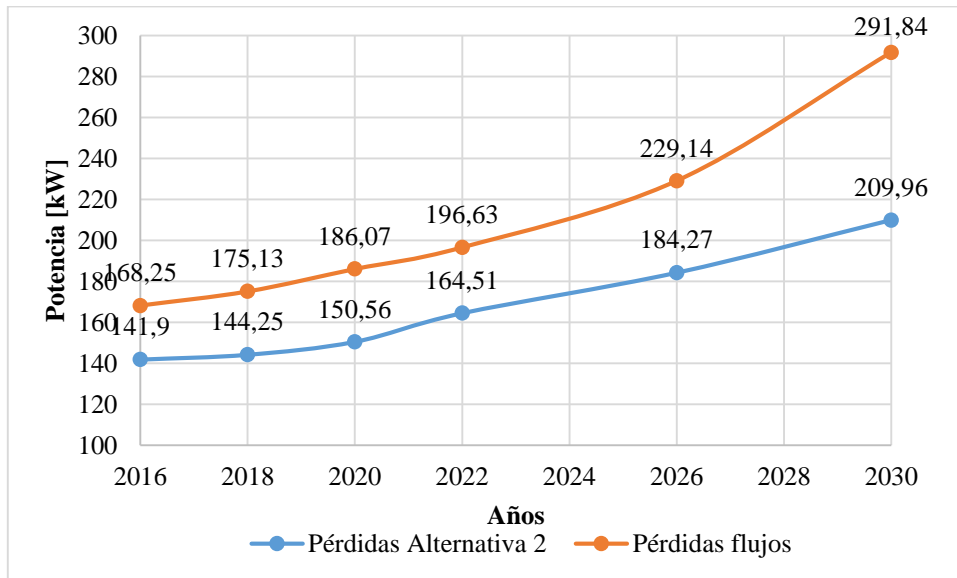
	2016	2018	2020	2022	2026	2030
Consumo Total [kW]	2840,12	2988,43	3080,82	3292,38	3391,07	3951,57
Pérdidas en las líneas	85,6	86,32	89,69	99,26	112,38	126,61
Pérdidas en los cables	0,01	0	0	0	0,01	0
Pérdidas en los transformadores	56,29	57,92	60,87	65,25	71,88	83,35
Pérdidas Totales [kW]	141,9	144,25	150,56	164,51	184,27	209,96

ELABORADO POR: Investigadores

Las pérdidas en función del consumo total representan un 5,08% anual con respecto a los flujos anteriores que representaba el 6,25% anual en el gráfico N° 43 presenta

la curva de pérdidas de los flujos anteriores y las pérdidas del flujo de la alternativa 3 observando una reducción considerable del 20% de pérdida debido a la Cargabilidad de los transformadores, construcción de nuevos tramos y ubicación de reguladores en el alimentador.

GRÁFICO N° 43 EVOLUCIÓN DE PERDIDAS PERÍODO 2016-2030
ALTERNATIVA 3



ELABORADO POR: Investigadores

3.4.6. Factibilidad técnica

Con los resultados obtenidos de las propuestas planteadas, mediante la construcción de nuevas redes, cambio de transformadores, cambio de calibre de conductor, balance de carga e instalación de reguladores en los tramos de la red, se mejora la Cargabilidad de los transformadores y los niveles de voltaje se mantiene dentro de la norma establecida ya descrita, la tabla N° 51 presenta las mejoras realizadas mediante ítems de las alternativas planteadas.

TABLA N° 51 RESUMEN DE ALTERNATIVAS PLANTEADAS

Años de proyección	Alternativa 1						Alternativa 2						Alternativa 3					
	2016	2018	2020	2022	2026	2030	2016	2018	2020	2022	2026	2030	2016	2018	2020	2022	2026	2030
Balace de carga	Si						Si						Si					
Cambio de transformadores	Si	Si	Si	Si		Si	Si	Si	Si	Si		Si	Si	Si	Si	Si		Si
Instalación de reguladores	Si						Si						Si	Si				Si
Construcción de líneas	Si	Si					Si	Si				Si	Si					Si

ELABORADO POR: Investigadores

De la misma manera de las mediciones realizadas se determina el nivel de los armónicos en el alimentador por incorporación masiva de cocinas de inducción. Estos no sobrepasan los niveles recomendados por las normas.

La tabla N° 52 presenta las pérdidas producidas durante la operación del sistema lo cual se observa que el incremento es notable conforme avanza la proyección

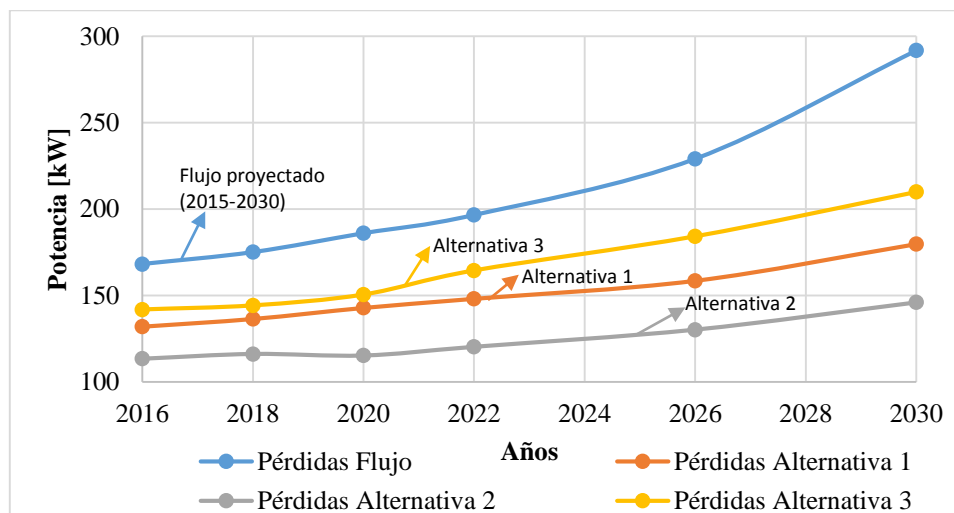
TABLA N° 52 PÉRDIDAS POR ALTERNATIVA EN [KW]

	2016	2018	2020	2022	2026	2030
Pérdidas flujo proyectado [kW]	168,25	175,13	186,07	196,63	229,14	291,84
Pérdidas Alternativa 1 [kW]	132,05	136,51	142,89	148,16	158,58	179,8
Pérdidas Alternativa 2 [kW]	113,45	116,21	115,31	120,34	130,27	146,04
Pérdidas Alternativa 3 [kW]	141,9	144,25	150,56	164,51	184,27	209,96

ELABORADO POR: Investigadores

El gráfico N° 44 presenta las pérdidas de las alternativas planteadas y las pérdidas de los flujos de potencia realizada con las respectivas proyecciones, notando que la alternativa 2 representa el 3,91% anual, con respecto a las demás alternativas que presenta un valor más elevado en pérdidas.

GRÁFICO N° 44 PERDIDAS MEDIANTE ALTERNATIVAS PLANTEADAS



ELABORADO POR: Investigadores

3.4.7. Factibilidad Económica

El factor económico es uno de los principales parámetros al momento de elegir algún proyecto, a continuación se describe costos totales de inversión que se requiere para las alternativas planteadas en este estudio.

La tabla N° 53 presenta el presupuesto requerido para la alternativa 1, el costo total de esta alternativa planteada con la descripción de cada elemento se lo puede observar en el anexo N° 15

TABLA N° 53 DESCRIPCIÓN ELEMENTOS REQUERIDOS ALTERNATIVA 1

LISTA DE MATERIALES			PRESUPUESTO No.: CON-2015- 471		
PROYECTO : REFORZAMIENTO ALIMENTADOR MLS1 ALTERNATIVA 1					
CODIGO ITEM	DESCRIPCIÓN	UNI.	CANTIDAD	PREC.UNIT.	PREC.TOTAL
POSTES TORRES Y ACCESORIOS					
01C0102005	CABLE COBRE DESNUDO N°2	MTS	960	3,85	3.696,00
01C0103002	CABLE ACERO TENSOR 3/8	MTS	260	1,13	293,8
02A0103001	ABRAZ. PERNO CENT. SIMP. 5 1/2	UNI	98	4,43	434,14
02A0104001	ABRAZ. PERNO CENT.DOUBLE 5 1/2	UNI	5	5,84	29,2
02A0105001	ABRAZ. EXT. CADENA SIMP. 5 1/2	UNI	7	6,23	43,61
02A0106001	ABRAZ. EXT. CADENA DOBLE 5 1/2	UNI	2	7,5	15
02A0201001	AISLADOR PIN ANSI 55-4	UNI	51	6,55	334,05
02A0203007	AISLADOR DE SUSPENSION POLIMER	UNI	29	16,22	470,38
02A0204002	AISLADOR DE RETENIDA ANSI 54-2	UNI	10	3,7	37
02B0801002	BLOQUE DE ANCLAJE DE 40X30X20	UNI	10	8,73	87,3
02C0208008	CONEC. WEJTAP 2 CU 2 CON BALA	UNI	169	3,63	613,47
02C0301001	CINTA DE ARMAR 5 MM.	MTS	75	0,6	45
02C0401005	CRUCETA HIERRO "L" 2 MTS.	UNI	13	41,06	533,78
02C0401023	CRUCETA HIERRO 1MTS	UNI	53	26,43	1.400,79
02C0401050	CRUCETA EN L 3/16"X7CMX150CM.	UNI	4	31,15	124,6
02G0102006	GRAPA ANG.SIM. NGK ALUM 2 1/0	UNI	1	13,87	13,87
02G0301003	GUARDACABOS 3/8"	UNI	20	0,65	13
02H0101001	HORQUILLA ANCLA 5/8 GUARD 1/2"	UNI	28	4,41	123,48
02P0101001	PERNO "U" 5/8X70 CRUCETA HIERR	UNI	60	2,88	172,8
02P0102003	PERNO DE OJO 5/8 X 12"	UNI	6	5,26	31,56
02P0102004	PERNO DE OJO 5/8 X 14"	UNI	6	5,55	33,3
02P0103001	PERNO ESPARRAGO DE 5/8 X 12"	UNI	2	3,93	7,86
02P0103003	PERNO ESPARRAGO DE 5/8 X 14"	UNI	6	4,5	27

02P0104002	PERNO MAQUINA 1/2 X 1 1/2	UNI	70	0,62	43,4
02P0105006	PERNO PIN ESPIGA 3/4	UNI	27	5,76	155,52
02P0106004	PERNO PUNTA POSTE SIMPLE 3/4	UNI	22	9,95	218,9
02P0106005	PERNO PUNTA POSTE DOBLE 3/4	UNI	1	12,1	12,1
02P0201008	PIE AMIGO ANGULO 1/D 4X4X0.60	UNI	53	5,54	293,62
02P0201013	PIE AMIGO ANGULO IZ Y DER 1,45	UNI	17	16,52	280,84
02P0302001	PREFORM. TERMINAL N. 2 DG4542	UNI	28	2,38	66,64
02P0302003	PREFORM. TERMINAL N 1/0 DG4544	UNI	28	2,55	71,4
02P0303001	PREFORMADO CABLE TENSOR N 3/8	UNI	40	4,42	176,8
02P0501019	POSTE HORMIGON 12 MTS X 500 KG	UNI	42	264	11.088,00
02S0102001	SECC. PORTAFUSIB. 15 KV 100 AM	UNI	53	107,35	5.689,55
02T0101001	TUERCA DE OJO 5/8"	UNI	6	2,03	12,18
02V0101002	VARILLA COPERWELD	UNI	128	8,4	1.075,20
02V0102003	VARILLA ANCLAJE 5/8X2.0 ARANDE	UNI	10	11,32	113,2
04P0101002	PARARRAYO DE 10 KV	UNI	38	82,82	3.147,16
04T0101002	TIRAFUSIBLE DE 1 AMP	UNI	53	2,5	132,5
06S0201003	SUELDA EXOTERMICA N.65	UNI	128	4,02	514,56
CONDUCTORES AEREOS					
01C0201004	CONDUCTOR DE ALUMINIO ACSR #1/0	MTS	5.400	0,85	4.590,00
***** TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN					
01C0102004	CABLE COBRE AISLADO 1/0	MTS	484	9,42	4.559,28
01C0102005	CABLE COBRE DESNUDO N°2	MTS	120	3,85	462
02A0107004	ABRAZADERA TRANSFORMADOR 5 1/2	UNI	98	9,18	899,64
02B0301006	BASE PORTAFUSIBLE 250 AM CON T	UNI	39	13,98	545,22
02C0101002	CAPACETA GALVANIZADA TRIFASICA	UNI	13	26,7	347,1
02C0214003	CONECTOR DP7 DOBLE DENTADO HER	UNI	190	3,88	737,2
02C0214013	CONEC.WEJTAP 1/0-CU#2 51725 BA	UNI	76	3,81	289,56
02C0214014	CONEC.WEJTAP 1/0 CU2/0-2 92001	UNI	13	4,87	63,31
02C0216009	CONECTOR CUÑA CON ESTRIBO	UNI	39	8,85	345,15
02C0216011	CONECTOR CUÑA ESTRIBO PARA N.2	UNI	46	11,51	529,46
02C0401016	CRUCETA HIERRO L 75X75X6MX2.4M	UNI	57	34,22	1.950,54
02G0101001	GRAPA DERIVACION EN CALIENTE	UNI	85	11,44	972,4
02P0101001	PERNO "U" 5/8X70 CRUCETA HIERR	UNI	26	2,88	74,88
02P0103002	PERNO ESPARRAGO DE 5/8 X 16"	UNI	24	3,85	92,4
02P0103003	PERNO ESPARRAGO DE 5/8 X 14"	UNI	52	4,5	234
02P0107001	PERNO CADMIADO DE 3/8 X 1 1/2	UNI	78	0,46	35,88
02T0203003	TERMINAL DE COBRE EN L.SLU 175	UNI	6	4,31	25,86
02T0209001	TERMINAL TIPO SLU -225	UNI	72	4,68	336,96
03R0101008	REGULADOR VOLTAJE 38KVA 7620/	UNI	6	18.400,00	110.400,00
03T0108006	TRAN MONOF 5KVA T. CSP 13800V	UNI	1	1.015,94	1.015,94
03T0109007	TRAN MONOF 10KVA 13800V T. CSP	UNI	5	1.203,65	6.018,25
03T0110006	TRAN MONOF 15KVA 13800V T. CSP	UNI	13	1.300,08	16.901,04
03T0111007	TRAN MONOF 25KVA 13.800 T.CSP	UNI	18	1.609,05	28.962,90
03T0112005	TRAN MON 37,5KVA 13800V T.CSP	UNI	9	2.020,15	18.181,35
03T0137004	TRAN TRIFASICO 45KVA 13800CON	UNI	1	2.644,35	2.644,35
03T0138003	TRAN TRIFASICO 50KVA 13800V CO	UNI	8	2.771,80	22.174,40
03T0140001	TRAN TRIFASICO 75KVA 13800V	UNI	1	3.231,70	3.231,70
03T0142006	TRAN TRIFASICO 100KVA 13800V	UNI	2	3.555,69	7.111,38
03T0164002	TRAN TRIFASICO 125KVA 13800V	UNI	1	5.360,15	5.360,15

TOTAL MATERIALES

270.764,86

ELABORADO POR: Investigadores

La tabla N° 54 presenta el presupuesto requerido para la alternativa 2, el costo total de esta alternativa planteada con la descripción de cada elemento se lo puede observar en el anexo N° 16

TABLA N° 54 DESCRIPCIÓN ELEMENTOS REQUERIDOS ALTERNATIVA 2

LISTA DE MATERIALES		PRESUPUESTO No.: CON-2015- 471	
PROYECTO : REFORZAMIENTO ALIMENTADOR MLS1 ALTERNATIVA 2		UNL.	PREC.TOTAL
CODIGO ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PREC.UNIT.
POSTES TORRES Y ACCESORIOS			
01C0102005	CABLE COBRE DESNUDO N°2	MTS	975
01C0103002	CABLE ACERO TENSOR 3/8	MTS	264
02A0101002	ABRAZ. SIMPLE DE 6 1/2 RACK	UNI	47
02A0102002	ABRAZ. DOBLE DE 6 1/2 RACK	UNI	5
02A0103001	ABRAZ. PERNO CENT. SIMP. 5 1/2	UNI	202
02A0104001	ABRAZ. PERNO CENT.DOUBLE 5 1/2	UNI	14
02A0105001	ABRAZ. EXT. CADENA SIMP. 5 1/2	UNI	15
02A0106001	ABRAZ. EXT. CADENA DOBLE 5 1/2	UNI	2
02A0201001	AISLADOR PIN ANSI 55-4	UNI	166
02A0202001	AISLADOR ROLLO ANSI 53-2	UNI	57
02A0203007	AISLADOR DE SUSPENSION POLIMER	UNI	55
02A0204002	AISLADOR DE RETENIDA ANSI 54-2	UNI	12
02B0401001	BASTIDORES DE UNA VIA	UNI	57
02B0801002	BLOQUE DE ANCLAJE DE 40X30X20	UNI	12
02C0208008	CONEC WEJTAP 2 CU 2 CON BALA	UNI	273
02C0301001	CINTA DE ARMAR 5 MM.	MTS	276
02C0401005	CRUCETA HIERRO "L" 2 MTS.	UNI	58
02C0401023	CRUCETA HIERRO 1MTS	UNI	93
02C0401050	CRUCETA EN L 3/16"X7CMX150CM.	UNI	4
02G0301003	GUARDACABOS 3/8"	UNI	20
02H0101001	HORQUILLA ANCLA 5/8 GUARD 1/2"	UNI	55
02P0101001	PERNO "U" 5/8X70 CRUCETA HIERR	UNI	127
02P0102003	PERNO DE OJO 5/8 X 12"	UNI	24
02P0102004	PERNO DE OJO 5/8 X 14"	UNI	6
02P0103001	PERNO ESPARRAGO DE 5/8 X 12"	UNI	8
02P0103003	PERNO ESPARRAGO DE 5/8 X 14"	UNI	18
02P0104002	PERNO MAQUINA 1/2 X 1 1/2	UNI	155
02P0105006	PERNO PIN ESPIGA 3/4	UNI	126
02P0106004	PERNO PUNTA POSTE SIMPLE 3/4	UNI	30
02P0106005	PERNO PUNTA POSTE DOBLE 3/4	UNI	5
02P0201008	PIE AMIGO ANGULO I/D 4X4X0.60	UNI	93
02P0201013	PIE AMIGO ANGULO IZ Y DER 1.45	UNI	62
02P0302001	PREFORM. TERMINAL N. 2 DG4542	UNI	77
02P0302003	PREFORM. TERMINAL N 1/0 DG4544	UNI	19
02P0303001	PREFORMADO CABLE TENSOR N 3/8	UNI	44
02P0501019	POSTE HORMIGON 12 MTS X 500 KG	UNI	98
02S0102001	SECC. PORTAFUSIB. 15 KV 100 AM	UNI	93
02T0101001	TUERCA DE OJO 5/8"	UNI	6
02V0101002	VARILLA COPERWELD	UNI	130
02V0102003	VARILLA ANCLAJE 5/8X2.0 ARANDE	UNI	12
04P0101002	PARARRAYO DE 10 KV	UNI	75
04T0101002	TIRAFUSIBLE DE 1 AMP	UNI	93
06S0201003	SUELDA EXOTERMICA N.65	UNI	130
***** CONDU			
CTORES AEREOS			
01C0201004	CONDUCTOR ALUMINIO ACSR # 1/0	MTS	5.000
01C0201022	CONDUCTOR ALUMNIO ACSR 2/0	MTS	9.600
***** TRANS			
FORMADORES DE DISTRIBUCION			
01C0102004	CABLE COBRE AISLADO 1/0	MTS	452
01C0102005	CABLE COBRE DESNUDO N°2	MTS	120
02A0107004	ABRAZADERA TRANSFORMADOR 5 1/2	UNI	114
02B0301006	BASE PORTAFUSIBLE 250 AM CON T	UNI	15
02C0101002	CAPACETA GALVANIZADA TRIFASICA	UNI	5
02C0214003	CONECTOR DP7 DOBLE DENTADO HER	UNI	182
02C0214013	CONEC WEJTAP 1/0-CU#2 51725 BA	UNI	84
02C0214014	CONEC WEJTAP 1/0 CU2/0-2 92001	UNI	5
02C0216009	CONECTOR CUNA CON ESTRIBO	UNI	15
02C0216011	CONECTOR CUNA ESTRIBO PARA N.2	UNI	54
02C0401016	CRUCETA HIERRO L 75X75X6MX2-4M	UNI	33
02G0101001	GRAPA DERIVACION EN CALIENTE	UNI	69
02P0101001	PERNO "U" 5/8X70 CRUCETA HIERR	UNI	10
02P0103002	PERNO ESPARRAGO DE 5/8 X 16"	UNI	24
02P0103003	PERNO ESPARRAGO DE 5/8 X 14"	UNI	20
02P0107001	PERNO CADMIADO DE 3/8 X 1 1/2	UNI	30
02T0203003	TERMINAL DE COBRE EN L SLU 175	UNI	6
02T0209001	TERMINAL TIPO SLU-225	UNI	24
03R0101008	REGULADOR VOLTAJE 38KVA 7620/	UNI	6
03T0108006	TRAN MONOF 5KVA T. CSP 13800V	UNI	1
03T0109007	TRAN MONOF 10KVA 13800V T. CSP	UNI	5
03T0110006	TRAN MONOF 15KVA 13800V T. CSP	UNI	13
03T0111007	TRAN MONOF 25KVA 13.800 T.CSP	UNI	18
03T0112005	TRAN MON 37.5KVA 13800V T.CSP	UNI	9
03T0113003	TRAN MON. 50KVA 13800V T. CSP	UNI	8
03T0137004	TRAN TRIFASICO 45KVA 13800CON	UNI	1
03T0142006	TRAN TRIFASICO 100KVA 13800V	UNI	3
03T0164002	TRAN TRIFASICO 125KVA 13800V	UNI	1

TOTAL MATERIALES

306.402,17

ELABORADO POR: Investigadores

La tabla N° 55 presenta el presupuesto requerido para la alternativa 3, el costo total de esta alternativa planteada con la descripción de cada elemento se lo puede observar en el anexo N° 17

TABLA N° 55 DESCRIPCIÓN ELEMENTOS REQUERIDOS ALTERNATIVA 3

LISTA DE MATERIALES						
PROYECTO: REFORZAMIENTO ALIMENTADOR MLS1 ALTERNATIVA 3 PRESUPUESTO No.: CON-2015- 471						
CODIGO ITEM	DESCRIPCIÓN	UNI.	CANTIDAD	PREC.UNIT.	PREC.TOTAL	
POSTES TORRES Y ACCESORIOS						
01C0102005	CABLE COBRE DESNUDO N°2	MTS	1.035	3,85	3.984,75	
01C0103002	CABLE ACERO TENSOR 3/8	MTS	520	1,13	587,6	
02A0101002	ABRAZ. SIMPLE DE 6 1/2 RACK	UNI	39	4,6	179,4	
02A0102002	ABRAZ. DOBLE DE 6 1/2 RACK	UNI	3	4,98	14,94	
02A0103001	ABRAZ. PERNO CENT. SIMP. 5 1/2	UNI	215	4,43	952,45	
02A0104001	ABRAZ. PERNO CENT.DOBLE 5 1/2	UNI	2	5,84	11,68	
02A0105001	ABRAZ. EXT. CADENA SIMP. 5 1/2	UNI	10	6,23	62,3	
02A0106001	ABRAZ. EXT. CADENA DOBLE 5 1/2	UNI	4	7,5	30	
02A0201001	AISLADOR PIN ANSI 55-4	UNI	75	6,55	491,25	
02A0202001	AISLADOR ROLLO ANSI 53-2	UNI	45	1,22	54,9	
02A0203007	AISLADOR DE SUSPENSION POLIMER	UNI	24	16,22	389,28	
02A0204002	AISLADOR DE RETENIDA ANSI 54-2	UNI	20	3,7	74	
02B0401001	BASTIDORES DE UNA VIA	UNI	45	2,75	123,75	
02B0801002	BLOQUE DE ANCLAJE DE 40X30X20	UNI	20	8,73	174,6	
02C0208008	CONEC.WEJTAP 2 CU 2 CON BALA	UNI	311	3,63	1.128,93	
02C0301001	CINTA DE ARMAR 5 MM.	MTS	198	0,6	118,8	
02C0401005	CRUCETA HIERRO "L" 2 MTS.	UNI	6	41,06	246,36	
02C0401023	CRUCETA HIERRO 1MTS	UNI	120	26,43	3.171,60	
02E0201001	ESLABON EN "U" CON PASADOR 5/8	UNI	6	1,58	9,48	
02G0301003	GUARDACABOS 3/8"	UNI	40	0,65	26	
02H0101001	HORQUILLA ANCLA 5/8 GUARD 1/2"	UNI	24	4,41	105,84	
02P0101001	PERNO "U" 5/8X70 CRUCETA HIERR	UNI	122	2,88	351,36	
02P0102004	PERNO DE OJO 5/8 X 14"	UNI	6	5,55	33,3	
02P0103003	PERNO ESPARRAGO DE 5/8 X 14"	UNI	2	4,5	9	
02P0104002	PERNO MAQUINA 1/2 X 1 1/2	UNI	132	0,62	81,84	
02P0105006	PERNO PIN ESPIGA 3/4	UNI	4	5,76	23,04	
02P0106004	PERNO PUNTA POSTE SIMPLE 3/4	UNI	61	9,95	606,95	
02P0106005	PERNO PUNTA POSTE DOBLE 3/4	UNI	5	12,1	60,5	
02P0201007	PIE AMIGO ANG.IZQUI Y DER 0,70	UNI	12	8,27	99,24	
02P0201008	PIE AMIGO ANGULO 1/D 4X4X0,60	UNI	120	5,54	664,8	
02P0302001	PREFORM. TERMINAL N. 2 DG4542	UNI	42	2,38	99,96	
02P0302003	PREFORM. TERMINAL N 1/0 DG4544	UNI	18	2,55	45,9	
02P0303001	PREFORMADO CABLE TENSOR N 3/8	UNI	80	4,42	353,6	
02P0501019	POSTE HORMIGON 12 MTS X 500 KG	UNI	78	264	20.592,00	
02S0102001	SECC. PORTAFUSIB. 15 KV 100 AM	UNI	120	107,35	12.882,00	
02V0101002	VARILLA COPERWELD	UNI	138	8,4	1.159,20	
02V0102003	VARILLA ANCLAJE 5/8X2.0 ARANDE	UNI	20	11,32	226,4	
04P0101002	PARARRAYO DE 10 KV	UNI	93	82,82	7.702,26	
04T0101002	TIRAFUSIBLE DE 1 AMP	UNI	120	2,5	300	
06S0201003	SUELDA EXOTERMICA N.65	UNI	138	4,02	554,76	
***** CONDUCCION	TORES AEREOS					
01C0201004	CONDUCTOR ALUMINIO ACSR # 1/0	MTS	7.400	0,85	6.290,00	
01C0201022	CONDUCTOR ALUMINIO ACSR 2/0	MTS	880	1,07	941,6	
***** TRANSFORMADORES	ORMADORES DE DISTRIBUCION					
01C0102004	CABLE COBRE AISLADO 1/0	MTS	491	9,42	4.625,22	
01C0102005	CABLE COBRE DESNUDO N°2	MTS	180	3,85	693	
02A0107004	ABRAZADERA TRANSFORMADOR 5 1/2	UNI	117	9,18	1.074,06	
02B0301006	BASE PORTAFUSIBLE 250 AM CON T	UNI	15	13,98	209,7	
02C0101002	CAPACETA GALVANIZADA TRIFASICA	UNI	5	26,7	133,5	
02C0214003	CONECTOR DP7 DOBLE DENTADO HER	UNI	182	3,88	706,16	
02C0214013	CONEC.WEJTAP 1/0-CU#2 51725 BA	UNI	99	3,81	377,19	
02C0214014	CONEC.WEJTAP 1/0 CU2/0-2 92001	UNI	5	4,87	24,35	
02C0216009	CONECTOR CUÑA CON ESTRIBO	UNI	15	8,85	132,75	
02C0216011	CONECTOR CUÑA ESTRIBO PARA N.2	UNI	54	11,51	621,54	
02C0401016	CRUCETA HIERRO L 75X75X6MX2.4M	UNI	42	34,22	1.437,24	
02G0101001	GRAPA DERIVACION EN CALIENTE	UNI	69	11,44	789,36	
02P0101001	PERNO "U" 5/8X70 CRUCETA HIERR	UNI	10	2,88	28,8	
02P0103002	PERNO ESPARRAGO DE 5/8 X 16"	UNI	36	3,85	138,6	
02P0103003	PERNO ESPARRAGO DE 5/8 X 14"	UNI	20	4,5	90	
02P0107001	PERNO CADMIADO DE 3/8 X 1 1/2	UNI	30	0,46	13,8	
02T0203003	TERMINAL DE COBRE EN L SLU 175	UNI	6	4,31	25,86	
02T0209001	TERMINAL TIPO SLU -225	UNI	24	4,68	112,32	
03R0101008	REGULADOR VOLTAJE 38KVA 7620/	UNI	9	18.400,00	165.600,00	
03T0108006	TRAN MONOF 5KVA T. CSP 13800V	UNI	1	1.015,94	1.015,94	
03T0109007	TRAN MONOF 10KVA 13800V T. CSP	UNI	5	1.203,65	6.018,25	
03T0110006	TRAN MONOF 15KVA 13800V T. CSP	UNI	13	1.300,08	16.901,04	
03T0111007	TRAN MONOF 25KVA 13.800 T.CSP	UNI	18	1.609,05	28.962,90	
03T0112005	TRAN MON 37,5KVA 13800V T.CSP	UNI	9	2.020,15	18.181,35	
03T0113003	TRAN MON. 50KVA 13800V T. CSP	UNI	8	2.447,15	19.577,20	
03T0137004	TRAN TRIFASICO 45KVA 13800CON	UNI	1	2.644,35	2.644,35	
03T0140001	TRAN TRIFASICO 75KVA 13800V	UNI	1	3.231,70	3.231,70	
03T0142006	TRAN TRIFASICO 100KVA 13800V	UNI	2	3.555,69	7.111,38	
03T0164002	TRAN TRIFASICO 125KVA 13800V	UNI	1	5.360,15	5.360,15	

TOTAL MATERIALES

350.853,33

ELABORADO POR: Investigadores

3.4.7.1. *Análisis económico.*

Realizada la evaluación de cada alternativa y revisado detalladamente los materiales necesarios para la ejecución de las mismas, como también gastos que implica la construcción, sustitución e implementación de elementos en la red. Se presenta en la tabla N° 56 los costos totales de cada alternativa planteada.

TABLA N° 56 COSTOS DE ALTERNATIVAS PLANTEADAS

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
MATERIALES	303256,64	343.170,43	392.955,73
MANO DE OBRA	13884,85	24.263,52	21.220,62
GASTOS ADMINISTRATIVOS	1130,04	1.130,04	1.130,04
TRANSPORTE	4520,01	6956,12	6.458,37
FISCALIZACIÓN	1943,95	3357,33	2.952,06
SUBTOTAL	324735,49	378.877,44	424.716,82
COSTO TOTAL	324735,49	378.877,44	424.716,82

ELABORADO POR: Investigadores

3.4.7.2. *Ingresos operacionales*

Mediante la diferencia entre las pérdidas obtenidas en la proyección de demanda proyectada durante el periodo 2015-2030 y las pérdidas obtenidas por alternativas planteadas durante el periodo de estudio, se obtuvo el valor económico anual que significa la reducción de pérdidas, tomando en consideración que el kWh está valorado en 0,08 dólares que es el primer ingreso operacional. Adicionalmente se considera el total de energía por uso de cocinas de inducción, calculando la potencia a incrementarse anualmente tomado del anexo N°8 con una duración de uso de 3 horas diarias por los 365 días del año obteniendo la energía total anual que se utiliza.

La energía eléctrica en función al equivalente calorífico de un cilindro de GLP de 15 kg es igual a 200,62 [kWh], tomada de la revista interconexiones publicación 80 página 11, mediante este dato se obtiene la relación entre la energía por el uso de cocinas de inducción y por la energía de un cilindro de gas. Determinando el segundo ingreso operacional. En la tabla N° 57 presenta el total por ingresos operacionales detalladas anualmente, y el costo de inversión por alternativa.

TABLA N° 57 TOTAL DE INGRESOS OPERACIONALES

[\$/anual]	Inversión I	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Alternativa 1	-\$ 324.735	\$ 101.585	\$ 96.103	\$ 106.365	\$ 109.971	\$ 116.220	\$ 121.549	\$ 121.028
Alternativa 2	-\$ 378.877	\$ 114.620	\$ 110.816	\$ 121.222	\$ 126.060	\$ 134.917	\$ 139.014	\$ 140.524
Alternativa 3	-\$ 424.717	\$ 94.682	\$ 91.036	\$ 100.940	\$ 102.445	\$ 110.845	\$ 111.564	\$ 109.569
[\$/anual]	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Alternativa 1	\$ 129.839	\$ 124.711	\$ 137.617	\$ 136.508	\$ 145.396	\$ 149.033	\$ 153.174	\$ 165.577
Alternativa 2	\$ 148.680	\$ 144.241	\$ 157.835	\$ 156.348	\$ 166.990	\$ 171.316	\$ 176.145	\$ 189.236
Alternativa 3	\$ 117.394	\$ 111.036	\$ 122.713	\$ 118.505	\$ 128.032	\$ 130.440	\$ 133.351	\$ 144.441

ELABORADO POR: Investigadores

3.4.7.3. Relación costo beneficio

Este ítem permite conocer si el proyecto es viable o no, ya que si supera a uno el proyecto será viable, caso contrario se rechazaría. Si el proyecto supera a uno quiere decir que por cada dólar invertido se obtendrá el equivalente a uno o más, en la tabla N° 58 se observa la relación costo benéfico de nuestro proyecto evaluando las tres alternativas

TABLA N° 58 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

	VAN	TIR	VAN ingresos	VAN egresos	B/C
Alternativa 1	349835,20	33%	\$ 674.571	\$ 281.717	2,28
Alternativa 2	394633,97	33%	\$ 773.511	\$ 328.687	2,26
Alternativa 3	194638,60	24%	\$ 619.355	\$ 368.454	1,59

ELABORADO POR: Investigadores

Un proyecto es factible cuando la relación costo beneficio es mayor a 1, en el estudio realizado como se observa el valor supera a 1 siendo viable la alternativa 1 y 2.

3.5.Conclusiones

- El porcentaje de crecimiento es de 5,02% anual obtenido mediante el análisis de proyección de la demanda, siendo mayor a los datos registrados anteriormente sin la incorporación de las cocinas de inducción lo que representaba con un porcentaje del 3,96% anual.
- A medida que la Cargabilidad en los transformadores supera el límite máximo, las pérdidas en las mismas tiende a crecer significativamente y con ello la disminución la vida útil, incrementando los costos por reposición y pérdidas en energía.
- Desde el año 2016 hasta el 2022 se requiere elevar la capacidad de 58 transformadores. ya que estos se encuentran con mayor problema de sobrecarga por la incorporación de cocinas de inducción.
- El THDv en la cabecera es de un 7,37%, observando así que se cumple la regulación CONELEC 004/01 con un máximo establecido de 8%. Mientras que el THDi la máxima distorsión de corriente armónica en porcentaje de la (I_L), se encuentra en el rango de $50 < 100$ por lo que el TDD admisible es del 12%, según la NORMA IEEE 519.
- El THDv de la cocina de inducción es de 3,62%, cumpliendo con la regulación CONELEC 004/01 con un máximo establecido de 8%. Mientras que THDi de la cocina de inducción se tiene un 3,89%, observando que se encuentra de la norma con un máximo admisible del 5% en el punto de conexión.
- Mediante el análisis realizado de las tres alternativas propuestas en el presente proyecto, se ha determinado que la alternativa 2 es la que menor presupuesto requiere para la ejecución de la misma con el 3,91% de perdidas, al igual que los perfiles de voltaje son los especificados en la norma descrita.
- La propuesta de la alternativa 2 es viable económicamente con una inversión de 378.887,44 dólares, demostrando que la TIR es de 33% y una relación costo beneficio de 2,26 y técnicamente viable por la reducción de pérdidas que representa el 3,91% con respecto al consumo total de energía.

3.6.Recomendaciones

- Las empresas eléctricas deben evaluar permanentes el comportamiento de la red de distribución para realizarlos cambios pertinentes en función del real ingreso de las cocinas de inducción y así cumplir con los estándares de calidad
- Es recomendable realizar un estudio minucioso en las redes de bajo voltaje para conocer el comportamiento de esta parte del sistema, con lo que se determina no solo el incremento de potencia en transformadores si no la reubicación de los mismos, así como proponer las alternativas de solución en este nivel de voltaje.
- Es recomendable mantener actualizado los datos en toda el área de concesión para validar información en las bases tanto comercial como en la del ArGis.
- Una vez reconfigurado el alimentador MLS1 se debe realizar un estudio para la coordinación de protecciones en las nuevas barras a implementarse por la nueva demanda.
- Adquirir los módulos de bajo voltaje del software CYMDIST para realiza flujos en medio y bajo voltaje conjuntamente, ya que las perdidas y anomalías de bajo voltaje se refleja en medio voltaje y hace un análisis completo.
- Al realizar mediciones en la cabecera, es recomendable programar al instrumento para que recopile información de armónicas en la red, tanto de corriente como de voltaje y los ángulos que los desfasan.
- Se debe realizar un estudio en un sistema de distribución en bajo voltaje, para conocer de una manera más especifica la cantidad de contaminación que generan las cargas no lineales (cocinas de inducción) conectadas a un sistema de red eléctrica y así obtener claramente la máxima distorsión armónica.

3.7.Glosario de términos y siglas

V.- Voltaje

I.- Corriente

MT.- Medio voltaje

BT.- Bajo voltaje

AT.- Alto Voltaje

F.- Frecuencia [Hz]

kWh.- Kilovatio-hora, uso de mil vatios durante una hora.

kV.- kilovoltio

kVA.- Potencia aparente expresada en mil Voltio-Amperios

kVAR.- Potencia reactiva expresada en mil Voltio-Amperios reactivos.

kW.- Potencia activa o efectiva expresada en kilovatios.

MVA.- mega voltamperios

MW.- Mega vatios

Fp.- factor de potencia

V rms.- volteje eficaz

Amplitud: Hace referencia al valor del voltaje o de la intensidad del armónico, la amplitud de un armónico es generalmente un pequeño porcentaje de la fundamental.

Fase: Hace referencia al valor del ángulo entre el armónico y la fundamental.

Orden: Hace referencia al valor de su frecuencia referida a la fundamental. Así un armónico de orden 3 tiene una frecuencia tres veces superior a la fundamental.

Carga no lineal.- Una carga es considerada no lineal cuando la intensidad que circula por ella no tiene la misma forma sinusoidal que el voltaje que la alimenta.

THD.- Distorsión armónica total.

THD_v: Indica la distorsión de la onda de voltaje.

THD_i: Indica la distorsión de la onda de corriente.

El espectro: (descomposición en frecuencia de la señal) da una representación diferente de las señales eléctricas, y permite evaluar la distorsión.

Perturbación.- Cualquier fenómeno electromagnético.

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

SQL.- Es el lenguaje estándar de definición, manipulación y control de bases de datos relacionales.

ArcGIS.- Es una completa plataforma de información que permite crear, analizar, almacenar y difundir datos

GIS.- Sistema de Información Geográfica

ELEPCO S.A.- EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL DE COTOPAXI
SOCIEDAD ANÓNIMA

INECEL.- Instituto Ecuatoriano de Electrificación

S.E.L.- Sistema Eléctrico Latacunga

S/E.- Subestación

PEC.- Programa de cocción eficiente

SIN.- Sistema nacional interconectado

Msnm.- Metros sobre el nivel del mar.

ACSR.- Conductor de aluminio con centro de acero galvanizado.

CONELEC.- Consejo Nacional de Electricidad.

IEEE 519.- Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.

MLS1.- Mulaló Joseguango bajo salida 1

R.- Usuario residencial

C.- Usuario comercial

I.- Usuario industrial

O.- Otros

3.8.Referencias bibliográficas

Armónicos en las redes eléctricas. [En línea] [Citado el: 29 de Julio de 2014.]
https://www.google.co.uk/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCkQFjAA&url=https%3A%2F%2Fwww.u-cursos.cl%2Fingenieria%2F2011%2F2%2FEL5203%2F1%2Fmaterial_docente%2Fbajar%3Fid_material%3D384495&ei=ysjXU6T9PMXR7AbZmYHgBg&usg=AFQjCNHTe720F5f_hEMQNWYB.

Análisis de la incidencia del usos de cocinas eléctricas de inducción. **MUÑOS, Jorge.** 2013. QUITO : Solventia, 2013, INTERCONEXIONES, Vol. 83. Julio-Septiembre 2013 N° 83.

CALLEJO, Javier, y otros. *Introducción a las técnicas de investigación social.* España : Centro de estudios Ramón Areces,s.a., 2009.

CONELEC. 2004. Normativa, Nacionales, Regulaciones. *CONELEC 004/01.* Marzo de 2004. Disponible en http://www.conelec.gob.ec/normativa_detalle.php?cd_norm=23. 29/07/2014.

COOPER, Power Systems. CYMDIST. *Análisis de sistemas de distribución.* CYME International T&D, 2014. Disponible en <http://www.cyme.com/es/software/cymdist/>. 09/06/2014.

CUSHICÓNDOR, Elías y TITO, Diego. *Diseño y consrucción de un prototipo de una cocina de induccion electromagnética.* Quito : Tesis E. P .N, 2009.

DAHAKÉ, Girish. Calentamiento por inducción de presión. *Fundamentos de calentamiento por inducción.* AMBRELL, 2014. Disponible en <http://es.ambrell.com/acerca-de-induccion.html>. 29/05/ 2014.

ESPINOSA Y LARA, Roberto. *Sistemas de Distribución.* Noriega : Limusa.

ESRI, España. Productos. *ArcGIS.* 2010. Disponible en <http://www.esri.es/es/productos/arcgis/>.13/01/2015.

ESTEVE, Vicente. *Influencia de los componentes parásitos en el análisis y diseño de inversores resonantes paralelo para aplicaciones de calentamiento por inducción.* Valencia : Tesis Doctoral Universidad de Valencia, 1999.

FAIRCHILD, semiconductor. *AN-9012 "Induction Heating System Topology Review."* 2000.Disponible en <http://www.fairchildsemi.com/an/AN/an-9012.pdf>. 25/05/2014

FISCHER, Fern. Salud. *Problemas de salud con estufas de inducción.* EHOW En español, Disponible en http://www.ehowenespanol.com/problemas-salud-estufas-induccion-sobre_178355/.04/06/2014

Gutiérrez, Abraham. *Métodos de Investigación y Eleboración de Monografías*. Quito: Colegio Técnico Don Bosco, 2005.

HARPER, Enríquez. *El ABC de la calidad de la Energía eléctrica*. México : Limusa Noriega Editores.

INDUCS. Catalogo. 5715. Disponible en <http://inco.nu/datos/catalogos/5715.pdf>. 22/05/2014.

LEIVA, Francisco. *Nociones de Metodología de Investigación Científica*. Quinta Edición. Quito : Grupo LEER, 2007.

PME 2013-2022 VOL 2_Estudio y gestión de la demanda eléctrica. [En línea] [Citado el: 13 de Diciembre de 2013.]

Ramírez, Ing. Eugenio Téllez. waterymex. [En línea] AP&C. [Citado el: 06 de Agosto de 2015.] <http://waterymex.org/>.

RAMIREZ, Samuel. *Redes de distribución*. Colombia : Manizales.

RECREAC. Cultura y Ocio. *Cocina de inducción - ¿cuáles son las ventajas y desventajas?* Disponible en <http://www.recreac.org/induccion-desventajas-a03579340.htm>. 02/06/2014.

RUIZ, Jorge y ORTÍZ, Francisco. Repositorio UTP. *Metodología para identificar fuentes armónicas en sistemas eléctricos*. 2007. Disponible en <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/101/3/62138223R934.pdf>. 29/07/2014.

SAADAT_E-BOOK, HADI. *POWER SYSTEM ANALYSIS*.

SCHNEIDER ELECTRIC. *Detección y filtrados de armónicos*. 2004.

Tamayo, Mario Tamayo y. *El Proceso De La Investigación Científica*. LIMUSA, S.A DE C.V., México, 2006.

TAMA, Alberto. *Cocinas de Inducción vs Cocina a Gas (GLP)*. 2013, Disponible en <http://www.slideshare.net/albertama/cocina-de-induccion-versus-cocina-a-gas-glp>, pág. 7.

YEBRA, Juan Antonio. *Sistemas Electricos de Distribucion*. Reverte, Barcelona, España, 2009.

ANEXOS