UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE ELÉCTRICA

"IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE COCCIÓN DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL DEL SUR S.A. EN LA CIUDAD DE LOJA"

Tesis previa a la obtención del
Título de Ingeniero Eléctrico

AUTOR:

Wilson David González Hidalgo.

DIRECTOR:

Ing. Carlos Cayetano Durán Noritz.

TUTOR:

Ing. David Efrén Palacios Mora.

CUENCA – ECUADOR

JULIO DE 2014

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo determinar el impacto del Plan de Cocción Eficiente (PCE) en las redes que prestan el servicio de energía eléctrica a la ciudad de Loja, basándose en el estudio de la Cocina de Inducción como tal, examinando sus propiedades y fundamentos.

Para la determinación del impacto se inicia con un proceso estadístico, en el cual, por medio de encuestas se determina las costumbres de cocción de alimentos y uso de ducha de agua caliente, permitiendo construir los cimientos sobre los que se ha de levantar la investigación, las curvas de hábito de uso horario o factor de variación horaria de cocinas y calefones. Con la ayuda de estas curvas se proyecta la potencia a incrementarse por uso de cocinas de inducción y calefones eléctricos en los diferentes alimentadores y S/E de la ciudad de Loja.

Se analiza el incremento de la demanda en las cuatro Subestaciones que sirven a la ciudad de Loja, determinando parámetros de cargabilidad actual y futura de cada una de ellas. Para el análisis del incremento de la demanda en los alimentadores de las distintas S/E se utiliza la herramienta CYMDIST, la misma que permite determinar los alimentadores más afectados y críticos.

Finalmente, se elige el alimentador más crítico sobre la base del porcentaje de clientela residencial conectada, porcentaje de transformadores sobrecargados, caída de tensión y longitud total del alimentador. Se realiza una reconfiguración al alimentador de tal manera que éste pueda soportar la nueva carga manteniendo límites y condiciones normales.

ABSTRACT

The primary purpose of the study is to determine the impact of the Efficient Cooking Plan (PCE) at the distribution networks that provides electrical service to Loja city, based on the study of the induction cooker itself examining its properties and fundamentals.

The determination of this impact starts with a statistical process in which, through surveys, the ways of cooking and usage of hot shower are determined, allowing to build the baseline over the one the research raises, habit curves of hourly use or hourly variation factor of the stove and water heaters. With the help of these curves, power from induction cookers and electric heaters used in different feeders and S/E of Loja is projected.

The increased demand in the four substations that serve Loja is analyzed determining parameters of current and future chargeability for each one. For the increased demand on S/E feeders analysis, CYMDIST software is used, this appliance allows to establish the more affected and critical feeders.

Finally, the most critical feeder is selected based on the percentage of residential customers connected, percentage of overloaded transformers, voltage drop and total length of the feeder. A reconfiguration is performed to the feeder allowing it withstand the new load, keeping required limits of voltage and normal conditions.

Palabras clave:

Plan de Cocción Eficiente, Cocina de Inducción, Demanda, Factor de Variación Horaria, Curva de Carga, Cymdist, Sobrecarga.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. JUSTIFICACIÓN Y DESARROLLO 13
CAPÍTULO II. INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS GENERALES 20
2.1 EL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO 20
2.1.1 NUEVA ESTRUCTURA DEL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO. 23
2.1.2 SITUACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO ECUATORIANO 25
2.1.2.1 GENERACIÓN 25
2.2.1.2 SISTEMA DE TRANSMISIÓN 26
2.2.1.3 DISTRIBUCIÓN 28
2.2 LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL DEL SUR S.A (EERSSA) 32
2.2.1 SUBESTACIONES 33
2.2.2 LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN. 34
2.2.3 ALIMENTADORES PRIMARIOS 34
2.2.4 TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN 34
2.2.5 COBERTURA 34
2.2.6 PÉRDIDAS 35
2.2.7 ASPECTOS ECONÓMICOS Y COMERCIALES 36
2.3 PLAN DE COCCIÓN EFICIENTE (PCE) 37
2.3.1 EJES DE INTERVENCIÓN DEL PLAN DE COCCIÓN EFICIENTE 38
CAPÍTULO III. LA COCINA DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA 41
3.1 HISTORIA 42
3.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO 43
3.3 VENTAJAS 46
3.4 MERCADO ECUATORIANO PARA LAS COCINAS DE INDUCCIÓN 48
CAPÍTULO IV. IMPACTO DEL PROGRAMA DE COCCIÓN EFICIENTE EN LOS USUARIOS RESIDENCIALES Y EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LA EERSSA EN LA CIUDAD DE LOJA. 51
4.1 CULTURA Y COSTUMBRES DE ALIMENTACIÓN EN LA CIUDAD DE LOJA 53
4.2 SERVICIO ELÉCTRICO EN LA CIUDAD DE LOJA 54
4.3 METODO DE CÁLCULO DE LA INCIDENCIA DE LAS COCINAS DE INDUCCIÓN 54
4.3.1 POBLACIÓN, SECTORES Y SEGMENTOS HA REALIZAR EL ESTUDIO 55
4.3.2 DESARROLLO Y PRESENTACIÓN DEL MODELO DE ENCUESTA 57

4.3.3 PROCESO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS 58
4.4 POTENCIA A INCREMENTARSE EL USO DE COCINAS DE INDUCCIÓN Y CALEFONES ELÉCTRICOS 62
4.4.1 MÉTODO DE DEMANDA MÁXIMA NO COINCIDENTE (MÉTODO DE ARVINSON) 64
4.4.1.1 MÉTODO APLICADO A COCINAS DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA 65
4.4.1.2 MÉTODO APLICADO A CALEFONES ELÉCTRICOS 68
4.4.2 MÉTODO DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA 71
4.4.2.1 MÉTODO APLICADO A COCINAS DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA 71
4.4.2.2 MÉTODO APLICADO A CALEFONES ELÉCTRICOS 76
4.4.2.3 COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS 78
4.4.3 INCIDENCIA SOBRE LA CURVA ACTUAL 80
CAPÍTULO V. IMPACTO DEL PROGRAMA DE COCCIÓN EFICIENTE EN LAS REDES DE LA EERSSA EN LA CIUDAD DE LOJA. 84
5.1 IMPACTO DE LA NUEVA CARGA EN LAS S/E DE LA CIUDAD DE LOJA 84
5.2 IMPACTO DE LA NUEVA CARGA EN LOS ALIMENTADORES QUE SIRVEN A LA CIUDAD DE LOJA 86
5.2.1 CONDICIÓN ACTUAL DE LOS ALIMENTADORES DE LA EERRSSA..... 87
5.2.2 CONDICIÓN DE LOS ALIMENTADORES DE LA EERRSSA CON INCLUSIÓN DE CARGA POR USO DE COCINAS DE INDUCCIÓN Y CALEFONES ELÉCTRICOS 89
5.3 SELECCIÓN DE ALIMENTADOR A RECONFIGURAR 89
5.4 RECONFIGURACIÓN DEL ALIMENTADOR 92
5.4.1 CAMBIO DE TRANSFORMADORES SOBRECARGADOS 93
5.4.2 REPOTENCIACIÓN DEL CALIBRE DE CONDUCTORES 93
5.4.3 CAMBIO DE RAMALES MONOFÁSICOS A TRIFÁSICOS Y EXTENSIÓN DE RED TRIFÁSICA 94
5.4.4 INCORPORACIÓN DE SECCIONADORES 94
5.4.5 TRANSFERENCIA DE CARGA ENTRE FASES 95
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 98
BIBLIOGRAFIA 103
ANEXOS 104

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1. Curvas de Hábito de uso Horario de Cocinas y Calefones a GLP en por unidad. 15
Ilustración 1-2. Comparación entre ambos métodos para la Proyección de Potencia por cuestión de Cocinas de Inducción y Calefones Eléctricos. 16
Ilustración 1-3. Curvas de Carga del Sistema, Curva actual (2013), Curva proyectada (2016) y Curva proyectada con inclusión de la Nueva Carga. 17
Ilustración 2-1. Estructura del Sector Eléctrico Ecuatoriano durante la dirigencia del INECEL (1961-1997). 20
Ilustración 2-2. Esquema de la Estructura del Sector Eléctrico Ecuatoriano, 1999. 22
Ilustración 2-3. Matriz Energética Año 2013. 25
Ilustración 2-4. Composición de la Generación por tipo de Tecnología. 26
Ilustración 2-5. Sistema Nacional Interconectado previsto para el año 2016. 28
Ilustración 2-6. Evolución de los sectores de consumo de Energía Eléctrica a nivel nacional. 29
Ilustración 2-7. Pérdidas Anuales de Energía en los Sistemas de Distribución. 31
Ilustración 2-8. Clientes de la EERSSA 2010-2014. 35
Ilustración 2-9. Pérdidas Técnicas y no Técnicas de la EERSSA, años 2010-2014. 35
Ilustración 2-10. Programación de incorporación de Cocinas vs Nivel de Saturación, años 2015-2022. 39
Ilustración 3-1. Modelo de Cocina de Inducción, marca AEG modelo HK954400FB, 7kW de potencia. 41
Ilustración 3-2. Corrientes de Foucault en hornos y cocinas de Inducción. 44
Ilustración 3-3. Proceso de cocción realizado por una Cocina de Inducción. . 45
Ilustración 3-4. Eficiencia de varios tipos de Cocinas. 46
Ilustración 3-5. Comparación entre diferentes tecnologías del tiempo para calentar 1,5 litros de agua de 20˚ a 95˚. 47
Ilustración 4-1. Población Económicamente Activa del cantón Loja, Año 2010. 52
Ilustración 4-2. Evolución de la PEA en el Cantón Loja. 52
Ilustración 4-3. Curvas de hábito de uso Horario o Factor de Variación Horario de Calefones a GLP. 61
Ilustración 4-4. Curvas de hábito de uso Horario o Factor de Variación Horario de Cocinas a GLP. 62
Ilustración 4-5. Curva de Carga del Sistema de la EERSSA, a diciembre de 2013. 64
Ilustración 4-6. Curva de Demanda Diversificada. 65
Ilustración 4-7. Carga por uso de Cocinas de Inducción de cada S/E de la ciudad de Loja. Método 1. 67
Ilustración 4-8. Carga por uso de Cocinas de Inducción de las cuatro S/E de la ciudad de Loja. Método 1. 67
Ilustración 4-9. Demanda Máxima Diversificada para varias cargas Residenciales. 68
Ilustración 4-10. Carga por cuestión de Calefones Eléctricos de cada S/E de la ciudad de Loja. Método 1. 70

Ilustración 4-11. Carga por cuestión de Calefones Eléctricos de las S/E de la ciudad de Loja. Método 1. 70
Ilustración 4-12. Carga por cuestión de Cocinas de Inducción de cada S/E de la ciudad de Loja. Método 2. 75
Ilustración 4-13. Carga por cuestión de Cocinas de Inducción de las S/E de la ciudad de Loja. Método 2. 75
Ilustración 4-14. Carga por cuestión de Calefones Eléctricos de cada S/E de la ciudad de Loja. Método 2. 77
Ilustración 4-15. Carga por cuestión de Calefones Eléctricos de las S/E de la ciudad de Loja. Método 2. 78
Ilustración 4-16. Comparación entre ambos métodos para la Proyección de Potencia por cuestión de Cocinas de Inducción. 78
Ilustración 4-17. Comparación entre ambos métodos para la Proyección de Potencia por cuestión de Calefones Eléctricos. 79
Ilustración 4-18. Comparación entre ambos métodos para la Proyección de Potencia por cuestión de Cocinas de Inducción y Calefones Eléctricos. 79
Ilustración 4-19. Factor de variación horario de uso de cocinas a GLP, estudio realizado por la Empresa Eléctrica Quito. 80
Ilustración 4-20. Curva del Sistema con ingreso de Cocinas de Inducción y Calefones Eléctricos. Método 1. 81
Ilustración 4-21. Curva del Sistema con ingreso de Cocinas de Inducción y Calefones Eléctricos. Método 2. 81
Ilustración 4-22. Curva del Sistema con ingreso de Potencia por cuestión de Cocinas de Inducción (Método de Proyección 1) y Calefones Eléctricos (Método de Proyección 2). 82
Ilustración 5-1. Alimentadores de la Ciudad de Loja en la base de datos usada en CYMDIST. 88
Ilustración 5-2. Estado del Alimentador Chontacruz con incremento de Carga (cocinas de inducción). 90
Ilustración 5-3. Estado del Alimentador Chuquiribamba con incremento de Carga (cocinas de inducción). 90
Ilustración 5-4. Estado del Alimentador Motupe con incremento de Carga (cocinas de inducción). 91
Ilustración 5-5. Estado del Alimentador Cajanuma con incremento de Carga (cocinas de inducción). 91
Ilustración 5-6. Estado del Alimentador Yaguarcuna con incremento de Carga (cocinas de inducción). 92
Ilustración 5-7. Estado del alimentador Chuquiribamba una vez efectuada la reconfiguración. 96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Situación actual y futura de las S/E de la ciudad de Loja, con y sin PCE. 18
Tabla 2-1. Características de las S/E del Sistema de la EERSSA. 33
Tabla 2-2. Indicadores Económicos y Comerciales de la EERSSA 2008-2013. 36
Tabla 3-1. Comparación entre el gasto mensual de una cocina de inducción y una cocina a GLP. 49
Tabla 3-2. Parámetros de Eficiencia para una cocina de inducción en el Ecuador. 50
Tabla 4-1. S/E y Alimentadores que sirven a la ciudad de Loja. 54
Tabla 4-2. Resumen de S/E, Alimentadores, Clientes y número de encuestas realizadas. 57
Tabla 4-3. Proyección de Crecimiento de Clientes de la EERSSA para los años 2014, 2015 y 2016. 63
Tabla 4-4. Comparación de los resultados de la Curva de Demanda Diversificada con los del MEER. 66
Tabla 4-5. Tabla de Demanda y Carga de cocinas para n Clientes. 66
Tabla 4-6. Tabla de Demanda y Carga de calefones para n Clientes. 69
Tabla 4-7. Resumen de valores de Energía por Cliente y por S/E. 72
Tabla 4-8. Resumen de valores de Energía por Cliente y por S/E al año 2016. 73
Tabla 4-9. Porcentaje de Preparación de Alimentos clasificados por S/E. 73
Tabla 4-10. Resumen de distribución de Energía y Número de clientes en cada periodo del día por S/E. 74
Tabla 4-11. Factor de Carga correspondientes cada una de las S/E. 75
Tabla 4-12. Resumen de valores de Energía por Cliente y por S/E para Calefones Eléctricos. 76
Tabla 4-13. Resumen de valores de Energía por Cliente y por S/E al año 2016 para Calefones Eléctricos. 76
Tabla 4-14. Resumen de distribución de Energía y Número de clientes (Calefones Eléctricos) en cada periodo del día por S/E. 77
Tabla 5-1. Nivel de carga de las S/E al año 2016 sin la implementación del Plan de Cocción Eficiente. 85
Tabla 5-2. Nivel de carga de las S/E al año 2016 con la implementación del Plan de Cocción Eficiente. 86
Tabla 5-3. Alimentadores más afectados por la incidencia de la nueva carga. 92
Tabla 5-4. Potencia de los transformadores sobrecargados y nuevos transformadores. 93
Tabla 5-5. Calibres y tramos de conductores a ser cambiados. 94
Tabla 5-6. Cambio de Ramales monofásicos a trifásicos. 94
Tabla 5-7. Incorporación de Seccionadores, No. de poste y estado. 95
Tabla 5-8. Transferencias de Carga. 95
Tabla 5-9. Resultados de la simulación del Alimentador Chuquiribamba, una vez reconfigurado. 96

Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

Yo, Wilson David González Hidalgo, autor de la tesis "Impacto de la Implementación del Sistema de Cocción de Inducción Electromagnética en las redes de distribución de la Empresa Eléctrica Regional Del Sur S.A. en la ciudad de Loja", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Eléctrico. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 07 de Julio de 2014.

Wilson David González Hidalgo
1104677768

Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

Yo, Wilson David González Hidalgo, autor de la tesis "Impacto de la Implementación del Sistema de Cocción de Inducción Electromagnética en las redes de distribución de la Empresa Eléctrica Regional Del Sur S.A. en la ciudad de Loja", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 07 de Julio de 2014.

Wilson David González Hidalgo
1104677768

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecer a Dios, ya que sin merecerlo me ha llenado de tantas y tantas bendiciones, me ha regalado la vida y la salud a lo largo de todos estos años y lo más importante, me ha dado una familia como ninguna, padres y hermanos capaces de amarme de manera extraordinaria.

Agradecer a todos los maestros que con sus lecciones y experiencias me han instruido a lo largo de toda mi carrera, en especial al Ing. Carlos Durán Noritz que, como director de esta tesis, me ha orientado, apoyado y corregido en toda mi labor con un interés y una entrega que han sobrepasado, con mucho, lo que como alumno esperé. A mis compañeros con quienes compartí tantos días y noches de estudio, sufrimientos, alegrías y de quienes siempre sentí, de una u otra manera, su apoyo.

Finalmente, agradecer al Ing. Emilio Calle e Ing. Santiago Flores quienes me dieron las pautas sobre las que base mi investigación. A los funcionarios de la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. especialmente al Ing. David Palacios por la ayuda y las herramientas brindadas para el desarrollo del proyecto.

DEDICATORIA

A mi madre y a mi padre, Silvia y Wilson, a quienes les debo todo lo que soy y todo lo que algún día seré. Las personas que siempre han creído en mí, siempre me han apoyado y que han sido el bastón que me ha permitido levantarme y caminar.

A mis hermanos, Chivi, Sayda (Negrita) y Santi, la maravillosa compañía que ha estado a mi lado durante toda mi vida, con quienes he compartido mi llanto y mi risa, mis dudas y certezas; y de quienes siempre he recibido lo mejor.

A ustedes mi adorada familia, mi roca, mi fortaleza, la fuerza que siempre me acompaña y la razón de mi alegría; les dedico este y todos los triunfos que durante mi vida alcanzaré. Los Amo.

CAPÍTULO I. JUSTIFICACIÓN Y DESARROLLO

El desarrollo del sector eléctrico es fundamental para el normal desenvolvimiento de las crecientes actividades productivas del Ecuador, en vista de proveer un servicio responsable con los consumidores y el medio ambiente, el Gobierno Nacional ha realizado una fuerte inversión en el sector eléctrico impulsando la construcción de importantes proyectos de generación Hidroeléctrica, donde destacan proyectos como Coca-Codo-Sinclair, Toachi-Pilatón, Sopladora, Delsitanisagua, entre otros; los mismos que aportarán 3064 MW adicionales a los existentes, duplicando la capacidad de generación Hidroeléctrica del país. La inversión en estos proyectos así como en proyectos de energías no convencionales abre la posibilidad de convertir al Ecuador en un país con una de las matrices energéticas más amigables con el medio ambiente.

Gracias a este cambio, el Ecuador dispondrá de energía eléctrica producida en su mayor parte por centrales de energía renovable con costos de operación más bajos en relación a centrales térmicas. Con el fin de aprovechar la disponibilidad energética y poder segregar y fraccionar la utilización de combustibles fósiles (principalmente el Gas Licuado de Petróleo – GLP), el MEER plantea una serie de políticas energéticas que proponen incrementar la participación del sector residencial en el uso y consumo de energía.

Una de las iniciativas de mayor transcendencia es el “Programa Nacional de Cocción Eficiente”, su principal objetivo es migrar del uso de GLP a la electricidad para la cocción de alimentos en el sector residencial, adicionalmente pretende sustituir los calefones a GLP por sistemas eléctricos eficientes de calentamiento de agua para uso sanitario (duchas y calefones). El programa contempla además un incentivo tarifario para promover la migración del GPL a la electricidad. La cocina de inducción que se planea implementar es un equipo con 3 focos de calor eléctricos por inducción con una potencia eléctrica límite de 3 kW, funcionando a una tensión de 208 – 240 V.

Por la importancia del plan a implementarse es muy necesario realizar estudios técnicos para determinar el impacto del uso de este tipo de cocinas en las redes de las diferentes empresas dedicadas a la distribución de energía eléctrica en todo el territorio Ecuatoriano. Por ello se plantea realizar un análisis del impacto de la nueva carga en las redes de distribución en la ciudad de Loja, capital de la provincia del mismo nombre, ciudad cuyo servicio de electricidad es abastecida en su totalidad por la Empresa Regional del Sur S.A. (EERSSA). En la ciudad de Loja, los clientes residenciales son aproximadamente 50.000, de un total de casi 149.400 clientes en toda el área de concesión, representando el 33,5% del total de clientes residenciales de la EERSSA, siendo ésta el centro de mayor carga residencial.

Para desarrollar este estudio se parte del análisis del comportamiento energético y las características técnicas de las cocinas de inducción electromagnética; una vez obtenida esta información se procede a determinar el impacto del uso de cocinas de inducción electromagnética en los usuarios residenciales de la EERSSA, para ello, se estudia las características y costumbres en la cocción de alimentos, tiempos de uso de las cocinas y el aporte de carga de cada usuario a la red. Como este tipo de variables son altamente cambiantes, la única manera de obtener resultados cercanos a la realidad es por medio del uso de métodos estadísticos, en este caso, encuestas.

Las encuestas se plantean como un método para analizar y determinar la situación actual del uso de cocinas y calefones a GLP, y principalmente determinar y construir las curvas de hábito de uso horario o factor de variación horaria de cocinas y calefones. El factor de variación horaria describe el comportamiento energético de una carga determinada a lo largo de un periodo de tiempo determinado, que por lo general suele ser de un día.

Las encuestas se aplicaron a los clientes que se encontraban realizando algún trámite en el área de atención al cliente en el edificio principal de la EERSSA, que posean por lo menos una cocina en su hogar y que deseen participar voluntariamente. El número de muestras a tomar es determinado por medio de los siguientes métodos de muestreo: Selección de la Muestra Estratificada a Partir de la Población Seleccionada, Tamaño muestral de una Población Conocida y Fórmula para Poblaciones Finitas de Balestrini. Para su cálculo se toma como base el número de clientes residenciales de la EERSSA pertenecientes a las cuatro S/E que suministran energía eléctrica a la ciudad de Loja: Obrapía, San Cayetano, Norte y Sur.

El número de muestras a procesar resultaron ser de 381 encuestas distribuidas de acuerdo al número de clientes en cada uno de los alimentadores que sirven a la ciudad de Loja. Por la baja cantidad de clientes conectados, el número de encuestas a realizarse en ciertos alimentadores era demasiado bajo y no representaba una muestra confiable, por ello se tomó una muestra mínima de 14 encuestas para estos alimentadores. El número total de encuestas a realizar fue de 416.

Para un apropiado manejo de la información, se clasifican las encuestas de acuerdo al alimentador y S/E a la que pertenece el encuestado, para ello se realiza un listado de los sectores que atraviesan o recorren los diferentes alimentadores permitiendo que se pueda ubicar rápidamente a los clientes, en los parámetros de clasificación antes citados, de acuerdo con el lugar donde se ubica su residencia.

Una vez concluido el proceso de encuestas, se procede al análisis de los datos obtenidos. Con ayuda del software EXCEL, se procesa los datos y se construyen las curvas de hábito de uso horario o factor de variación horaria de cocinas y calefones a GLP para cada uno de los alimentadores de las cuatro S/E ya mencionadas. A continuación se muestran ambas curvas a nivel de sistema (todas las S/E) tanto para cocinas como para calefones a GLP, ambas expresadas en por unidad.

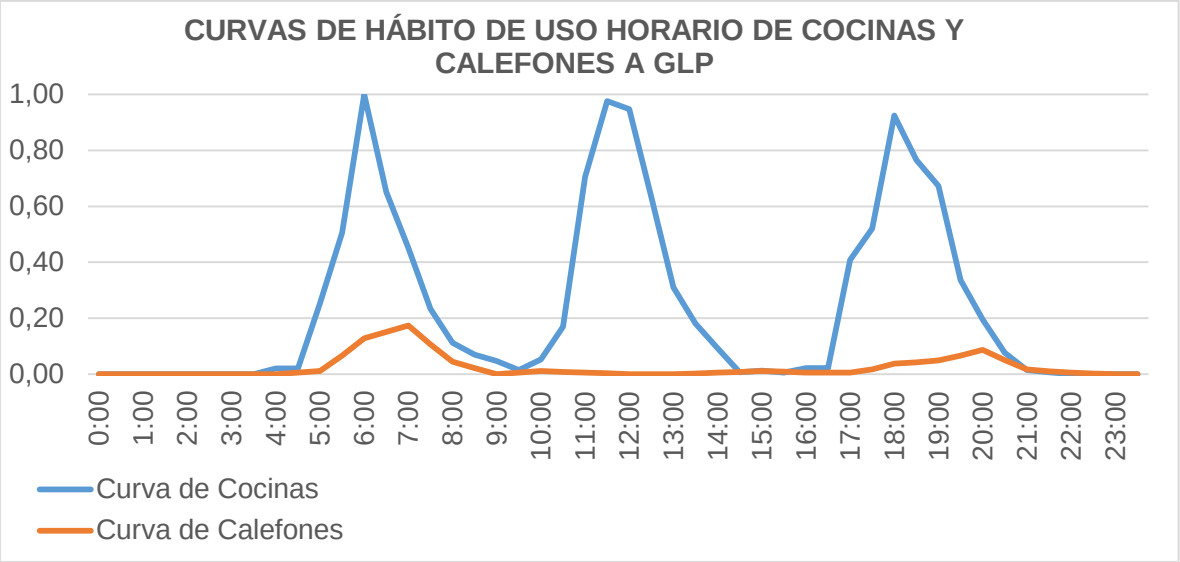


Ilustración 1-1. *Curvas de Hábito de uso Horario de Cocinas y Calefones a GLP en por unidad.*

En la curva de cocinas podemos observar que el pico más elevado se produce en la mañana a las 06h00, aunque los picos del medio día y la noche se mantienen bastante similares a éste. Se puede acotar que el uso del calefón en la ciudad de Loja es bastante reducido, considerando que su curva pico corresponde apenas al 18% del pico de cocinas, y, a diferencia de las cocinas presenta solamente un pico a lo largo de todo el día, a las 07h00.

Una vez se obtenidas las curvas, se realiza la proyección de potencia por uso de cocinas de inducción y calefones eléctricos. Para arrancar con el cálculo de la potencia a incrementarse es necesario proyectar las curvas obtenidas tanto para cocinas como calefones para el año de análisis, el 2016. Para ello se toman los valores de crecimiento anual de clientes para los años 2014, al 2016. Es necesario también proyectar la curva de carga actual para la todos los alimentadores que sirven a la ciudad de Loja.

La curva que se utilizó es la correspondiente al 12 de Diciembre del 2013, día donde se produjo la demanda más alta del Sistema. Para la proyección de esta curva al año 2016, se tomó los factores de crecimiento de demanda para el año 2014, 2015 y 2016, que son 4,2%, 5,04% y 6,11% respectivamente.

Para la determinación de la potencia a incrementarse se aplica dos procedimientos. El primero es el método de cálculo que promueve el ministerio, el mismo que se basa en el Método de Ardvinson y el segundo, un método propio que consiste en un análisis energético de acuerdo los resultados de uso del cilindro de GLP obtenidos en la encuesta.

Desarrollando los dos métodos se puede determinar la Potencia a incrementarse por uso de cocinas de inducción y calefones a GLP; los resultados obtenidos por ambos métodos son algo cercanos, siendo el primer método el que mayor incremento de carga propone. A continuación se ilustra la comparación entre los dos métodos y los resultados obtenidos.

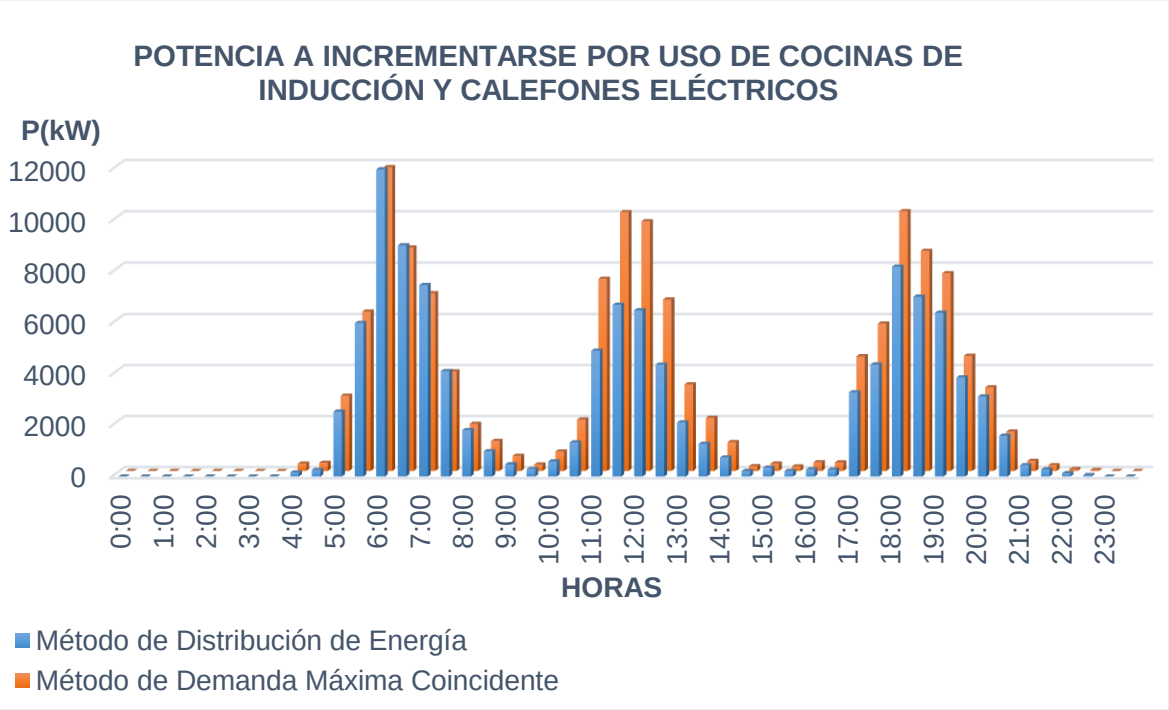


Ilustración 1-2. *Comparación entre ambos métodos para la Proyección de Potencia por cuestión de Cocinas de Inducción y Calefones Eléctricos.*

Como se observa en la ilustración anterior, existen tres picos de carga durante el día que corresponden al tiempo dedicado a la preparación de las tres comidas diarias (desayuno, almuerzo y merienda), siendo el pico del desayuno, a las 06h00, el de mayor impacto a lo largo de todo el día; en segundo lugar tenemos el pico de la cena y finalmente, el pico del almuerzo.

Para determinar el impacto del crecimiento de la carga por el uso cocinas de inducción y calefones eléctricos en el sistema de la EERSSA en la ciudad de Loja, se sobreponen las curvas obtenidas por los métodos antes desarrollados sobre la curva de carga del sistema. La curva que se ha tomado es la correspondiente a la producida en el día de demanda máxima del sistema del año 2013, la misma que es proyectada al año 2016 (año de mayor incidencia).

A continuación se observa la nueva curva de carga de las cuatro S/E que sirven a la ciudad de Loja con la incidencia de la nueva carga.

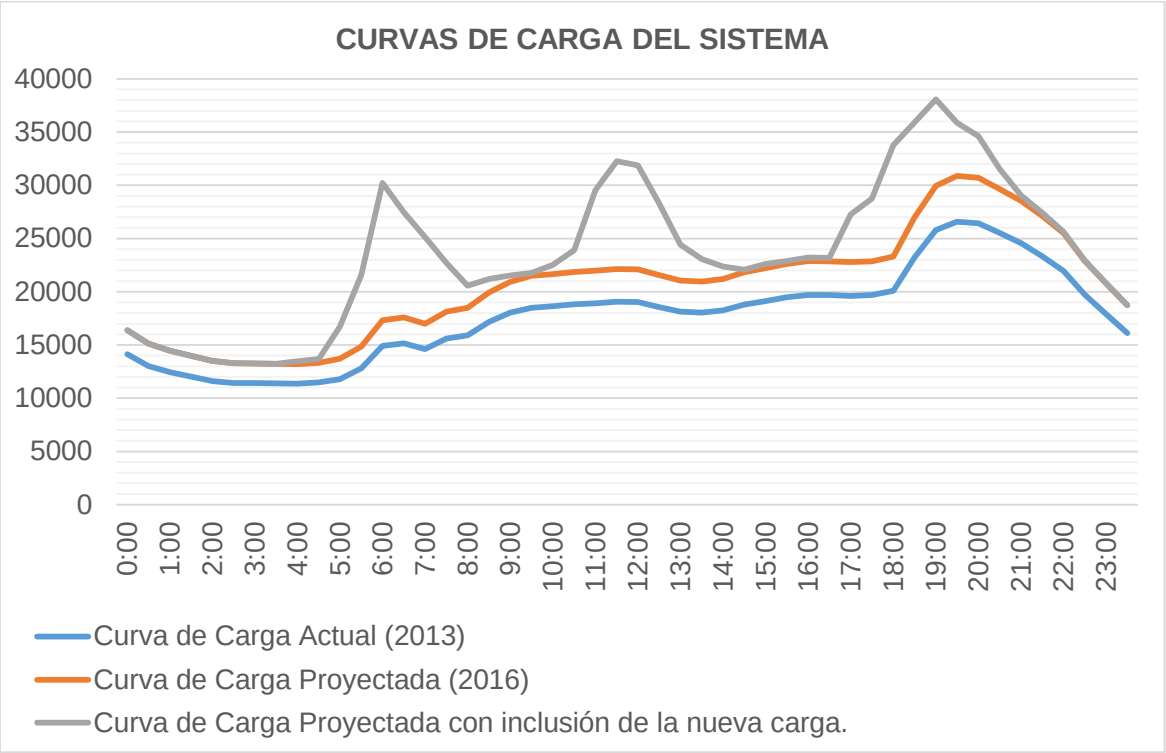


Ilustración 1-3. *Curvas de Carga del Sistema, Curva actual (2013), Curva proyectada (2016) y Curva proyectada con inclusión de la Nueva Carga.*

Cabe señalar que con la puesta en marcha del Plan de Cocción Eficiente, la curva de demanda sufrirá un cambio considerable, se tendrá tres picos a lo largo de todo el día:

- En la mañana entre las 05h00 y 08h00, con una potencia de 30,1 MW.
- Al medio día entre las 10h30 y 14h00, con una potencia de 32,25 MW.
- Y, en la noche entre las 17h00 y 21h00, con una potencia de 38,02 MW.

Una vez determinada la demanda incrementada por el uso de Cocinas de Inducción y Calefones Eléctricos en el sistema de la EERSSA, se realiza un análisis del impacto que esta nueva carga va a tener en las redes de la EERSSA en la ciudad de Loja; para ello se parte del análisis de las distintas S/E que proveen de energía eléctrica a la ciudad y luego a los distintos alimentadores primarios que parten cada S/E.

Se realiza un análisis considerando dos escenarios, uno sin la puesta en marcha del Plan de cocción eficiente (proyección normal de demanda al año 2016) y otro con la puesta en marcha del Plan. Para el análisis del primer escenario, se realiza la proyección de la demanda máxima (2013) de cada S/E, y se compara con la potencia instalada.

Para el análisis del segundo escenario, se toma la potencia de las S/E a la nueva hora pico del sistema (19h00) y se proyecta esta demanda al año 2016, sobre la demanda proyectada se suma la carga por uso de cocinas de inducción y calefones eléctricos. La siguiente tabla resume los resultados obtenidos.

	POTENCIA INSTALADA (MVA)	NIVEL DE CARGA ACTUAL (2013)	PROYECCIÓN SIN PCE (2016)	PROYECCIÓN CON PCE (2016)
OBRAPÍA	15	66,57%	80%	91%
SAN CAYETANO	10	85,72%	100%	118%
NORTE	5	66,74%	85%	119%
SUR	5	101,83%	128%	176%

Tabla 1-1. *Situación actual y futura de las S/E de la ciudad de Loja, con y sin PCE.*

Como se observa en la tabla, la S/E más afectada es la Sur, se tiene un 28% de sobrecarga al año 2016 si se mantiene el crecimiento de demanda estimado y sin la puesta en marcha del PCE; con la puesta en marcha del PCE, se alcanza una sobre carga del 76%. La S/E Obrapía es la única que puede suplir la demanda por uso de cocinas y calefones sin sufrir sobrecargas.

Para determinar la afectación de la carga a incrementarse por uso de cocinas de inducción y calefones eléctricos en los alimentadores, se utiliza la herramienta CYMDIST. En este programa se simula la condición actual y futura de cada uno de los alimentadores para determinar el verdadero impacto del incremento de la carga. Mediante flujos de Potencia se simula el estado de cada uno de los alimentadores y los diferentes elementos que lo conforman, en primer lugar para las condiciones actuales y posteriormente considerando la puesta en marcha del PCE.

La simulación del sistema de Media Tensión de la EERSSA, para las demandas máximas del año 2013, se muestra sin mayores problemas. Se obtienen bajas caídas de tensión, existe solamente un transformador de distribución sobrecargado, siendo el mayor problema el desbalance en las fases que llega a ser mayor del 30% en ciertos alimentadores.

Para la simulación de los alimentadores con ingreso de la nueva carga se obtiene que el 28% de los alimentadores poseen caídas de tensión fuera del rango permisible (4,5%). Todos los alimentadores poseen transformadores de distribución sobrecargados. El desbalance en las fases de los alimentadores continúa siendo un problema considerable.

Todos los alimentadores, sin distinción alguna, sufren cierto impacto con el ingreso de la nueva carga, pero existen algunos que resaltan sobre otros debido a su crítica condición. Después de analizar el panorama se determinó

que el alimentador más afectado y cuya intervención es la más urgente es el Chuquiribamba, siendo éste el seleccionado para reconfigurar.

En la reconfiguración se arranca con el cambio de los transformadores sobrecargados. Se calcula la nueva potencia de los diferentes transformadores y se los reemplaza por los existentes, en todos los puntos donde existen sobrecargas a lo largo del alimentador. Posteriormente se realiza la repotenciación del tramo principal y de algunos tramos secundarios, por medio del cambio de 6,27 km de conductor #2 AWG ACSR por conductor #2/0 AWG ACSR y, 14,15 km de conductor #2 AWG ACSR por conductor #4/0 AWG ACSR.

Para disminuir el desequilibrio entre fases y reforzar los ramales secundarios del alimentador, se realiza el cambio de 14,15 km de ramales monofásicos a trifásicos. Para alivianar y distribuir de mejor manera la carga concentrada en un solo ramal, se realiza una extensión de 19,8 km de ramal principal. Para mantener una correcta operación se incorporan cuatro seccionadores tipo barra, y se realizan transferencias de carga entre fases para poder disminuir el desequilibrio existente.

Una vez aplicados los cambios mencionados, se observa una mejora considerable en las caídas de tensión a lo largo de todo el alimentador, las caídas existentes se mantienen dentro de los rangos permitidos; el desbalance de fases es mucho menor al inicial y se logra una mejor maniobra y operación del alimentador.

CAPÍTULO II. INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS GENERALES

2.1 EL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO

El servicio de electricidad en el Ecuador se inicia desde la conformación de la primera empresa eléctrica en la ciudad de Loja, en 1897. En la década de 1940, para solucionar los problemas existentes y con base en la Ley de Régimen Municipal, el servicio eléctrico pasa a ser atribución de los municipios. En 1961, para optimizar la utilización de los recursos naturales con un enfoque nacional y mejorar las condiciones técnicas y económicas del suministro de energía, el Estado asume la responsabilidad del servicio eléctrico mediante la creación del Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL) y la promulgación de la primera Ley Básica de Electrificación [1].

El INECEL se crea con el propósito de explotar los recursos hidroeléctricos que disponía el país y hacer realidad la integración eléctrica nacional mediante la construcción de un Sistema Eléctrico Nacional Interconectado (SNI). En 1970 inicia la explotación petrolera y el INECEL recibe el 50% de las regalías, provenientes de dicha explotación, recursos que dieron paso a la construcción de los más importantes proyectos hidroeléctricos y la implementación del Sistema Nacional de Transmisión. Para entonces se mantiene una estructura de mercado verticalmente integrado, donde la industria eléctrica era manejada como monopolio natural.

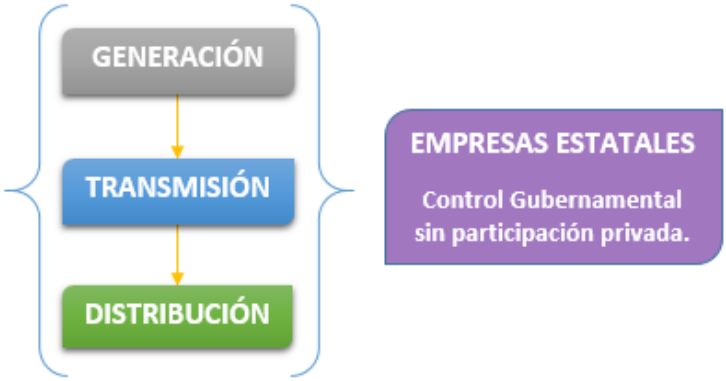


Ilustración 2-1. *Estructura del Sector Eléctrico Ecuatoriano durante la dirigencia del INECEL (1961-1997).*

Con finalidad de reducir el grado de participación del Estado en el sector eléctrico, en octubre de 1996 se promulga la Ley de Régimen del Sector Eléctrico (LRSE), que cambia la estructura del sector eléctrico de un modelo Verticalmente Integrado al modelo de Mercado Eléctrico Mayorista, tal como lo habían hecho países como Chile con relativo éxito. Como paso previo a la privatización se transfiere las acciones del INECEL (generación, transmisión, distribución) a un organismo provisional denominado Fondo de Solidaridad. El 31 de marzo de 1999 terminó la vida jurídica del INECEL habiendo empezado a operar simultáneamente seis empresas generadoras y una transmisora, que nacieron de esa entidad.

El modelo entra en aplicación en noviembre de 1997, cuando se estructuró el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), una entidad con autonomía administrativa, económica, financiera y operativa, que tiene como objetivo elaborar planes para el desarrollo de la energía eléctrica en el país así como ejercer todas las funciones de regulación y control en las diferentes actividades del sector eléctrico definidas en esta Ley.

Se crea el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), que se constituye como: "*una Corporación Civil de carácter eminentemente técnico, sin fines de lucro, cuyos miembros serán todas las empresas de generación, transmisión, distribución y los grandes consumidores. Se encargará del manejo técnico y económico de la energía en bloque, garantizando en todo momento una operación adecuada que redunde en beneficio del usuario final".*[1] Se crea también el Consejo de Modernización del Sector Eléctrico (COMOSEL), como un organismo ejecutor temporal, para el cumplimiento del proceso de modernización del sector eléctrico en el país

Por medio de la LRSE, las instalaciones de generación, propiedad del Estado, se transferirán a Empresas de Generación que conformadas como sociedades anónimas. Las empresas generadoras se encargan de explotar sus empresas por cuenta propia, asumiendo los riesgos comerciales inherentes a tal explotación, bajo los principios de transparencia, libre competencia y eficiencia. Se determina también que sus operaciones se sujetarán a los respectivos contratos de concesión o a los permisos otorgados por el CONELEC, así como a las disposiciones legales y reglamentarias aplicables.

Para el caso de la distribución, se considera la conformación de compañías tenedoras de acciones, a las cuales el INECEL transferiría el 100% de las acciones que posee en las empresas eléctricas del país; entonces, la distribución es realizada por empresas conformadas como sociedades anónimas para satisfacer, en los términos de su contrato de concesión, toda demanda de servicios de electricidad que les sea requerida. El CONELEC es el encargado de otorgar la concesión de distribución, manteniendo un solo distribuidor por cada una de las áreas geográficas fijadas en el Plan Maestro de Electricidad.

Se aclara también que los distribuidores no podrían generar energía eléctrica, salvo la generación existente al momento de entrada en vigencia la Ley, siempre y cuando se constituyan personas jurídicas diferentes e independientes para la operación de esa generación. Así mismo, los generadores no podrán transmitir ni distribuir energía eléctrica [2].

Finalmente se creó TRANSELECTRIC S. A. (Enero de 1999), con la responsabilidad la operación, mantenimiento y expansión del Sistema Nacional de Transmisión (columna vertebral del sector eléctrico ecuatoriano).

[1] [2], Capítulo V: Centro Nacional de Control de Energía CENACE, Artículo 22: Personalidad Jurídica.

Cabe señalar que nunca se llegaron a constituir las empresas tenedoras de acciones, el COMOSEL casi no actuó y solo se concretó una escisión en las empresas de distribución.

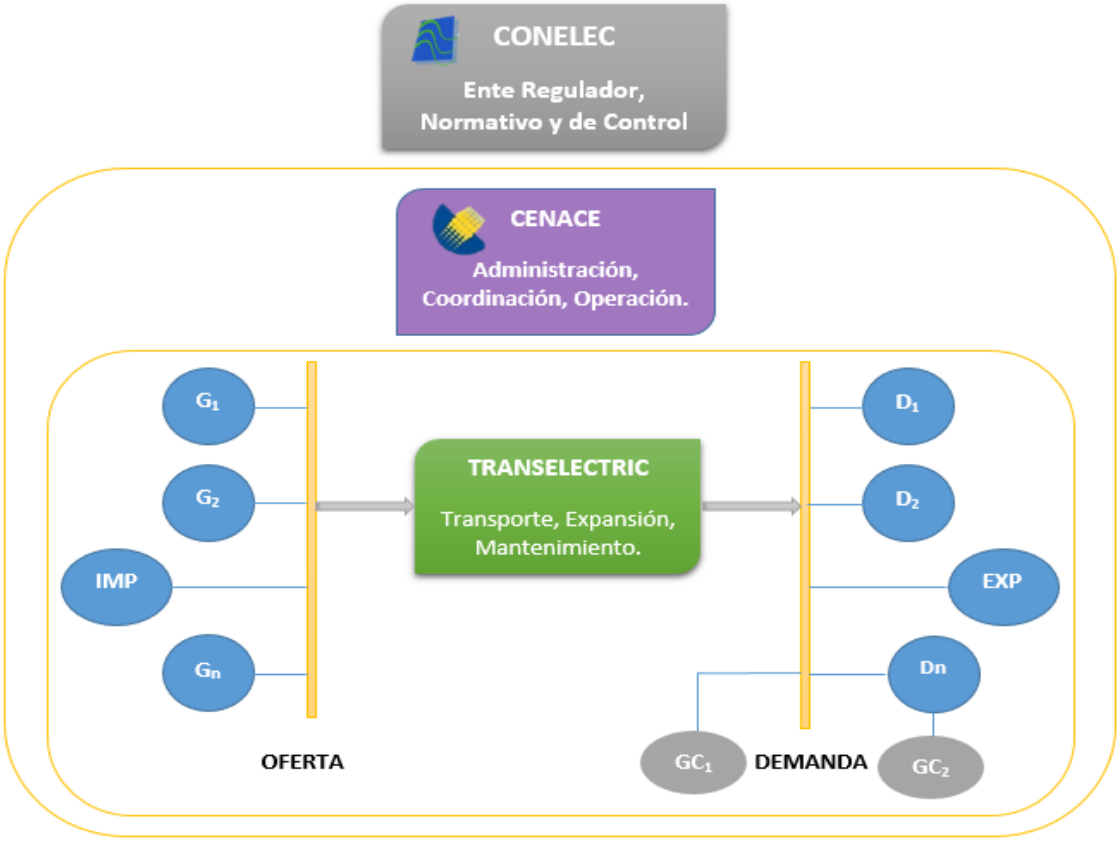


***Ilustración 2-2**. Esquema de la Estructura del Sector Eléctrico Ecuatoriano, 1999.*

De esta manera inició el funcionamiento del Mercado Eléctrico Mayorista Ecuatoriano (MEM), constituido por unidades de negocio en generación, transporte, distribución y grandes consumidores incorporados al SNI, que operan bajo la dirección del CENACE.

La finalidad de la reforma era el incentivar la inversión privada. Con el paso de los años se observó que la anhelada inversión no fue la esperada, además el endeudamiento exagerado del sector con diferentes entidades públicas y privadas, elevadas pérdidas de varias empresas de distribución en especial en la costa (llegando a niveles superiores al 40%), volatilidad de los precios en el mercado Spot (corto plazo), así como el bajo nivel de recaudación y pago de los distribuidores llevaron a que el modelo adoptado tenga un pésimo rendimiento teniendo que ser analizado y restructurado nuevamente [3].

2.1.1 NUEVA ESTRUCTURA DEL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO.

A partir del 2006 y tras los problemas existentes en el sector se producen algunas reformas a la Ley del Régimen del Sector Eléctrico, con las que se busca solucionar parte de la problemática, cambiando principalmente la participación del Estado en el sector, de tal manera que éste recupere su capacidad regulatoria y atribuciones respecto al servicio eléctrico.

El primer paso se dio con una Reforma a la Ley del Régimen del Sector Eléctrico publicada en el Registro Oficial No. 364 el 26 de septiembre del 2006, la misma que facultaba al CONCELEC la elaboración del Plan Maestro de Electrificación con miras a garantizar la continuidad y calidad del suministro de energía eléctrica, y en particular de la generación basada en el aprovechamiento óptimo de los recursos naturales; otro punto importante de esta reforma es el de penalizar las pérdidas de energía [4]. Una serie de iniciativas como la anterior concluyeron en el Mandato Constituyente N˚ 15 (23 de julio del 2008), el mismo que se complementó con la aprobación de la nueva Constitución en noviembre del mismo año.

El Mandato Constituyente N˚ 15, estableció una tarifa única para las empresas de distribución para cada tipo de consumo de energía eléctrica, para lograrlo realiza una serie de cambios en la estructura y funcionamiento del mercado eléctrico ecuatoriano. Los cambios más importantes que se realizaron fueron los siguientes:

- Eliminación del concepto de costos marginales para el cálculo de componente de generación (Mercado Spot) y una restructuración de las tarifas considerando precio referencial de generación, costos del sistema de transmisión y costos del sistema de distribución.
- Se extingue (da de baja), todas las cuentas por cobrar y pagar que existen entre las empresas de generación, transmisión y distribución con participación estatal, pagos pendientes por parte del Ministerio de Finanzas y deudas a PETROECUADOR por venta de combustibles destinados a generación de las empresas antes mencionadas.

El 20 de octubre de 2008, el sector eléctrico es considerado como un sector estratégico y además, el servicio de energía eléctrica se configura como un servicio público. En este contexto, la Constitución en sus artículos 313, 314 y 315 dispone que el Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos (energía en todas sus formas, telecomunicaciones, recursos naturales no renovables, transportes, refinación de hidrocarburos, el agua, etc.), así como ser el proveedor de estos servicios; para ello, el Estado constituye empresas públicas para la gestión de dichos sectores, estas empresas pueden ser mixtas (participación privada) siempre que el Estado sea el accionista mayoritario.

Con este modelo el usuario representa el rol más importante pasando a ser un elemento activo, considerando la energía eléctrica como un servicio y un derecho garantizando el buen vivir de todos los habitantes. "*El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias, y los demás que determine la ley. El Estado garantizará que los servicios públicos y su provisión respondan a los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad*[2]".

Se crea el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) llamado a ser el ente rector del sector eléctrico ecuatoriano y de la energía renovable. Esta entidad es la responsable de satisfacer las necesidades de energía eléctrica del país, mediante la formulación de normativa pertinente, planes de desarrollo y políticas sectoriales para el aprovechamiento eficiente de sus recursos[3].

Con las disposiciones del Mandato No. 15 que faculta la fusión de empresas del sector se crea La corporación Nacional de Electricidad (CNEL) en diciembre de 2008 con la fusión de las 10 empresas eléctricas, que históricamente mantenían los indicadores de gestión más bajos. Teniendo como tarea principal el revertir dichos indicadores en aras de mejorar la situación de las 10 empresas. Se crea también la Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC) en enero de 2009, se constituye la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC S.A, con la fusión de las empresas HIDROPAUTE S.A., HIDROAGOYAN S.A., ELECTROGUAYAS S.A., TERMOESMERALDAS S.A., TERMOPICHINCHA S.A. y TRANSELECTRIC S.A.

En octubre de 2009, se publica la Ley Orgánica de Empresas Públicas, que establece la transformación de las Sociedades Anónimas en las que el Estado, a través de sus entidades y organismos sea accionista único, por ello se crea la Empresa Pública Estratégica Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP, en enero del 2010, la misma que releva en todos los derechos y obligaciones a CELEC S.A. e HIDRONACION S.A.

[2] Artículo 314 de la Constitución del Ecuador aprobada en el año 2008.
[3] Misión del MEER, www.energía.gob.ec

2.1.2 SITUACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO ECUATORIANO

2.1.2.1 GENERACIÓN

Durante el desarrollo histórico del Sector Eléctrico Ecuatoriano, se tuvo una matriz energética constituida en su mayoría por energía térmica mediante el uso de combustibles fósiles con una pequeña incidencia de energía hidráulica y casi nula participación de energías renovables. Además la capacidad de generación no llegaba a cubrir la demanda existente, razón por la que se importaba potencia y energía de países vecinos siendo Colombia el país con mayores aportes a nuestro sistema.

La crisis energética del año 2009, mostró el verdadero rostro del Sector Eléctrico Ecuatoriano, un sector olvidado por gran parte de Gobiernos, poco eficiente y sin la fortaleza necesaria para soportar periodos exigentes como el ocurrido en el año en mención. Con miras a solucionar estos inconvenientes y dar la importancia tanto en atención como inversión que el sector eléctrico requería, se emprendió la construcción de una serie de proyectos termoeléctricos e hidroeléctricos que permitan además desarrollar una matriz energética más limpia así como un abastecimiento seguro y confiable. Al año 2013 la infraestructura por tipo de generación es la que se muestra en la siguiente ilustración:

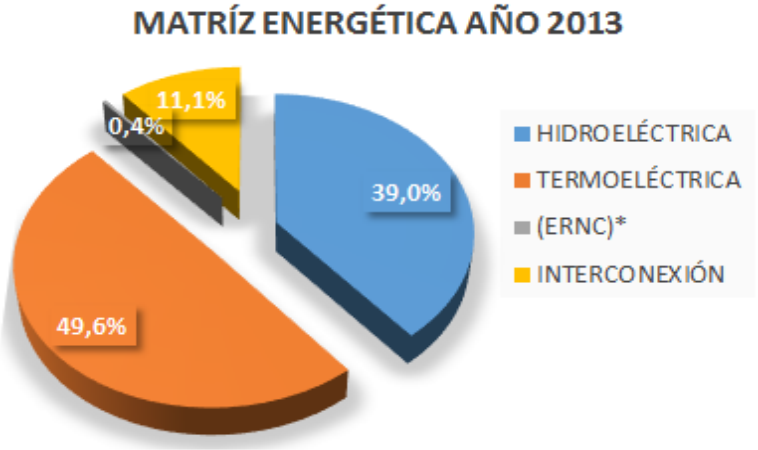


Ilustración 2-3. *Matriz Energética Año 2013.*
Elaboración: el Autor. Fuente: Plan Maestro de Electrificación 2013-2022, Vol. I, [5]

Hasta el año 2017 se tiene planeado la incorporación de al menos 8 proyectos hidroeléctricos, los cuales por su magnitud son considerados proyectos emblemáticos, ellos son: Coca Codo Sinclair (1500 MW), Delsitanisagua (115 MW), Manduriacu (60 MW en 2014), Mazar Dudas (20,82 MW), Minas San Francisco (270 MW), Quijos (50 MW), Sopladora (487 MW), y Toachi Pilatón (253 MW), junto con estos proyectos se construirán otras centrales hidroeléctricas que aportarán al SNI aproximadamente 340 MW.

Además, se incorporará energía térmica con los proyectos Guangopolo II (50 MW), Esmeraldas II (96 MW), Termogas Machala con ciclo combinado (100 MW), Térmicas a Gas ciclo simple I (250 MW), Térmicas a Gas ciclo combinado I (125 MW), y otros proyectos de generación térmica por aproximadamente150 MW.

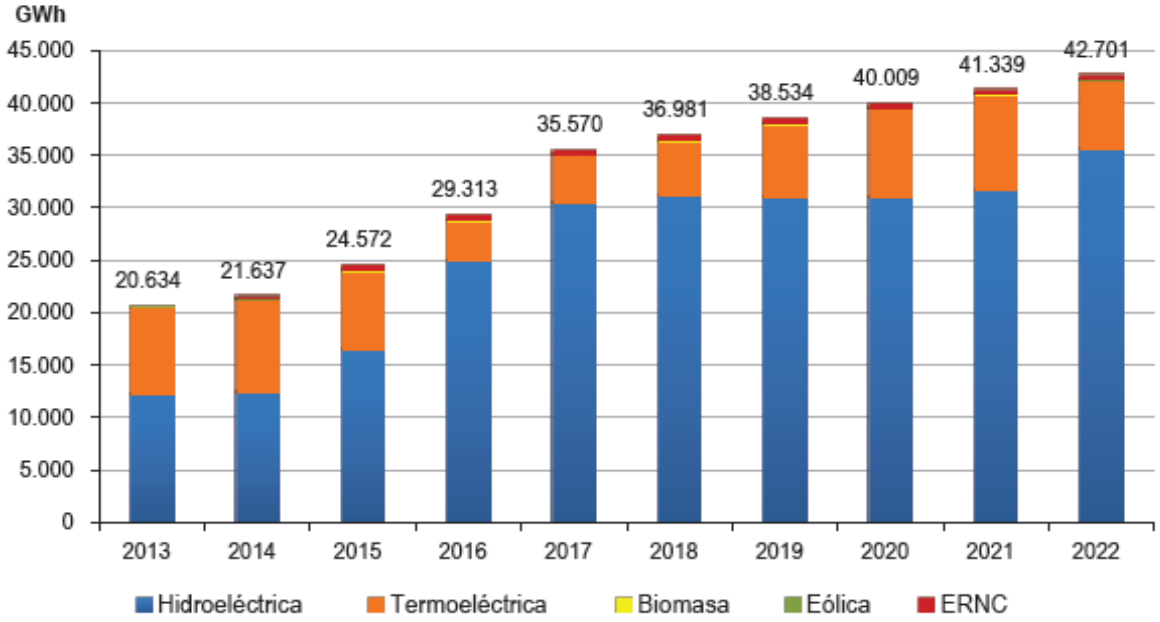


Ilustración 2-4. *Composición de la Generación por tipo de Tecnología.*
Fuente: Plan Maestro de Electrificación 2013-2022, Vol. III, [5]

2.2.1.2 SISTEMA DE TRANSMISIÓN[4]

En nuestro país la transmisión de potencia y energía se realiza a través del denominado Sistema Nacional Interconectado (S.N.I.), a dos niveles de tensión 230 y 138 kV, ambos a una frecuencia de 60 Hz. A nivel de 230 kV existen 1.285 km de líneas en doble circuito y 556 km en simple circuito gran parte de ellas formando un anillo entre las subestaciones Molino, Zhoray, Milagro, Dos Cerritos, Pascuales (Guayaquil), Quevedo, Santo Domingo, Santa Rosa (Quito), Totoras (Ambato) y Riobamba, vinculando de forma directa a los principales centros de generación con los grandes centros de consumo del país.

A nivel de 138 kV se cuenta con 625 km de líneas en doble circuito y 1.093 km en simple circuito, que fundamentalmente parten de manera radial desde el anillo de 230 kV.

Se posee además dos conexiones internacionales:

[4] CONELEC, Plan Maestro de Electrificación 2013-2022, Expansión de la Transmisión del Volumen III.

- Con Colombia: dos líneas de transmisión doble circuito de 212 km de longitud cada una, que permiten la transferencia de hasta 500 MW.
- Con Perú: una línea de transmisión de 107 km de longitud, que permite la transferencia de hasta 100 MW.

Actualmente el Sistema de Transmisión cuenta con los siguientes equipamientos:

- 39 Subestaciones – S/E, distribuidas de la siguiente manera:
    - 15 S/E de transformación de relación 230/138/69 kV.
    - 20 S/E de transformación de relación 138/69 kV.
    - 2 S/E de transformación móviles, de relación 138/69 y 69/13,8 kV.
    - 2 S/E de seccionamiento, una a 230 kV y otra a 138 kV.
- La capacidad máxima instalada en los transformadores de las subestaciones del SNT es del orden de los 8.521 MVA, de los cuales 917 MVA corresponden a la capacidad de reserva de los transformadores monofásicos en varias subestaciones.
- Se cuenta con un total de 306 MVAR de equipos de compensación capacitiva y 100 MVAR de compensación inductiva, distribuidos en varias subestaciones del SNT.

Con el objetivo de integrar al S.N.I. la producción de los diferentes proyectos de generación hidroeléctrica ahora en construcción y además satisfacer eficiente y confiablemente la demanda de electricidad de cargas especiales (Refinería del Pacífico, proyectos mineros, transporte público masivo, industria cementera y metalúrgica, la introducción masiva de cocinas de inducción), se tiene previsto:

- La implementación de 2.065 km de líneas de transmisión de simple y doble circuito.
- La instalación de 7.645 MVA de transformación adicionales.
- La incorporación de 390 MVAR de compensación capacitiva.
- La incorporación de 195 MVAR de compensación inductiva[5].

Para la evacuación de energía generada por los mayores proyectos hidroeléctricos ahora en construcción (Coca Codo Sinclair y Sopladora), se analizó y se estableció como la mejor alternativa de transmisión la implementación de un sistema de 500 kV, que permitirá vincular este proyecto con los principales centros de carga del país. A esta red se la denomina el Sistema de Extra Alta Tensión y Sistemas Asociados 500 kV y 230 kV.

[5] CONELEC, Plan Maestro de Electrificación 2013-2022, Expansión de la Transmisión del Volumen III.

Consta de 2 fases que iniciarán su operación en abril de 2015 y abril de 2016 respectivamente[6].

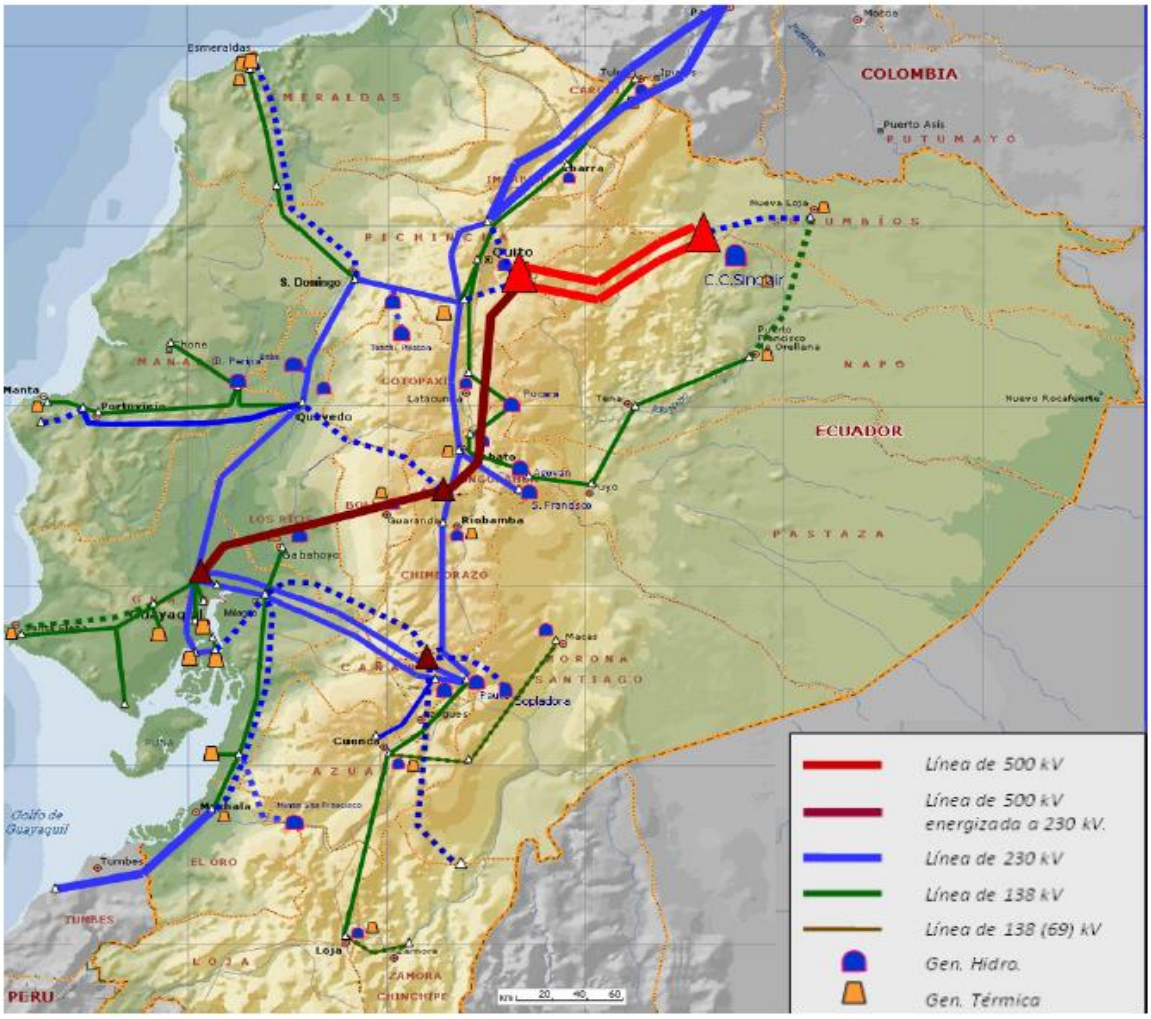


Ilustración 2-5. *Sistema Nacional Interconectado previsto para el año 2016. Fuente CELEC EP, proyección de la Transmisión, www.celec.gob.ec.*

2.2.1.3 DISTRIBUCIÓN

Las empresas eléctricas dedicadas a la distribución de energía, tienen como función distribuir y comercializar energía eléctrica dentro de su área de concesión, manteniendo determinados estándares de calidad, confiabilidad y seguridad.

En base de lo contenido en la Ley de Régimen del Sector Eléctrico (LRSEE), el servicio de distribución de energía eléctrica ha sido concesionado a 11 empresas eléctricas, las mismas que están obligadas a prestar estos servicios cumpliendo con normas que garanticen la eficiente atención a los usuarios.

[6] CELEC EP TRANSELECTRIC, de su glosario Sistema de Transmisión 500kV. www.celec.gob.ec/transelectric

Según el Censo de Población y Vivienda, realizado en noviembre de 2010 por el INEC, el porcentaje total de viviendas con energía eléctrica alcanzó el 93,53%, siendo para el área Urbana el 94,82% y para la Rural el 89,03%, con estos números el Ecuador ocupa el décimo cuarto lugar entre los 26 países que forman parte de la Organización Latinoamericana de Energía –OLADE[7].

Los clientes finales en el sistema de distribución, independientemente de la empresa distribuidora, se clasifican por los siguientes sectores de consumo: Residencial, Comercial, Industrial, Alumbrado Público y Otros.

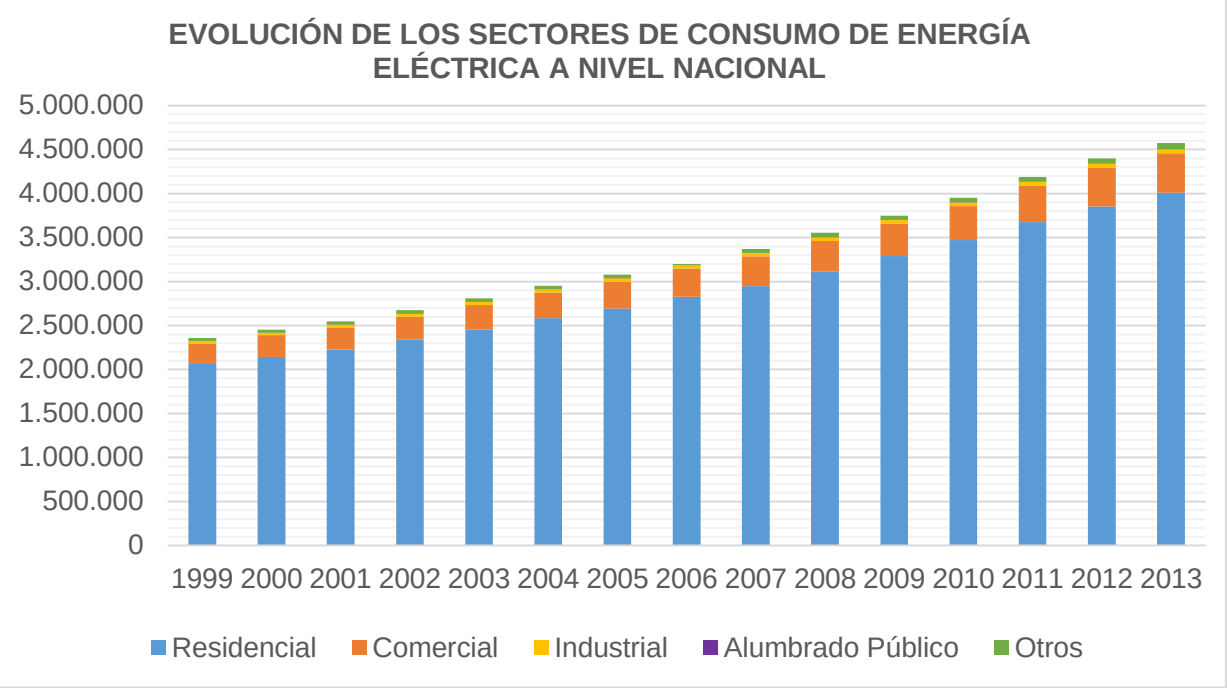


Ilustración 2-6. *Evolución de los sectores de consumo de Energía Eléctrica a nivel nacional. Construcción: el autor. Fuente: CONELEC, Indicadores de Energía Eléctrica Anuales, www.conelec.gob.ec*

Conjuntamente con el crecimiento poblacional y el incremento de los índices de cobertura, viene un crecimiento de la demanda de energía de los usuarios finales. Debemos acotar que el crecimiento de la economía de un país o región (Producto Interno Bruto – PIB) está relacionada directamente al crecimiento del consumo energético aunque no en la misma proporción.

Otro aspecto importante a tratar son las pérdidas de energía que se presentan en un SEP, las pérdidas de energía equivalen a la diferencia entre la energía comprada por la empresa distribuidora y la energía facturada al usuario final, estas pueden ser de dos tipos: pérdidas técnicas y pérdidas no técnicas conocidas también como pérdidas comerciales.

[7] OLADE, Cobertura Eléctrica en América Latina y El Caribe, 2012.

Pérdidas Técnicas: por la naturaleza de transmisión de la energía, es imposible facturar toda la energía que se genera, es decir no se puede mantener la misma cantidad de energía en los diferentes componentes del SEP. Por lo general los centros de generación se encuentran alejados de los centros de carga, por lo que se necesitan extensos sistemas de transmisión que lleven la energía generada hacia los consumidores finales. En este trayecto se pierde una baja cantidad de energía, debido a la edad de los distintos equipos del sistema, las distancias de las redes y transformaciones físicas de electricidad en calor en los conductores, transformadores y bancos de capacitores del sistema, fenómeno conocido como Efecto Joule. Este tipo de pérdidas se presentan en cualquier SEP y no pueden ser eliminadas completamente, sólo pueden ser reducidas a través de la mejora de los distintos elementos de la red.

Pérdidas no técnicas o pérdidas comerciales[8]: equivalen a todo aquello que las distribuidoras entregan pero no cobran a sus usuarios. Este tipo de pérdidas se pueden clasificar en tres tipos:

- **Accidentales:** tienen su origen en el mal funcionamiento, uso u operación de los elementos y equipos de las redes.
- **Administrativas:** es la energía que por algún motivo no se cobra o factura a los usuarios finales. Los factores que aportan a este tipo de pérdidas son ineficientes sistemas para la recaudación y registro o medición deficientes del consumo.
- **Fraudulentas:** hace referencia a la energía tomada por ciertos usuarios evitando mediante algún mecanismo que la empresa de distribución pueda medir o facturar esa energía. Se da principalmente por el robo de energía o la adulteración o intervención en los medidores.

A continuación se muestra la evolución las pérdidas de energía técnicas y no técnicas en los sistemas de Distribución a nivel nacional.

[8] OLADE, Manual Latinoamericano y del Caribe para el Control de Pérdidas Eléctricas Volumen I, 1993.

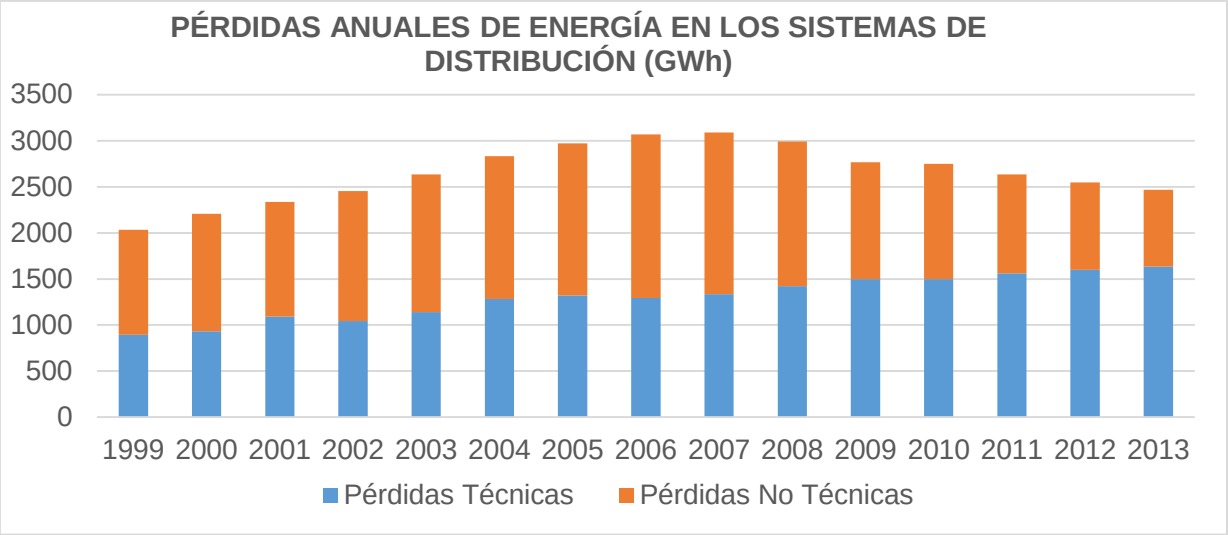


Ilustración 2-7. *Pérdidas Anuales de Energía en los Sistemas de Distribución. Construcción: el autor. Fuente: CONELEC, Indicadores de Energía Eléctrica Anuales, www.conelec.gob.ec*

Haciendo un análisis nacional por región, en la región Costa es donde mayor índice de pérdidas existe, siendo distribuidoras como CNEL-Los Ríos, CNEL-Manabí y CNEL-Esmeraldas las empresas cuyas pérdidas superaron el promedio del 20% durante el año 2013. Además las empresas CNEL-Guayas Los Ríos, CNEL-Milagro, CNEL-Santa Elena y CNEL- El Oro poseen pérdidas sobre el 15%. La unidad de negocio CNEL-Santo Domingo es la única que posee pérdidas menores al promedio nacional con un índice del 10,47%[9].

En el año 2007, las pérdidas no técnicas en el Ecuador llegaron al 14,39% de toda la demanda de energía a nivel nacional recibida y sumaron 1754,18 GWh. Este valor, multiplicado por el precio promedio de todos los grupos de consumo a los clientes el mismo año (US$ 0,075 por kWh), implicó que el Estado deje de percibir aproximadamente US$ 131,56 millones por robos y fraudes de energía. En el año 2013, las pérdidas no técnicas en el Ecuador llegaron al 5,55% y sumaron 946,94 GWh, el precio promedio el mismo año fue de $USD 0,0795 por kWh[10], el producto de estos dos valores da como resultado un valor de aproximadamente US$ 75,3 millones, dinero que el Estado deja de percibir.

[9] CORPORACIÓN NACIONAL DE ELECTRICIDAD, Rendición de Cuentas, www.cnel.gob.ec.
[10] CONELEC, Indicadores de Energía Anuales: Precios medios a clientes finales de distribuidoras (USD c/kWh), Pérdidas anuales de energía eléctrica en los sistemas de distribución (GWh), Demanda Anual por Grupos de consumo, www.conelec.gob.ec.

2.2 LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL DEL SUR S.A (EERSSA)

"La Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A, EERSSA, tiene como finalidad generar, distribuir y comercializar energía eléctrica en el área de concesión y de esta manera dotar del servicio de energía eléctrica a los clientes con estándares de calidad, confiabilidad y seguridad al menor costo posible. La EERRSA, pretende ser una empresa moderna, responsable y referente en la Región Sur del País".[11]

La Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. – EERSSA -, es concesionaria de distribución de energía eléctrica que opera en la región sur del país con cobertura en las provincias de Loja, Zamora Chinchipe y el cantón Gualaquiza de Morona Santiago, exceptuando los sectores del El Tablón (Saraguro) y San Sebastián de Yuluc (Saraguro), tal cobertura abarca un área de aproximadamente de 22.721 km^2.

En lo relacionado a la actividad de distribución, la EERSSA dispone del sistema de subtransmisión mayoritariamente a 69 kV, el sistema de distribución con los niveles de 13,8 kV en la provincia de Loja y 22 kV en la provincia de Zamora Chinchipe y el cantón Gualaquiza; en baja tensión mediante redes y acometidas en los niveles de 240V, 220 V, 127 y 120 V.

El Sistema Eléctrico de Potencia (SEP) de la EERSSA, recibe la potencia y energía del Sistema Nacional Interconectado - SNI a través de la línea de transmisión Cuenca-Loja aislada a 138 kV, la misma que inicia en la S/E Rayoloma (Cuenca) y llega a la S/E Loja. La evacuación de energía hacia la EERSSA se realiza por medio de dos líneas de subtransmisión a 69 kV, la primera hacia la subestación Obrapía y la segunda hacia la subestación Catamayo. Adicionalmente recibe energía de su propio sistema de generación constituido por:

- La central hidroeléctrica de paso "Carlos Mora Carrión", con una potencia nominal de 2.4 MW, que está ubicada en la parroquia Sabanilla, del cantón Zamora, a 32 km de distancia de la ciudad de Loja.

- La central termoeléctrica "Catamayo" ubicada a 1,268 msnm, posee una Casa de máquinas, con 8 grupos motor generador dentro de la misma y 2 grupos adicionales en la parte exterior, los grupos de generación funcionan utilizando combustible Diesel 2, dando una capacidad de 15.1 MW.

[11] Tomado del Plan Estratégico de la EERSSA 2012-2017.

Adicionalmente se tiene planificado el ingreso de nuevos proyectos de generación entre los que se cuentan las Centrales Hidroeléctricas de Isimanchi de 2,25 MW y Delsitanisagua (Propiedad de CELEC-EP) de 180 MW.

2.2.1 SUBESTACIONES

Las subestaciones -S/E- forman parte del sistema de subtransmisión en número de 21, ubicadas a lo largo del área de concesión; la capacidad instalada de las mismas es de 110,7 MVA. La S/E Obrapía (01) y Catamayo (05) son actualmente las principales, debido a que reciben directamente la energía del SNI y sirven de enlace para el resto de subestaciones de la provincia.

Se clasifican en subestaciones de elevación, interconexión y distribución.

Nomenclatura		TENSION (kV)		Capacidad (MW)	Ubicación	Cantón
No.	Nombre	Primario	Secundario	OA		
01	OBRAPIA	69	13,80	10,00	Obrapía	Loja
02	SAN CAYETANO	69	13,80	15,00	San Cayetano	Loja
04	SAN RAMON	22	2,30	3,00	El Tambo	Zamora
05	CATAMAYO	69	13,80	15,00	Trapichillo	Catamayo
06	VELACRUZ	69	13,80	0,80	Velacruz	Paltas
07	CATACOCHA	69	13,80	1,00	Reina del Cisne	Paltas
08	PLAYAS	69	13,80	0,80	Playas	Paltas
09	SARAGURO	69	13,80	5,00	Yarimala	Saraguro
10	CELICA	69	13,80	2,50	La Alborada	Celica
11	MACARA	69	13,80	2,50	San Sebastian	Macara
12	EL EMPALME	69		Sec.	El Empalme	Celica
13	GONZANAMA	69	13,80	2,50	San Pedro	Gonzanama
14	CARIAMANGA	69	13,80	5,00	Baño el Inca	Calvas
15	CHAGUARPAMBA	69	13,80	0,80	La Alborada	Chaguarpamba
17	YANZATZA		22,00	Sec.	Entrada Norte	Yanzatza
18	PINDAL	69	13,80	5,00	El Panecillo	Pindal
19	NORTE	69	13,80	5,00	Motupe Alto	Loja
20	SUR	69	13,80	5,00	Colinas Lojanas	Loja
21	VILCABAMBA	69	13,80	2,50	Malacatos	Loja
22	PALANDA	69	22,00	2,50	Palanda	Chinchipe
23	CUMBARATZA	69	22,00	5,00	Rancho Alegre	Zamora
24	EL PANGUI	69	22,00	5,00	El Pangui	El Pangui

Tabla 2-1. *Características de las S/E del Sistema de la EERSSA.*
Fuente: Plan de Expansión del Sistema Eléctrico de la EERSSA 2015-2025.

2.2.2 LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN.

El sistema de subtransmisión la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. está constituido por 554 km de líneas de subtransmisión -L/S/T- que se encuentran operando como tales, y con 13,7 km que al momento se hallan energizados provisionalmente como alimentador primario expreso (Namírez – Nambija); además se encuentra operando a 69 KV en forma provisional la L/T Loja-Cumbaratza de propiedad de Transelectric aislada para 138KV, mediante el arrendamiento de la misma, medida que se implementó con la finalidad de alimentar el sistema de subtransmisión que sirve a la parte norte de la provincia de Zamora Chinchipe y al cantón Gualaquiza de Morona Santiago.

2.2.3 ALIMENTADORES PRIMARIOS

Los 65 alimentadores primarios de distribución que operan en la EERSSA, parten de las barras de sus respectivas subestaciones a nivel de 22 y 13,8 KV. Los alimentadores que operan a 13.8 KV prestan servicio a la provincia de Loja, y los alimentadores que operan a 22 KV a la provincia de Zamora Chinchipe y al cantón Gualaquiza de la provincia de Morona Santiago.

2.2.4 TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

La EERSSA cuenta en su sistema de distribución con 12.463 transformadores de distribución de los cuales 11.930 son monofásicos, en su mayoría del tipo autoprotegido, y 533 son trifásicos convencionales. La capacidad instalada en transformadores de distribución monofásicos es de 155,3 MVA y de trifásicos 44,2 MVA, con un total de 199,5 MVA.

2.2.5 COBERTURA

La población situada en el área de concesión, según los resultados del Censo 2010 de Población y Vivienda en el Ecuador, es de 557.504 habitantes. Se registran 180.893 clientes a marzo de 2014, de los cuales 157.177, es decir el 87% son residenciales, estimándose un nivel de cobertura del servicio eléctrico en el área de concesión del 94%. A continuación se muestra gráficamente el crecimiento de clientes de la EERSSA desde 2010 a marzo de 2014[12].

[12] La información más actual que se ha podido conseguir es a Marzo del año en curso. Esta información fue prevista por la Gerencia de Planificación de la EERSSA, Ing. Germán Arias.

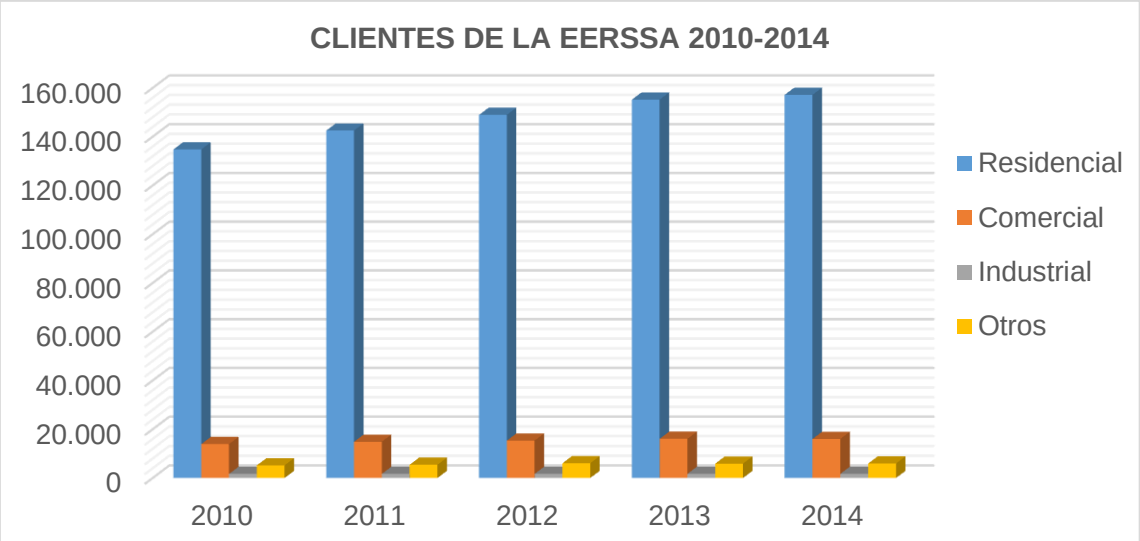


Ilustración 2-8. *Clientes de la EERSSA 2010-2014.*
Construcción: el Autor. Fuente: Información estadística de la Gerencia de Planificación de la EERSSA, Ing. Germán Arias.

2.2.6 PÉRDIDAS

Gracias a la gestión de la EERSSA y a la fuerte inversión en distribución de parte del Estado, a través de sus diferentes planes, las pérdidas tanto técnicas como no técnicas se han reducido considerablemente en los últimos años llegando a ser del 8,61% y 2,04% respectivamente. Manteniéndose por debajo del promedio nacional. A continuación se muestran las pérdidas técnicas y no técnicas desde el año 2010 a marzo del 2014.

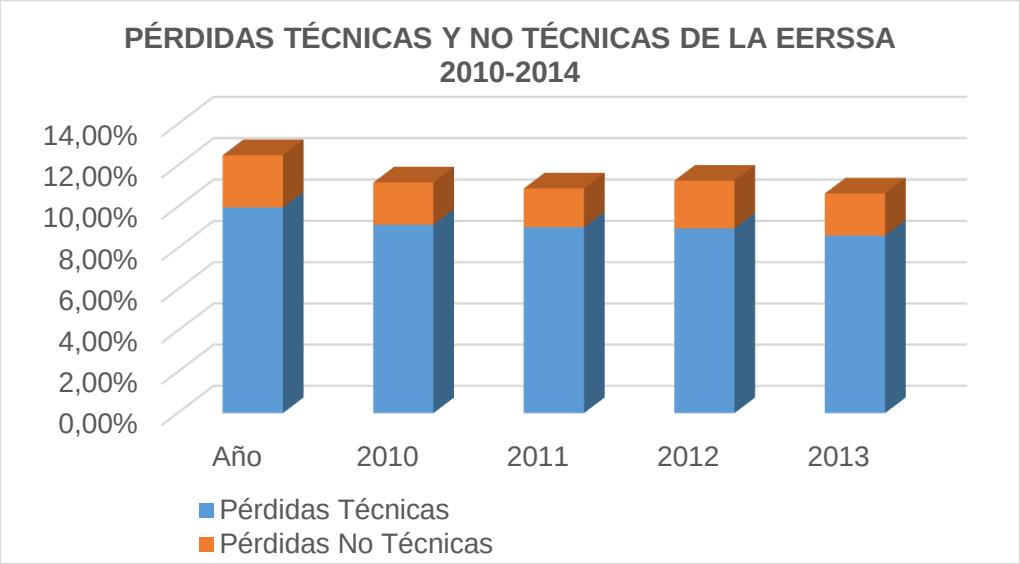


Ilustración 2-9. *Pérdidas Técnicas y no Técnicas de la EERSSA, años 2010-2014.*
Construcción: el Autor. Fuente: Información estadística de la Gerencia de Planificación de la EERSSA, Ing. Germán Arias.

2.2.7 ASPECTOS ECONÓMICOS Y COMERCIALES

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Energía Comprada ($USD)	15.160.621	12.777.287	13.532.232	13.843.985	13.915.661	13.749.130	16.583.455
Precio Promedio Sin Transmision ($UScent/kWh)	5,93	4,65	5,14	4,94	4,62	4,43	5,05
Precio Promedio Con Transmision ($UScent/kWh)	6,98	5,55	5,79	5,49	5,15	4,78	5,42
Energía Facturada (kWh)	189.393.560	202.001.437	208.963.543	220.610.138	241.588.448	257.900.618	271.560.761
$USD total Facturados	22.199.477	22.349.188	20.319.754	21.357.367	23.383.101	25.015.390	26.451.190
$USD Total Recaudados	23.199.396	22.616.137	18.324.489	21.056.465	23.878.018	22.048.998	24.280.495
Precio Promedio ($UScent/kWh)	11,72	11,06	9,72	9,68	9,68	9,70	9,74
Eficiencia Recaudación Año móvil	110,22%	100,21%	94,32%	94,88%	100,83%	93,96%	90,21%

Tabla 2-2. *Indicadores Económicos y Comerciales de la EERSSA 2008-2013. Construcción: el Autor. Fuente: Información estadística de la Gerencia de Planificación de la EERSSA, Ing. Germán Arias*

2.3 PLAN DE COCCIÓN EFICIENTE (PCE)

Según el Censo de Población y Vivienda de 2010, 3.466.737 hogares, es decir el 90,98% de todos los hogares ecuatorianos utilizan Gas Licuado de Petróleo – GLP -, para la cocción de alimentos. En el año 2012 el 92% del total de toneladas de GLP consumidas en el país, se destinaron al sector residencial, esto se traduce en un total de 929.205 toneladas de GLP; de ese total el 76% es importado mientras que apenas el 24% es de producción nacional. Del 100% del GLP usado en el sector residencial el 80% es destinado a la cocción de alimentos, el 15% al calentamiento de agua y un 5% a otros fines[13].

El cilindro de GLP que se comercializa en nuestro país es una bombona de 15 kg, que gracias al subsidio de parte del Gobierno, tiene un precio oficial al consumidor de $USD 1,60 llegando a costar hasta $USD 2 dependiendo del distribuidor y del lugar donde se lo distribuye; mientras que el coste de cada cilindro es de $USD 20,67 en el mercado internacional, de tal manera que el subsidio al pueblo Ecuatoriano es de $USD 19,07 por cada cilindro que se consume[14].

Gracias al cambio de la matriz energética prevista para el año 2016, el Ecuador dispondrá de energía eléctrica producida en su mayor parte por centrales de energía renovable con costos de operación más bajos en relación a centrales térmicas, con energía limpia disponible es necesario incrementar la participación de la energía eléctrica en el sector residencial.

En busca de este objetivo el MEER a través de la Subsecretaría de Energía Renovable y Eficiencia Energética ha planteado la iniciativa denominada Programa Nacional de Cocción Eficiente. Según el documento del “Programa Nacional de Cocción Eficiente”, este plan se fundamenta en la necesidad de aprovechar la disponibilidad energética y poder segregar y fraccionar la utilización de combustibles fósiles (GLP) mediante el remplazo de las cocinas a gas por Cocinas de Inducción Electromagnética, contribuyendo de esta manera a la utilización eficiente de energía[15].

Su principal objetivo es migrar del uso de GLP a la electricidad por inducción para la cocción de alimentos en el sector residencial para de esta manera disminuir el gasto por concepto de GLP al Estado. El Programa busca la incorporación de 3 millones de cocinas eléctricas durante el período 2015 – 2017 y de 1,54 millones entre el 2018 y 2022. Adicionalmente se pretende sustituir los calefones a gas por sistemas eléctricos eficientes de calentamiento de agua para uso sanitario (duchas y calefones).

---

[13] Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, Balance Energético Nacional Año Base 2012.
[14] PETROECUADOR EP, Gerencia de Comercio Internacional 2012.
[15] MEER, Dirección Nacional de Eficiencia Energética, Programa Nacional para la Implementación del Sistema de Cocción Eficiente. www.energia.gob.ec/eficiencia-energetica-sector-residencial.

El programa contempla además un incentivo tarifario para promover la migración del GPL a la electricidad. La cocina de inducción que se planea implementar es un equipo con 3 focos de calor por inducción con una potencia eléctrica límite de 3 kW, funcionando a una tensión de 208 – 240 V. Se pretende entregar con cada cocina un juego de ollas de material ferromagnético[16].

2.3.1 EJES DE INTERVENCIÓN DEL PLAN DE COCCIÓN EFICIENTE

Para la ejecución del plan se han propuesto tres ejes a intervenir:

- Suministro de Energía.
- Fortalecimiento del Sistema Eléctrico.
- Introducción masiva de Cocinas de Inducción.

SUMINISTRO DE ENERGÍA.

Se pretende principalmente incrementar la capacidad instalada con el uso de energía renovable (principalmente hidráulica), de tal manera que se pueda satisfacer el crecimiento de la demanda por uso de cocinas de inducción, manteniendo o mejorando las condiciones de calidad y confiabilidad en el servicio. Este es el eje que mayor avance ha presentado, actualmente ya se construyen grandes proyectos hidroeléctricos que suplirán la potencia y energía proyectada por uso de cocinas[17].

FORTALECIMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO.

Se busca mejorar e intervenir la infraestructura de las redes de Distribución tanto a nivel de media tensión, baja tensión e instalaciones domiciliarias de tal manera que se pueda instalar y utilizar las cocinas de inducción manteniendo índices de calidad del servicio.

Para cumplir con este objetivo es necesario mejorar e incrementar la capacidad de las redes de distribución, cambio y construcción de nuevas acometidas a domicilios conjuntamente con el cambio de medidores monofásicos a bifásicos, modificación de normas y metodologías de diseño de redes de distribución tomando en cuenta la nueva carga; esto representará un gran reto para las empresas de distribución y comercialización de energía, que deberán realizar todos estos cambios en un periodo de 3 años, del 2015 al 2017.

Con la información manejada por el CONELEC, se estima que actualmente se cuenta con 307.322 abonados que pueden ser intervenidos inmediatamente.

[16] Información publicada por el MEER en 2012.
[17] En el punto 2.1.2.1 GENERACIÓN, se muestra con mayor detalle los proyectos hidroeléctricos en desarrollo así como la realidad energética del país en el ámbito de la Generación.

Para lograr la meta propuesta por el MEER, y obtener los resultados esperados; se ha previsto una inversión necesaria de Redes de distribución de USD$ 407.000.000. Esta inversión se la realizará a partir del presente año hasta el 2017, siendo el 2015 el año de mayor desembolso de capital con USD$ 124.160.000[18].

INTRODUCCIÓN MASIVA DE COCINAS DE INDUCCIÓN

La introducción y distribución de cocinas es el eje final del Plan, pero no por ello el menos importante. La introducción de cocinas se realizará paulatinamente desde el año 2014 teniendo como horizonte el 2022, siendo el año 2017 el de mayor influencia.

Conjuntamente con la distribución de cocinas viene el nivel de saturación que se pretende obtener a nivel nacional con el PCE. El nivel de saturación se define como el porcentaje de clientes que tiene al menos una cocina eléctrica. Según el censo de Población y Vivienda del 2010, el nivel de saturación de cocinas eléctricas en el 2010, fue del 0,43% a nivel nacional. Como el indicado nivel de saturación es muy pequeño se considera que al inicio del Plan en 2015 el nivel de saturación es 0%. La siguiente ilustración muestra el programa de incorporación de cocinas de inducción junto con al nivel de saturación esperado.

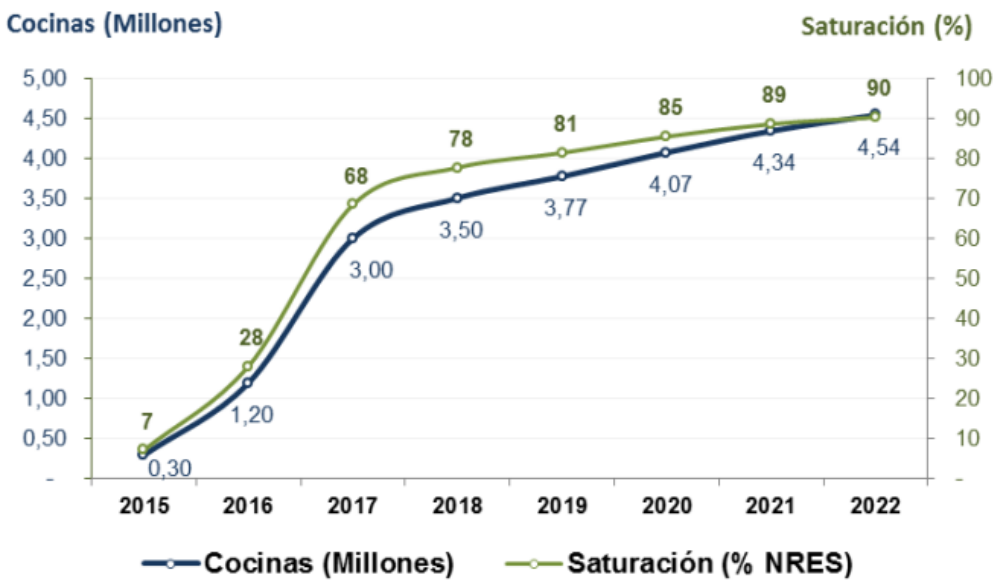


Ilustración 2-10. *Programación de incorporación de Cocinas vs Nivel de Saturación, años 2015-2022.*
Fuente: [6], punto 7.2 Asignación de Cocinas.

El plan en mención se constituye como una adecuada alternativa para aprovechar la disponibilidad de energía limpia, segregando y fraccionando la

[18] MEER, Presentación del Plan de Cocción Eficiente, Quito agosto del 2013.

utilización de combustibles fósiles (gas licuado de petróleo), contribuyendo a la utilización eficiente de energía. Se presenta también como un cambio radical para el usuario en la forma de consumir y utilizar la energía, así como el manejo de tecnologías altamente eficientes e innovadoras.

Finalmente, el Plan de Cocción Eficiente contribuirá al cambio de la matriz productiva del país, estimulando la producción nacional de equipos y electrodomésticos de grandes prestaciones y altamente tecnológicos, convirtiéndose en un aporte considerable para las industrias nacionales. Además, será la oportunidad para que las empresas distribuidoras de energía reordenen, planifiquen, fortalezcan y modernicen las redes de distribución además de mejorar la atención y la calidad del servicio a los clientes finales.

CAPÍTULO III. LA COCINA DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Cocinar se define como la aplicación de calor a los alimentos, por ello, es parte fundamental la generación de calor de tal manera que se pueda transferir la mayor parte de ese calor a un recipiente colocado a nuestra conveniencia. Desde la aparición del fuego, la humanidad ha desarrollado muchas formas de generar calor. Los dos métodos básicos en los tiempos modernos han sido la química (quema de alguna sustancia combustible) y la eléctrica. Existen varios métodos muy diferentes para generar calor por medio de electricidad, los más conocidos y utilizados son: cocinas por calentamiento de una resistencia, calentadores de halógeno y cocinas de inducción.

Una cocina de inducción es un tipo de cocina vitrocerámica que calienta directamente el recipiente mediante un campo electromagnético es decir, el calor se genera directamente en el recipiente de cocción, en lugar de ser generado en la estufa (quemador) por bobinas eléctricas o gas que se quema.

Ilustración 3-1. *Modelo de Cocina de Inducción, marca AEG modelo HK954400FB, 7kW de potencia.*
Fuente: Página oficial de AEG España, Encimeras de Inducción.

Los equipos de inducción pueden ser incorporados sobre una superficie (mesón), ser parte de una cocina de distinta tecnología (usada como respaldo), o ser una unidad independiente auto soportable. Para que se pueda dar la transferencia de calor al recipiente, este tiene que ser de material Ferromagnético, al menos en su base, estos materiales son principalmente compuestos de hierro y sus aleaciones con cobalto, tungsteno, níquel, aluminio y otros metales; son los materiales magnéticos más comunes y son materiales con altas propiedades electromagnéticas, es por ello que los de aluminio, cerámica, vidrio, o cobre no son utilizables en este tipo de cocinas.

Las propiedades y características constructivas de las cocinas de inducción varían de acuerdo al constructor y a su costo, pero generalmente mantienen los siguientes parámetros:

- Sensores en la superficie para control y monitoreo del proceso de cocción.
- Sistemas de bloqueo para niños.
- Temporizadores y alarmas.
- Visualizadores digitales donde se puede apreciar la temperatura y el tiempo.
- Botones de control y manejo.

3.1 HISTORIA

La cocción por inducción no es una nueva tecnología, ésta ha sido utilizada ampliamente en todo el mundo a lo largo de las últimas décadas. Las primeras experiencias en cocinar mediante inducción electromagnética datan de los años 1900, pero fue introducida al mercado en el año 1933 en la feria mundial denominada "Kitchen of the Future" realizada en Chicago.

Las demostraciones de la cocina de inducción en esta feria estuvieron a cargo de Frigidaire, división de General Motors. A pesar del novedoso diseño y funcionamiento nunca tuvo éxito y la producción y comercialización de la cocina de inducción se estancó.

El desarrollo moderno de la cocina de inducción empezó principios de los años 70's en el R&D Center de la Westinghouse Electric Corporation, quienes conjuntamente con el Centro de Investigación y Desarrollo de EEUU, construyeron una cocina de inducción utilizando transistores para sistemas de encendido electrónico que conducían corrientes de 25 kHz. La cocina consistía en un único foco de calor auto soportable y su modelo fue nombrado Cocina de Inducción "Cool Top".

Westinghouse desarrolló también la cocina de inducción denominada "Cool Top 2", en ésta se mejoraban cuestiones de presentación y funcionamiento y además se ofrecía al usuario con un conjunto de utensilios de cocina de alta calidad, tenía un costo de $USD 1500. El lanzamiento de estos productos se hizo público en 1971, y aunque se produjeron cientos de unidades para impulsar su entrada al mercado, éstas nunca tuvieron la acogida esperada[19]. Con el fallo de Westinghouse las cocinas de inducción perdieron completamente el mercado de consumo estadounidense. Otras compañías presentaron ciertos prototipos pero con grandes falencias como baja potencia, poca confiabilidad y ruido.

[19] Artículo de http://www.nicecook.in/facts-about-induction-cookers.

Con la deserción de USA, compañías Europeas tomaron la delantera en el desarrollo de sistemas de cocción por inducción como mecanismo para obtener una demanda más eficiente y ambientalmente más amigable. A través de los años se lanzaron prototipos tanto a los mercados Europeos, Asiáticos y Norte Americanos pero fue en el año 2000 que se lanzó un modelo de cocina de inducción con materiales aislantes en el que se integraba elementos de electrónica de control que incluían funciones como la protección contra el sobre calentamiento y sobrecargas. Además se tomaron disposiciones para reducir la radiación de campos eléctricos y magnéticos así como un elemento de detección del recipiente magnético.

Las nuevas ventajas y características del diseño conjuntamente con la reducción en los costos de fabricación, permitieron a las fábricas construir cocinas de Inducción a un costo muchísimo menor que en años anteriores, con diseños mucho más compactos y además, más eficientes, dando como resultado una gran acogida de parte del mercado Europeo.

Actualmente gran cantidad de compañías dedicadas a la construcción de línea blanca, desarrollan y construyen este tipo de dispositivos con precios de construcción de 20 a 30% [7] más elevados que las cocinas de superficie de cerámica radiante. En Asia se ha producido un fenómeno similar. Un gran número de hogares de Asia están cambiando la cocción tradicional por la cocción por inducción debido al ambiente de cocción seguro y fresco que proporciona. La cocción por inducción es no sólo una manera de usar una energía más eficiente, sino una alternativa segura frente a la cocción tradicional; además, gracias a las recientes mejoras en la tecnología, comercialización y eficiencia han logrado abrir una brecha considerable en el mercado de las cocinas, estando ahora más que nunca, al alcance de la mayor parte de los hogares.

3.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El calentamiento por Inducción es una aplicación directa de las leyes del magnetismo, su explicación teórica se hace por la aplicación de las leyes de la Inducción, como son la ley de Faraday y ley de Ampere, conjuntamente con el Efecto Joule.

Al circular una corriente por un enrollamiento de material conductor (bobina), éste genera un campo magnético cuya distribución viene dada por la ley de Ampere. La ley de Ampere explica, "*La circulación de la intensidad del campo magnético en un contorno cerrado es igual a la corriente que lo recorre en ese contorno*". [8]

$$Ni = \oint \vec{H}\vec{d}l = Hl$$

Ecuación 3-1. *Ley de Ampere para campos magnéticos. [9].*

Donde:

- i: corriente que circula por el conductor.
- N: número de espiras de la bobina.
- l: la longitud del circuito.
- H: el campo magnético.

Si la corriente que aplicamos al conductor es variable en el tiempo, el campo que se genera también lo será, y por lo tanto genera un flujo magnético alterno. Como establece la Ley de Faraday, en todo material conductor sometido a un flujo magnético variable, se generará una fuerza electromotriz cuyo valor es:

$$\varepsilon = -N\frac{d\phi_m}{dt}$$

Ecuación 3-2. *Ley de Faraday para campos magnéticos. [8]*

Donde:

- ε: fuerza Electromotriz (fem) inducida.
- N: número de espiras de la bobina.
- ϕ_m: flujo del campo magnético.

Esta fuerza electromotriz inducida en el interior del material conductor genera corrientes denominadas corrientes de Foucault o corrientes parásitas, esta corriente produce campos magnéticos que se oponen al campo magnético aplicado. Mientras mayor sea el campo aplicado o la conductividad del conductor, mayores serán las corrientes de Foucault y los campos opuestos; este fenómeno produce calor en el conductor debido a una alta circulación de los electrones dentro del conductor.

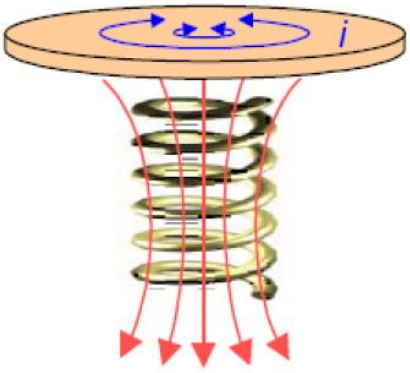


Ilustración 3-2*. Corrientes de Foucault en hornos y cocinas de Inducción.*
Fuente: referencia [9].

"*Se denomina Efecto Joule al fenómeno por el cual si en un conductor circula corriente eléctrica, parte de la energía cinética de los electrones se transforma en calor debido a los choques que sufren con los átomos del material conductor por el que circulan, elevando la temperatura del mismo*" [8]. La potencia disipada por el conductor será:

$$P = I^2 \times R_{eq}$$

Ecuación 3-3. *Potencia Disipada por Efecto Joule.*

Donde:

- P: potencia disipada por el conductor.
- I: corriente que circula por el conductor.
- R_{eq}: resistencia equivalente del conductor.

La disipación del efecto Joule se da en el interior de la sustancia donde se va a calentar, ya que las corrientes se inducen en el recipiente conductor. Es por ello que no existen pérdidas de energía por procesos de transferencia de calor como conducción, radiación o convección; es decir, la energía electromagnética del recipiente se convierte directamente en energía calórica en el contenido del mismo.

Los parámetros más importantes que intervienen en el proceso de calentamiento por inducción son:

- La frecuencia de la corriente.
- La naturaleza del material a calentar y su estado.
- La intensidad del campo magnético inductor.
- El acoplamiento entre el inductor y el recipiente de cocción.

En conclusión una cocina de inducción electromagnética es un electroimán con el que se puede cocinar. Bajo la superficie de la cocina, se encuentra una bobina controlada electrónicamente. Cuando se enciende la unidad, se genera un flujo de corriente a través de la bobina produciéndose un campo magnético que es controlado y dirigido directamente por encima de ella. Por lo tanto lo que hace una cocina de inducción es generar un campo magnético.

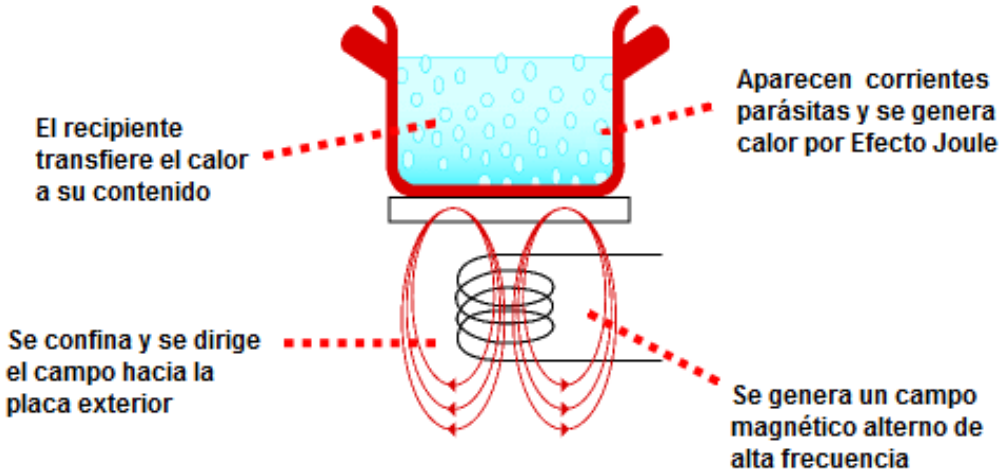


Ilustración 3-3. *Proceso de cocción realizado por una Cocina de Inducción.*
Fuente: http://inductionovens.com/how-induction-works/

3.3 VENTAJAS

La cocina de inducción provee un nuevo concepto en la forma de preparar los alimentos, su diseño simple y fácil manejo presenta una serie de ventajas sobre las estufas convencionales. Los siguientes párrafos describen algunos de los principales beneficios de las cocinas de inducción.

Uso eficiente de la Energía

Las cocinas de inducción son, en la actualidad, las cocinas energéticamente más eficientes ya que utilizan mayor cantidad de calor generado para cocinar los alimentos. La energía en forma de calor se genera directamente en el recipiente de cocción, por ello, casi toda la energía de la fuente se transfiere a los alimentos. Con cocinas a gas o eléctricos convencionales, la energía se convierte primero en calor, luego se transfiere al recipiente y finalmente a los alimentos, perdiéndose una gran cantidad de energía en este proceso [7].

Según el US DEPARTAMENT OF ENERGY CUSTOMER PURCHASE BEHAVIOR, la eficiencia de una cocina de inducción es de 0,84% y un 0,4% para la cocina de GLP. En 2010 se desarrolló un proyecto denominado “Estudio Técnico-Comparativo para la introducción de Cocinas Eléctricas de Inducción Magnética en el Ecuador” por Juan Salazar Masson, estudiante de la Escuela Politécnica Nacional. En este estudio se determinan y comparan ciertas características de la cocina a Gas, eléctrica mediante resistencia y eléctrica de inducción; los resultados correspondientes a la eficiencia se muestran en la siguiente gráfica.

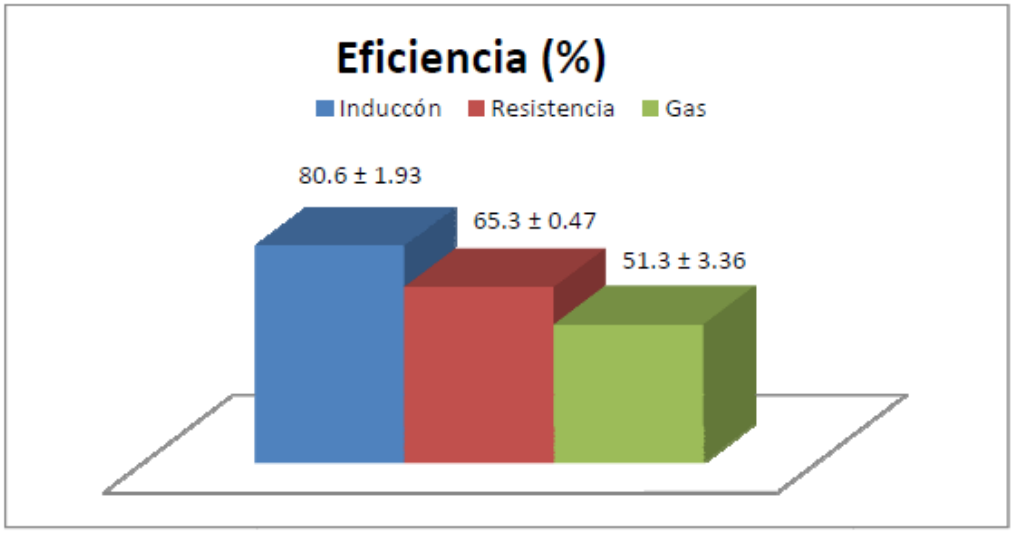


Ilustración 3-4. *Eficiencia de varios tipos de Cocinas.*
Fuente [10].

Como se observa en la ilustración, la eficiencia de la cocina de inducción supera ampliamente a la cocina de GLP y a cocinas eléctricas de distintas tecnologías, lo que representa un menor consumo de energía que sus similares

eléctricas. La alta eficiencia del equipo se refleja en tiempos de cocción más cortos. La siguiente ilustración muestra la comparación del tiempo que tardan diferentes tipos de cocinas en calentar 1,5 litros de agua de 20˚ a 95˚C.

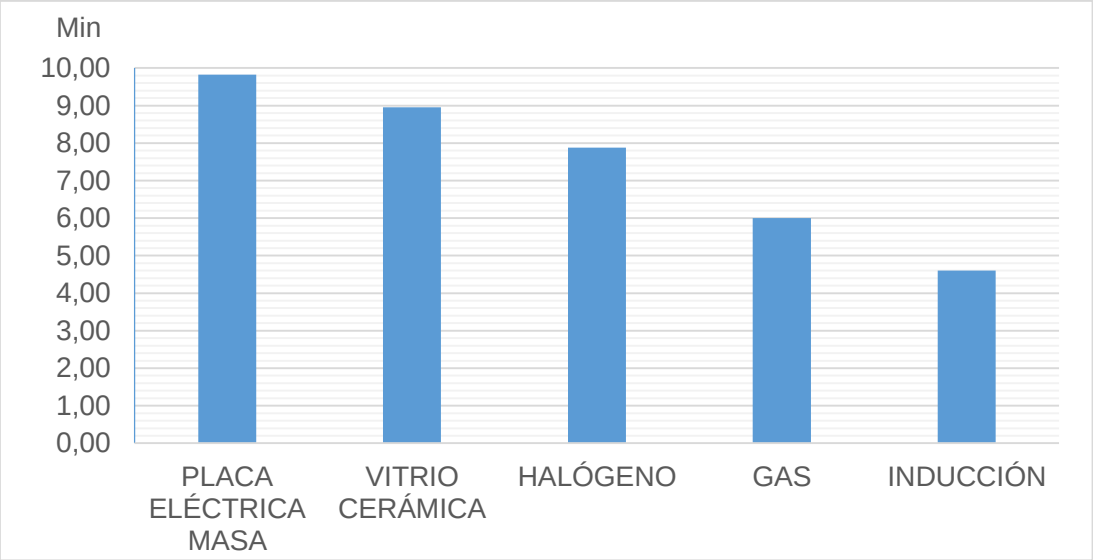


Ilustración 3-5. *Comparación entre diferentes tecnologías del tiempo para calentar 1,5 litros de agua de 20˚ a 95˚.*
Elaboración: el Autor. Fuente: Organización Aragón, Ciencia e Investigación. aragoninvestiga.org

Control instantáneo del Calor

Los fabricantes de cocinas de inducción han incorporado sistemas para controlar y ajustar de acuerdo a la conveniencia del usuario el calor producido. Gracias a dispositivos electrónicos es posible tener un control instantáneo de la energía de la cocina y su tiempo de aplicación, similar a los quemadores de gas, pero con mayor precisión.

No genera calor alrededor del equipo

Una cocina tradicional (GLP, eléctrica por resistencia) tienden a calentar sus zonas circundantes debido a que una fracción considerable del calor destinado a la cocción es desperdiciado. Por el contrario, el efecto de inducción no calienta el aire alrededor del recipiente de cocción, es decir, las cocinas de inducción solamente generan calor en el recipiente de cocción y es muy poca la energía en forma de calor que se pierde y va al ambiente.

Esta es una ventaja bastante importante en zonas donde se tiene elevadas temperaturas, donde el uso de ventiladores o equipos acondicionadores de aire es común, como nuestra Costa y gran parte de la región oriental. En estos lugares, la experiencia de cocción será mucho más agradable que con las tecnologías convencionales.

Seguridad

Gracias a su mecanismo de calentamiento, el uso de la cocina de inducción presenta menores riesgos que el de una cocina tradicional. En cocinas de inducción la posibilidad de lesión por quemadura, así como el peligro de incendio es significativamente menor, ya que no hay llamas o resistencias eléctricas al rojo vivo como en los tradicionales equipos de cocina, y, solamente la cocina se encenderá si se coloca un recipiente apropiado sobre ella. Debido a que ocupan energía eléctrica, no existe riesgo de intoxicación por monóxido de carbono.

El uso de utensilios plásticos es más seguro, como no existe calor en ningún otro lado que el recipiente de cocción, no existe la posibilidad para que éstos se fundan y causen cualquier tipo de accidente. Además, la mayor parte de cocinas de inducción vienen con sensores que controlan la temperatura o apangan automáticamente la cocina si perciben temperaturas anormales o no requeridas.

Otras Ventajas

Una cocina de inducción es fácil de instalar, gracias a su diseño compacto no requiere de grandes espacios y su único requerimiento es tener un circuito de 220V para poder conectarla; además, se distingue como un equipo altamente tecnológico frente a los demás artefactos de una cocina, por lo que es estéticamente agradable.

Para limpiar una cocina de Resistencia eléctrica o una de GLP, es necesario apagarla y esperar a que la placa o quemadores se enfríen, para tener buenos resultados es indispensable el uso de varios productos de limpieza; para la limpieza de una cocina de inducción solamente se requiere un paño húmedo y es posible limpiarla mientras se la está utilizando.

3.4 MERCADO ECUATORIANO PARA LAS COCINAS DE INDUCCIÓN

Hasta ahora el mercado para las cocinas de Inducción en el Ecuador es bastante incipiente, la falta de producción nacional reflejada en el alto costo del producto al consumidor hace que este se convierta en un producto reservado para familias con elevados ingresos. La fuerte inversión que representa la compra de una cocina de inducción frente a una cocina de GLP, no se compensa con el ahorro de la energía primaria que ellas necesitan, por el contrario, al momento en nuestro país es más barato cocinar con GLP que utilizar energía eléctrica.

Considerando las siguientes premisas:

- El precio del kWh es de 9,47 centavos de dólar[20].
- El equivalente energético de 1 cilindro de 15 kg de GLP es de 190,29 kWh, tomando en cuenta la eficiencia de la cocina de inducción y de GLP tenemos 121 kWh efectivos dedicados a cocción[21].

Con ello, podemos calcular el monto a cancelar por uso de energía primaria de la cocina de inducción vs cocina a GLP, considerando que se utiliza un cilindro de GLP mensual. Se pueden manejar los siguientes escenarios:

- **Escenario 1:** se consideran las condiciones actuales del mercado, es decir, se mantiene el subsidio al GLP y no se aplican los subsidios tarifarios al consumo de la cocina de inducción previstos por el MEER.
- **Escenario 2:** se mantiene el subsidio al GLP y se aplica el subsidio a los primeros 80 kWh/mes consumidos por la cocina de inducción[22].
- **Escenario 3:** se elimina total o parcialmente el subsidio al GLP y se aplica el subsidio a los primeros 80 kWh/mes consumidos por la cocina de inducción.

	ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3
	$USD mensuales		
COCINA DE INDUCCIÓN	11,46	3,88	3,88
COCINA A GLP	1,6	1,6	De 15 a 22,85

Tabla 3-1. *Comparación entre el gasto mensual de una cocina de inducción y una cocina a GLP[23].*

Es evidente que actualmente la cocina de inducción no representa un beneficio económico al comprador y dada la diferencia en el costo de su adquisición y en el pago de su energía primaria, la cocina de inducción no es rival para la cocina a GLP. Es necesario propiciar un ambiente atractivo a través de desarrollar las medidas adecuadas para que el uso de cocinas de inducción se vuelva rentable para el consumidor.

En lo referente a la producción nacional de cocinas de inducción el Instituto Nacional de Normalización – INEN -, organismo técnico nacional, competente en Normalización, Reglamentación Técnica y Metrología en nuestro país, ha generado dos normas técnicas referentes a las Cocinas de Inducción, la

[20] Estadísticas CONELEC, Precios medios a clientes finales de distribuidoras año 2013. www.conelec.gob.ec.

[21] Para este cálculo se toma una eficiencia de 80,6% para la cocina de inducción y un 51,26% para la de GLP, valores tomados de [10].

[22] Según las tarifas mostradas en la sección 2.3 del capítulo anterior, los primeros 80 kWh dedicados a cocción, tienen un 100% de subsidio, es decir, serían facturados al cliente final con un valor cero.

[23] Los valores que en esta tabla se muestran son valores referenciales, calculados a partir de la equivalencia energética del GLP, los consumos mensuales tanto de GLP como de energía varían de acuerdo al consumidor.

primera dedicada a Eficiencia Energética y la segunda a Requisitos de Seguridad.

Ambas normas se aplican para cocinas de inducción de uso doméstico, de tensión nominal no mayor a 250 V, que se comercialicen en el Ecuador. A continuación se muestra una imagen con algunos de los parámetros que se indican en la norma de Eficiencia Energética:

Nivel eficiencia energética	Eficiencia térmica (%)	Potencia en espacio Suspendido (W)
A	90	2
B	88	
C	86	5
D (>1 200 W)	84	
E (≤ 1 200 W)	82	

Tabla 3-2. *Parámetros de Eficiencia para una cocina de inducción en el Ecuador. Fuente [11].*

Empresas dedicadas a la fabricación de línea blanca como Induglob, Mabe, Fibroacero y Ecasa ya mantienen conversaciones de carácter técnico con los ministerios de Electricidad y Energía Renovable, y, el de Industrias y Productividad para aclarar, precisar y definir aspectos fundamentales como la provisión de insumos, partes, piezas y reglamentación técnica.

Hoy más que nunca se abren las puertas de la oportunidad no sólo a las grandes industrias sino también a los pequeños y medianos productores. Es una buena ocasión para impulsar y fortalecer la industria nacional de línea blanca y el encadenamiento productivo con medianas y pequeñas industrias, generando oportunidades de crecimiento individual y colectivo.

CAPÍTULO IV. IMPACTO DEL PROGRAMA DE COCCIÓN EFICIENTE EN LOS USUARIOS RESIDENCIALES Y EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LA EERSSA EN LA CIUDAD DE LOJA.

Loja se encuentra al sur de la región interandina (Sierra) de la República del Ecuador, situada a 2100 msnm, fue fundada por el capitán español Alonso de Mercadillo el 8 de diciembre de 1548. Es el mayor de los 16 cantones de la provincia de Loja, seguido de Zapotillo, Paltas y Saraguro; cubre una extensión de 1883 Km^2 equivalente al 17% del territorio provincial (11027 Km^2) [12]. El clima de la ciudad de Loja es templado – ecuatorial, sub húmedo, caracterizado por una temperatura media del aire de 16 °C y una lluvia anual de 900 ml.

Está ubicada entre los ríos Zamora y Malacatos. Políticamente se divide en 4 parroquias urbanas, 13 parroquias rurales y 174 barrios. Entre las parroquias urbanas que son las que en el presente estudio se analizan están: El Valle, El Sagrario, San Sebastián y Sucre.

Según datos oficiales del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos – INEC, del censo realizado en noviembre del 2010, la población del cantón Loja es de 214.855 habitantes, y en la zona urbana habitan 170.280 habitantes. Aunque en datos reales del área de aglomeración urbana (incluyendo los suburbios y zonas periféricas), la ciudad llega a una población real de 180.617 habitantes.

El 48,16% de la población del cantón Loja son varones y el 51,84% mujeres, con una tasa de crecimiento anual del 2,27% siendo la mayor a nivel nacional. La población de la ciudad de Loja representa el 86% del total del cantón Loja y el 33,5% de la población total de la provincia de Loja. Debido a la emigración de la población rural hacia la ciudad, Loja ha crecido considerablemente en los últimos años, es por ello que posee una tasa de crecimiento poblacional del 23% siendo la segunda mayor del país, superada solamente por la ciudad de Santo Domingo con un 28% [13].

La población económicamente activa (PEA[24]) del cantón Loja es de 91.978 personas que representan el 43% del total de la población, de ellas el 58% tiene edades inferiores a 39 años. A nivel provincial el 26% de la PEA está ocupada plenamente, el 69% está subempleada y el 5% desempleada. En el cantón Loja la PEA se distribuye entre los siguientes sectores:

- Sector primario: actividades dedicadas a la agricultura y ganadería.
- Sector secundario: actividades relacionadas a la industria manufacturera.
- Sector terciario: actividades relacionadas con el comercio y la prestación de servicios.

[24] La Población económicamente activa la constituyen todas aquellas personas que contribuyen o están disponibles para la producción de bienes y/o servicios.

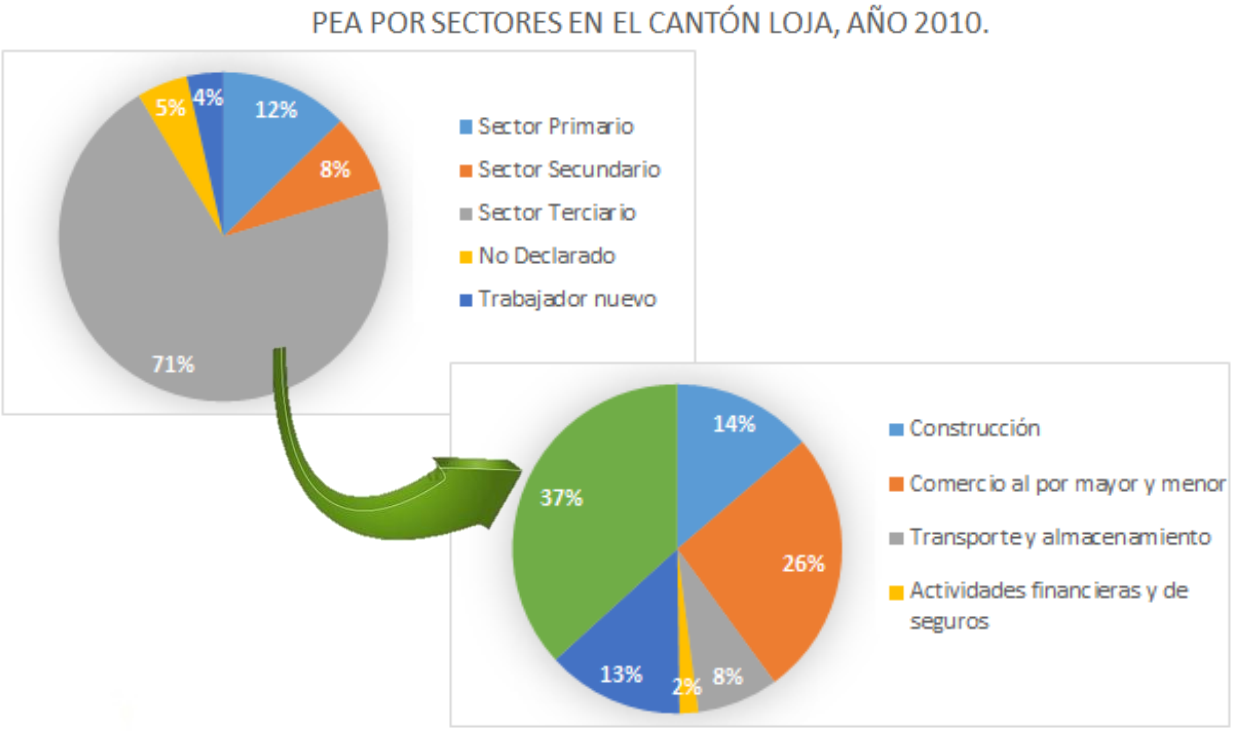


Ilustración 4-1. *Población Económicamente Activa del cantón Loja, Año 2010. Elaboración: el autor. Fuente [13].*

La siguiente tabla muestra la evolución de PEA de acuerdo a la información obtenida en los censos de 1990, 2001 y 2010 realizados por el INEC.

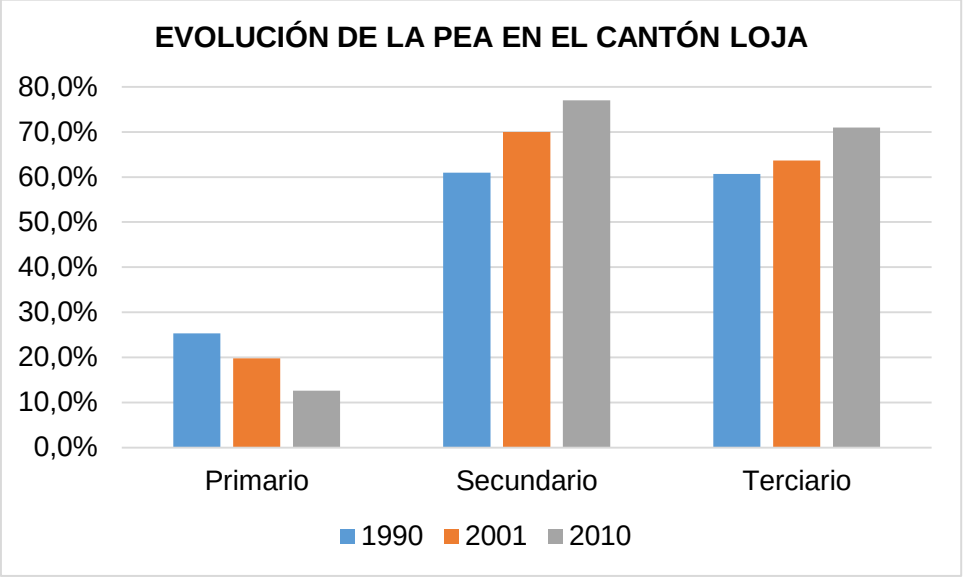


Ilustración 4-2. *Evolución de la PEA en el Cantón Loja. Elaboración: el Autor. Fuente [12].*

4.1 CULTURA Y COSTUMBRES DE ALIMENTACIÓN EN LA CIUDAD DE LOJA

"La historia de la alimentación, las formas en las que se producen, se elaboran y se consumen los alimentos; están ligadas con las costumbres y cultura de una sociedad que nos da cuenta de la historia de un pueblo"[25]

La importancia de la gastronomía lojana tiene tras de sí una amplia historia, pues deriva de los Paltas, los Incas y de los españoles, tras la conquista. Este mestizaje cultural logra que la alimentación en la región sea altamente variada.

La alimentación de los habitantes de Loja y su provincia se basa en granos verdes o secos, entre los que sobresalen leguminosas como la arveja, fréjol, haba y zarandaja, ésta última, originaria del norte del Perú y la provincia de Loja, única en el país; tubérculos como melloco, yuca, camote, papa; verduras y más productos como maíz, guineo y arroz. Adicionalmente, la alimentación de los lojanos se compone de carne de pollo, cerdo y res, principalmente; aunque, en ciertos cantones se mantiene la tradición de consumir carne de cuy, conejo, chivo y borrego.

Productos como la caña de azúcar, que se produce en los valles cálidos, el café, arroz y maíz, son muy apetecidos y apreciados por el habitante de esta provincia. El procesamiento de la caña de azúcar, por medio de la molienda, permite obtener derivados como panela, azúcar y en varios sectores, licor. Estos productos se han convertido en uno de los principales sustentos y motor de la economía de la provincia, especialmente de cantones como Pindal, Celica, Puyango, Macará y Catamayo; y su consumo es infalible entre la inmensa mayoría de lojanos.

El acto de cocinar es considerado una de las actividades más importantes de la familia lojana y cumple funciones sociales y culturales de gran trascendencia. El trabajo culinario en la ciudad y provincia de Loja, sigue siendo mayoritariamente femenino, debiéndose señalar que la hora de la comida representa un alto valor dentro del núcleo familiar, ya que constituye un momento de unión familiar, ideal para compartir e intercambiar experiencias.

Por lo antes señalado, la mayor parte de las familias de la ciudad de Loja, aún mantienen la costumbre de preparar en casa los tres alimentos del día: desayuno, almuerzo y cena; y por ende, comer y compartir juntos estos importantes momentos del día; a diferencia de las ciudades grandes del país, donde por la distancia entre los lugares de trabajo y el hogar, la familia se reúne en horas de la noche.

[25] Fragmento tomado del artículo: "Alimentación en la Antiguedad", revista digital CON+CIENCIA, http://www.conevyt.org.mx/

4.2 SERVICIO ELÉCTRICO EN LA CIUDAD DE LOJA

La ciudad de Loja es servida por medio de cuatro subestaciones (S/E): Obrapía, San Cayetano, Norte, y Sur; de donde se desprenden 18 alimentadores que son las arterias por donde se distribuye la energía en toda la ciudad. A agosto del año 2013 la EERSSA cuenta con 50.110 clientes residenciales en la ciudad de Loja con una cobertura del servicio eléctrico de aproximadamente el 98%. La clientela de la ciudad de Loja está conformada en un 84,98% residencial, 13,75% comercial y apenas un 1,27% industrial[26]. Se tiene 130,32 km de ramales trifásicos, 11,59 km bifásicos y 351,58 km monofásicos.

S/E	CÓDIGO ALIMENTADOR	NOMBRE ALIMENTADOR	No. CLIENTES
OBRAPIA	0111	Chontacruz	5845
	0112	IV centenario	5199
	0113	Hospital	1639
	0114	Celi Román	2381
	0115	Consacola	2379
	0116	Villonaco	467
SAN CAYETANO	0211	Sur	3183
	0212	Norte	3971
	0213	Juan de Salinas	2198
	0215	Centro	700
	0216	El Calvario	1608
NORTE	1911	Chuquiribamba	2743
	1912	Parque Industrial	2190
	1913	Motupe	2939
	1914	Carigán	250
SUR	2011	Cajanuma	1889
	2012	Pío Jaramillo	4652
	2013	Yaguarcuna	5876

Tabla 4-1. *S/E y Alimentadores que sirven a la ciudad de Loja.*
Construcción: el autor. Fuente: Cobertura Eléctrica a Agosto de 2013, SISDAT EERSSA.

4.3 METODO DE CÁLCULO DE LA INCIDENCIA DE LAS COCINAS DE INDUCCIÓN

Para determinar la afectación de la puesta en marcha del Plan de Cocción Eficiente en las redes de distribución de la EERSSA en la ciudad de Loja, se debe partir del análisis del uso actual que los clientes residenciales están dando a sus cocinas y calefones a GLP, esto se hace determinando las Curvas

[26] Información tomada del SISDAT de la EERSSA.

de hábito de uso Horario o Factor de Variación Horario tanto para la Cocina de GLP como para el Calefón de GLP. Para se ha propuesto la siguiente metodología:

1) Identificar la población y muestra sobre los que se ha de realizar el estudio.
2) Realizar una investigación de campo por medio de encuestas aplicadas a los segmentos antes determinados.
3) Recopilar y tabular los datos obtenidos.
4) Procesar y Analizar los datos obtenidos.

4.3.1 POBLACIÓN, SECTORES Y SEGMENTOS HA REALIZAR EL ESTUDIO

La investigación de campo que se plantea hacer será sobre una población relativamente grande pero bastante específica, por ello se han propuesto los siguientes estratos como puntos de partida:

- Población: Zona Urbana de la Ciudad de Loja.
- Sector: Clientes Residenciales conectados a los alimentadores de la EERSSA.

El primer paso para cumplir este objetivo es identificar la población, para ello se tomó la información levantada por el SISDAT, propiedad de la EERSSA, a Agosto del 2013[27]. De esta información se tiene que los clientes residenciales conectados a los alimentadores primarios que sirven a la ciudad de Loja son de 50.110.

Una vez delimitada la población de estudio, procedemos a calcular el tamaño de la muestra a ser encuestada, para ello se ha recurrido a tres métodos estadísticos, los cuales se describen a continuación:

SELECCIÓN DE LA MUESTRA ESTRATIFICADA A PARTIR DE LA POBLACIÓN SELECCIONADA

$$\boldsymbol{n_0 = \left(\frac{z}{\varepsilon}\right)^2 \times p \times q}$$

$$\boldsymbol{n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}}$$

Donde:

- $\boldsymbol{n_0}$: Cantidad teórica de elementos de la muestra.
- $\boldsymbol{n}$: Cantidad real de elementos de la muestra.

[27] La delimitación de la población para realizar la encuesta se desarrolló en el mes de Noviembre de 2013, en esta fecha la información más actual disponible, era la tabulada a Agosto del mismo año.

- $\boldsymbol{N}$: número total de elementos que conforman la población.
- $\boldsymbol{z}$: Valor estandarizado en función del grado de confiabilidad de la muestra calculada.
- $\boldsymbol{\varepsilon}$: Error asumido en el cálculo
- $\boldsymbol{q}$: probabilidad de la población que no presenta las características.
- $\boldsymbol{p}$: Probabilidad de la población que presenta las características.

TAMAÑO MUESTRAL DE UNA POBLACIÓN CONOCIDA

$$\boldsymbol{n = \frac{N \times z^2 \times p \times q}{i^2(N-1) + z^2 \times p \times q}}$$

- $\boldsymbol{N}$ = Tamaño de la población.
- $\boldsymbol{p}$ **=** Probabilidad de éxito.
- $\boldsymbol{q}$ = Probabilidad de fracaso
- $\boldsymbol{z}$ = valor en función del grado de confiabilidad de la muestra.
- $\boldsymbol{i}$= error que se prevé cometer

FORMULA PARA POBLACIONES FINITAS BALESTRINI

$$\boldsymbol{n = \frac{4 \times P \times Q \times N}{4 \times Q \times P + (N-1)E^2}}$$

- $\boldsymbol{n}$ = Tamaño de la muestra
- $\boldsymbol{N}$ = Tamaño de la población
- $\boldsymbol{4}$ = Estadístico que prueba al 95% de confianza
- $\boldsymbol{E^2}$= Máximo error permisible (15%)
- $\boldsymbol{P}$ = Probabilidad de éxito
- $\boldsymbol{Q}$ = Probabilidad de fracaso

Los valores a tomarse para la solución de los métodos anteriores fueron los siguientes:

- $\boldsymbol{z}$: Para este parámetro se tomó un valor estandarizado en función del grado de confiabilidad asumido. El valor más empleado en este tipo de investigaciones era un 95% de confianza que equivale a un valor de z=1,96.

- $\boldsymbol{\varepsilon}$: El error se puede asumir entre un 1 hasta un 10%, de acuerdo a los métodos se recomienda que para un N mayor que 10 se asuma un 5% de error.

- $\boldsymbol{p\ y\ q}$: como no se tiene información adicional de procedimientos similares al desarrollado o investigaciones similares, y por el gran tamaño de la población se asumen valores de 50% para cada parámetro.

Resultados de los Métodos Estadísticos Aplicados

Los primeros dos métodos determinaron que para la población involucrada en la investigación, se tiene una muestra de 381; el tercer método determinó una muestra de 254. Con estos resultados se tomó el mayor número de muestras, es decir, para obtener resultados con los parámetros establecidos (confiabilidad, error, éxito o fracaso), se deben desarrollar 381 encuestas distribuidas de acuerdo al número de clientes de cada alimentador. En la siguiente tabla se detalla el número de encuestas a realizarse de acuerdo al número de clientes conectados a los diferentes alimentadores de las cuatro S/E que abastecen a la ciudad de Loja.

S/E	CÓDIGO ALIMENTADOR	NOMBRE ALIMENTADOR	No. CLIENTES	No. DE ENCUESTAS P,Q=0,5	No. DE ENCUESTAS TOTALES
OBRAPIA	0111	Chontacruz	5845	44	44
	0112	IV Centenario	5199	40	40
	0113	Hospital	1639	12	14
	0114	Celi Román	2381	18	18
	0115	Consacola	2379	18	18
	0116	Villonaco	467	4	14
SAN CAYETANO	0211	Sur	3183	24	24
	0212	Norte	3971	30	30
	0213	Juan de Salinas	2198	17	17
	0215	Centro	700	5	14
	0216	El Calvario	1608	12	14
NORTE	1911	Chuquiribamba	2743	21	21
	1912	Parque Industrial	2190	17	17
	1913	Motupe	2939	22	22
	1914	Carigán	250	2	14
SUR	2011	Cajanuma	1889	14	14
	2012	Pío Jaramillo	4652	35	35
	2013	Yaguarcuna	5876	45	45

***Tabla 4-2**. Resumen de S/E, Alimentadores, Clientes y número de encuestas realizadas.*

Por la baja cantidad de clientes conectados, el número de encuestas a realizarse en ciertos alimentadores (Hospital, Villonaco, Centro, Carigán) era demasiado bajo y no representaba una muestra confiable, por ello se tomó una muestra mínima de 14 encuestas para estos alimentadores. El número total de encuestas a realizar fue de 416.

4.3.2 DESARROLLO Y PRESENTACIÓN DEL MODELO DE ENCUESTA

La encuesta se desarrolló principalmente para determinar el uso que los clientes residenciales conectados a las redes de distribución de la EERSSA en la ciudad de Loja, dan a la cocina y al calefón de GLP (si lo poseen). Está

dirigida a las cabezas de hogar, que utilizan al menos una cocina de GLP y se encontraban realizando algún trámite en el departamento de atención al cliente en el edificio principal de la EERSSA.

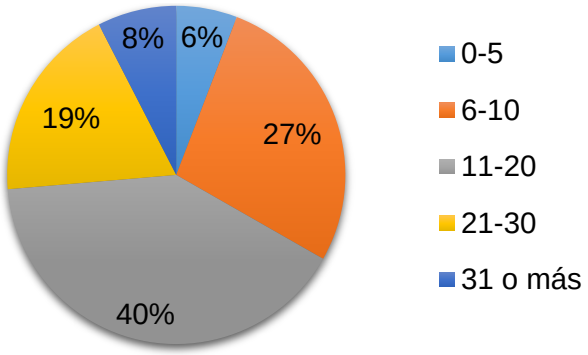
El modelo de la encuesta se lo desarrolló con base en el Estudio de Usos Finales de la Energía, realizado por la Empresa Eléctrica Quito y por el modelo de encuesta planteado por el Ing. Emilio Calle (CONELEC), quién se encuentra realizando una encuesta de uso de GLP a nivel nacional. Con estas dos referencias se creó un modelo que se muestra en el ANEXO 1.

Para evitar errores en el manejo y procesamiento de los datos, se utilizó la herramienta Google Forms[28]. Esta herramienta permite automáticamente tabular los datos que se van ingresando, de manera gráfica y también muestra la información ingresada en un documento de EXCEL. La encuesta se realizó de manera personal a quienes voluntariamente colaboraron. Cerca de llegar al número prestablecido de encuestas, se observó que ciertos alimentadores no contaban con el número esperado de encuestas sino, que debido al proceso aleatorio de la toma de las muestras, se alejaban del número deseado. Por el contrario otros alimentadores excedían el número de encuestas ya definido. Por ello, se realizaron encuestas en ciertos sectores que recorren estos alimentadores de tal manera que se pueda tener el número total de las muestras. Al final del proceso, se terminaron realizando 463 encuestas.

4.3.3 PROCESO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados de la encuesta arrojaron ciertos comportamientos esperados y otros completamente reveladores, a continuación se resumen las preguntas, que a parecer del autor, son predominantes en el desarrollo del presente estudio[29].

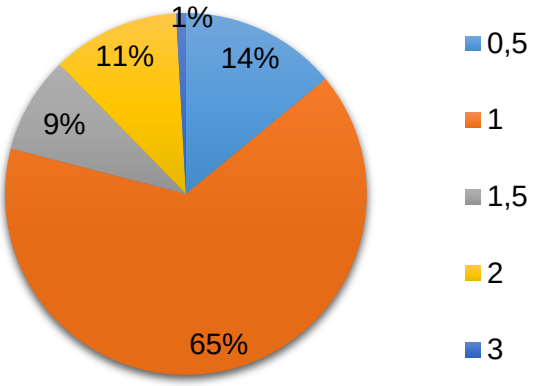
En la ciudad de Loja, el 73% de los consumidores pagan una tarifa igual o inferior a los $USD 20, siendo solo el 27% quienes superan este rango.



[28] Herramienta propiedad de GOOGLE, y puede ser usada por los usuarios de la herramienta GOOGLE DRIVE. https://docs.google.com/forms/ .
[29] Los resultados de todas las preguntas realizadas en la encuesta se muestran en el ANEXO 2.

El 100% de los encuestados tienen por lo menos una cocina a GLP en sus hogares, siendo el 74% de éstas de 4 quemadores.

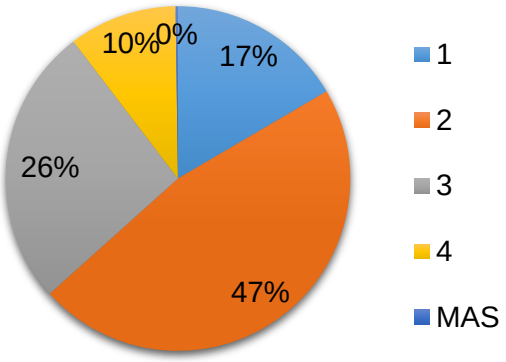
Respecto al cilindro de GLP destinado solamente a la cocción de alimentos el 65% de encuestados utilizan un (1) cilindro de 15 kg de GLP al mes, un 14% uno cada dos meses y solo el 21%, más de un cilindro al mes.



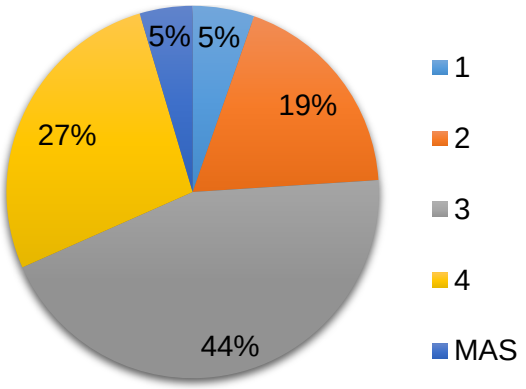
Respecto al calentamiento de agua, solo un 55% de los encuestados utilizan agua caliente, de ellos, el 19% utiliza un calefón a GLP. El 67% de los hogares que utilizan calefón para el calentamiento de agua, gastan un (1) cilindro de 15 kg de GLP al mes, el 27% uno (1) cada dos meses y apenas el 6% utilizan más de un (1) cilindro al mes.

Tiempos y Costumbres de Cocción

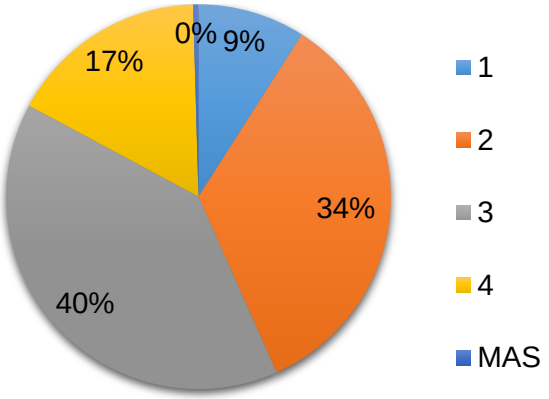
De las encuestas realizadas, el 98% prepara el desayuno en su casa, mientras el 2% no lo hace. El 64% utiliza uno (1) o dos (2) quemadores y el 36%, más de dos.



Respecto a la preparación del almuerzo, el 85% lo hace en casa; mientras, el 15% no prepara el almuerzo en su casa. De las personas que preparan el almuerzo en su casa, el 76% utilizan tres (3) o cuatro (4) quemadores y solo el 24% utilizan uno (1) o dos (2).



El 96% de los encuestados preparan la merienda/cena en su casa, mientras que el 4% no lo hace. De este 96%, el 43% utiliza % utilizan uno (1) o dos (2) quemadores y el 57% utiliza utilizan tres (3) o cuatro (4).



Curvas de hábito de uso Horario o Factor de Variación Horario de Calefones y Cocinas a GLP.

Para obtener la curva de uso horario de cocinas a GLP, se realiza una curva para cada uno de los alimentadores. Se divide el día en intervalos de 30 min, y se van ubicando los clientes de acuerdo a los datos obtenidos en la encuesta, ingresándolos de acuerdo a la hora que utilizan la cocina, y el tiempo que el artefacto permanece encendido, en el desayuno, el almuerzo y la cena. Una vez se ingresa todos los datos de las encuestas pertenecientes a un determinado alimentador a lo largo de todo el día, se procede a multiplicar el valor obtenido por un factor de corrección, cuyo valor es determinado por el número de clientes conectados a ese alimentador para el número total de encuestas realizadas, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Clientes_{CC} = \frac{Clientes_{ALIM}}{Encuestas_{T-ALIM}} \times Clientes_{ENC}$$

Ecuación 4-1. *Factor de Corrección para determinar el número real de Clientes.*

Con este factor se determina el número de clientes conectados en cada intervalo de tiempo a lo largo del día, por alimentador.

El mismo proceso se lleva a cabo para cada uno de los alimentadores de todas las S/E, una vez se tiene el resultado de todos los alimentadores de una S/E, se realiza una gráfica total la misma que corresponde a la suma de los resultados obtenidos en cada uno de los alimentadores de la S/E, obteniendo de esta manera la curva de esa S/E.

El proceso para determinar la curva de uso de calefones a GLP, es el mismo que el descrito para la Cocinas a GLP, con la diferencia que el análisis se lo realiza por S/E y no por alimentador, debido a que la cantidad de datos es mucho menor que en el caso de las cocinas; además, por ser los tiempos de uso más pequeños, se divide las 24 horas del día en intervalos de 10 minutos. Al realizar esto se tienen gráficas que muestran un comportamiento muy variable que no permite realizar un correcto uso de los datos, es por ello que, utilizando una herramienta gráfica de EXCEL, se graficó los datos utilizando intervalos de 60 min (1 hora), de esta manera EXCEL realiza interpolaciones y extrapolaciones que permiten obtener valores más aproximados a una curva de uso real.

Este proceso se realiza para cada subestación, teniendo al final el resultado de todo el Sistema. A continuación se muestra las Curvas de hábito de uso Horario o Factor de Variación Horario de Calefones y Cocinas a GLP, los diferentes colores que conforman la curva representa el aporte de cada S/E a la curva.

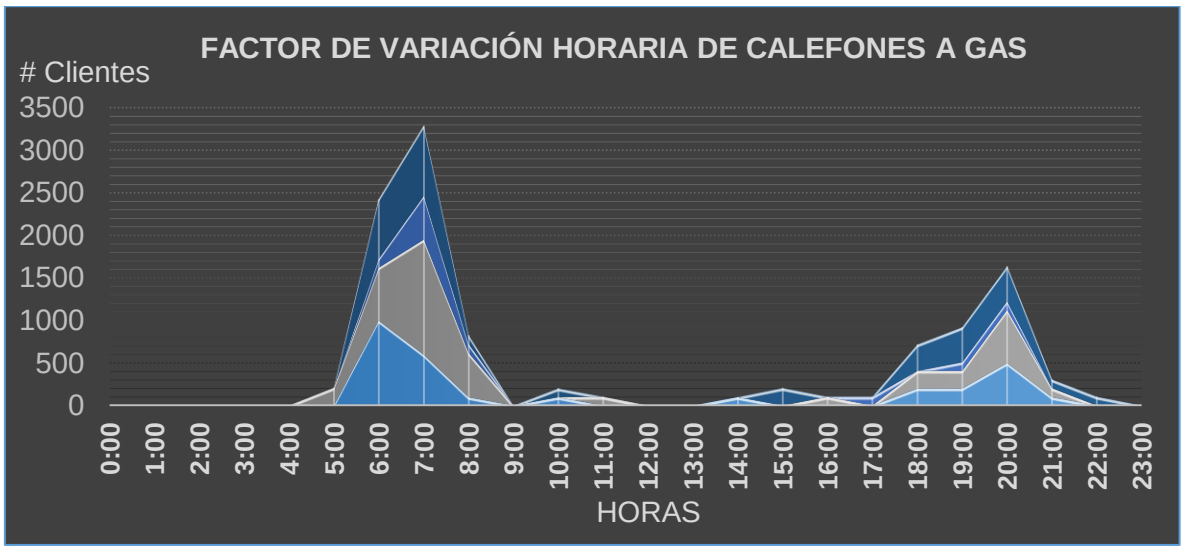


Ilustración 4-3. *Curvas de hábito de uso Horario o Factor de Variación Horario de Calefones a GLP.*

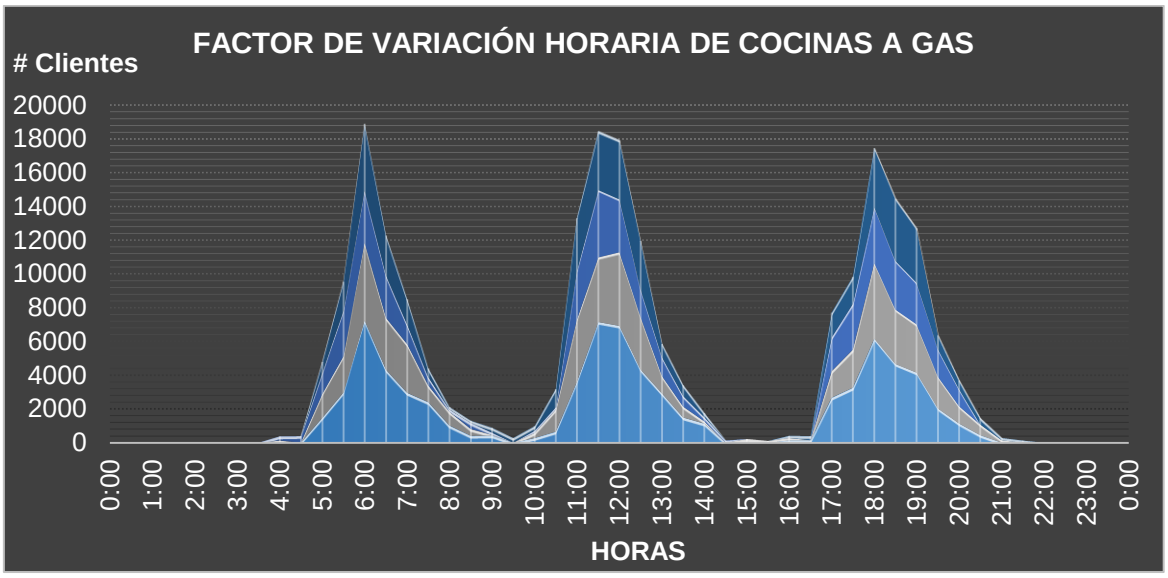


Ilustración 4-4. *Curvas de hábito de uso Horario o Factor de Variación Horario de Cocinas a GLP.*

4.4 POTENCIA A INCREMENTARSE EL USO DE COCINAS DE INDUCCIÓN Y CALEFONES ELÉCTRICOS

Como se mencionó en un capítulo anterior, el Plan de Cocción Eficiente (PCE) pretende el ingreso de cocinas de inducción a partir del año 2014 hasta el 2022, siendo el 2016 el de mayor incidencia para el caso de la EERSSA. Para arrancar con el cálculo de la potencia a incrementarse por la puesta en marcha del PCE en las redes de la EERSSA es necesario proyectar las curvas obtenidas tanto para cocinas como calefones para el año de análisis, el 2016. Para ello se toman los valores de crecimiento anual de clientes para los años 2014, 2015 y 2016 siendo 2,9%, 2,9% y 2,4% respectivamente.[30] A continuación una tabla con los valores de las proyecciones de clientes en el año 2016.

[30] Estos valores se los tomó del resumen anual del año 2012 de las estadísticas dela EERSSA, manejado por la Gerencia de Planificación.

S/E	CÓDIGO ALIMENTADOR	NOMBRE ALIMENTADOR	No. CLIENTES (2013)	No. CLIENTES (2014)	No. CLIENTES (2015)	No. CLIENTES (2016)
OBRAPIA	0111	Chontacruz	5845	6014	6189	6337
	0112	IV centenario	5199	5350	5505	5637
	0113	Hospital	1639	1687	1736	1777
	0114	Celi Román	2381	2451	2522	2582
	0115	Consacola	2379	2448	2519	2580
	0116	Villonaco	467	480	494	506
SAN CAYETANO	0211	Sur	3183	3275	3370	3451
	0212	Norte	3971	4086	4204	4305
	0213	Juan de Salinas	2198	2261	2327	2383
	0215	Centro	700	721	742	759
	0216	El Calvario	1608	1654	1702	1743
NORTE	1911	Chuquiribamba	2743	2823	2905	2974
	1912	Parque Industrial	2190	2253	2318	2374
	1913	Motupe	2939	3024	3112	3186
	1914	Carigán	250	257	265	271
SUR	2011	Cajanuma	1889	1944	2001	2049
	2012	Pío Jaramillo	4652	4787	4926	5044
	2013	Yaguarcuna	5876	6047	6222	6371

Tabla 4-3. *Proyección de Crecimiento de Clientes de la EERSSA para los años 2014, 2015 y 2016*

Una vez determinado el número de clientes que se espera para el año 2016, se proyectan las curvas obtenidas por medio de las encuestas, esto lo hacemos multiplicando los factores de crecimiento de clientes anual por los valores ya mostrados en las respectivas curvas.

Es necesario también, tener la curva de carga actual para la todos los alimentadores que sirven a la ciudad de Loja. La curva que se utilizó en el presente trabajo es la que entrega el sistema SCADA de la EERSSA, datos que son procesados en la Gerencia de Sub Estaciones y utilizados para el cálculo de los parámetros que la EERSSA maneja (pérdidas, potencia, energía, etc). La curva que se tomó fue la que corresponde al 12 de Diciembre del 2013, día donde se produjo la demanda más alta del Sistema. De la misma manera que en el caso del número de clientes, es necesario proyectar esta curva de carga al año 2016. Para ello se tomaron los factores de crecimiento de demanda de potencia presentados en el Plan de Expansión del Sistema Eléctrico de la EERSSA 2015-2025, en este plan los factores de crecimiento de demanda para el año 2014, 2015 y 2016 son 4,2%, 5,04% y 6,11% respectivamente. A continuación se muestra la curva de carga proyectada al año 2016.

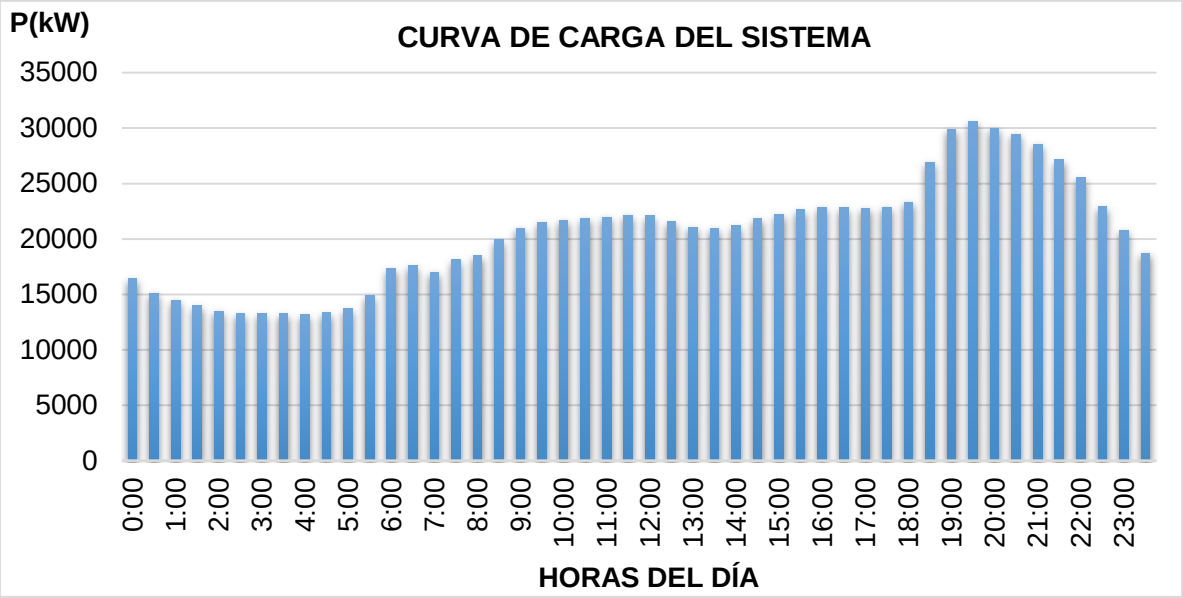


Ilustración 4-5. *Curva de Carga del Sistema de la EERSSA, a diciembre de 2013. Construcción: El Autor. Fuente: Datos del Sistema SCADA correspondientes al 12 de diciembre de 2013 y Factores de Crecimiento de demanda de Potencia contenidos en el Plan de Expansión del Sistema Eléctrico de la EERSSA 2015-2025.*

Para determinar la potencia a incrementarse por el uso de Cocinas de Inducción y por el reemplazo de calefones a gas por calefones Eléctricos se aplicaron dos procedimientos.

El primero es el método de cálculo que promueve el MEER, el mismo que se basa en el Método de Ardvinson y el segundo, un método propio que consiste en un análisis energético de acuerdo los resultados de uso del cilindro de GLP obtenidos en la encuesta. A continuación se describen cada uno de los dos métodos propuestos en el presente trabajo.

4.4.1 MÉTODO DE DEMANDA MÁXIMA NO COINCIDENTE (MÉTODO DE ARVINSON)

El método de Arvidson, es un método para estimar la carga de transformadores de distribución en áreas residenciales por medio del método de la demanda diversificada, tomando en cuenta la diversidad entre cargar similares y los picos de cargas no coincidentes de diferentes tipos de carga. Para aplicar este método se sugieren los siguientes pasos:

1. Determinar el número total de electrodomésticos que ingresan en la red.
2. Tomar la curva de demanda diversificada que corresponda al electrodoméstico analizado.
3. Determinar la máxima demanda, multiplicando la demanda encontrada en el paso 2 por el número total de electrodomésticos.
4. Finalmente, determinar la contribución de este tipo de carga [14].

En este método se pretende tomar una tabla de demanda máxima no coincidente, determinar un factor de simultaneidad y con este factor determinar una nueva tabla de demanda máxima no coincidente. Se puede aplicar el mismo método para cualquier aparato que se quiera analizar pero el análisis que nos interesa es aplicable a la Cocina de Inducción y a Calefones Eléctricos.

4.4.1.1 MÉTODO APLICADO A COCINAS DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

De acuerdo con el documento denominado "PROCEDIMIENTO PRELIMINAR PARA DETERMINAR EL IMPACTO DE LA INCORPORACIÓN DE COCINAS DE INDUCCIÓN EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN" presentado por el MEER a las empresas de distribución del país, se dice que: "*… una cocina de 3,5 kW o menos, debe tener un factor de demanda del 80%, por lo tanto para el caso de una cocina de 3 kW se establece que la demanda individual es de 2,4 kW…*". Se presenta también una gráfica que sirve como referencia para el cálculo del factor de Coincidencia y para determinar la Demanda Máxima Diversificada.

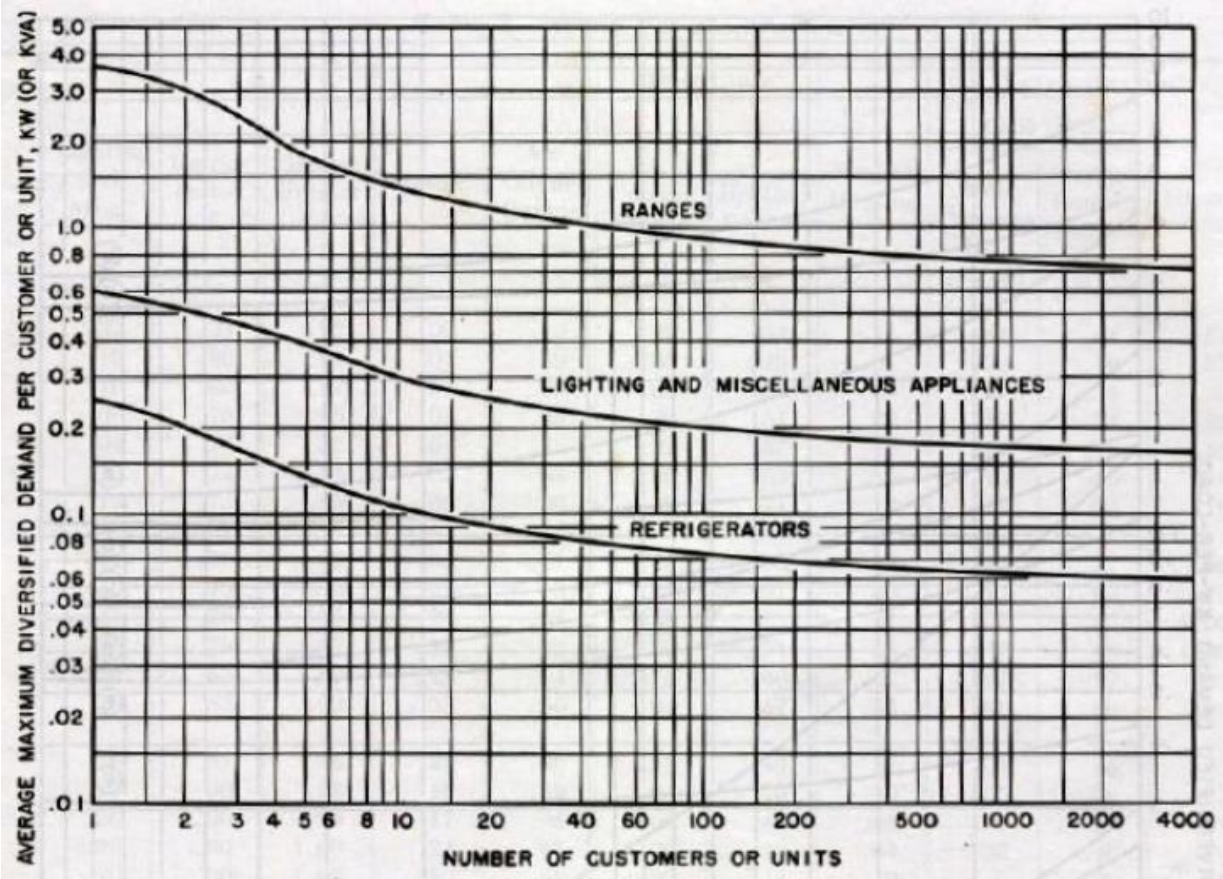


***Ilustración 4-6**. Curva de Demanda Diversificada.*
Fuente: Procedimiento Preliminar para Determinar el Impacto de la Incorporación de Cocinas de Inducción en el Sistema Eléctrico De Distribución, MEER 2013.

Se debe considerar que el factor de coincidencia va a ser el mismo independientemente de la potencia de la cocina. Con la ayuda de este factor se determina la demanda que se tiene de acuerdo al número de usuarios de la red, así como la carga de la cocina para el mismo número de usuarios. En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos de la gráfica y su comparación con los obtenidos por el MEER.

	# CLIENTES	DMAX. DIVERSIFICADA	FACTOR DE COINCIDENCIA
CURVA PROPIA	4000	450 W	0,19
MEER	4000	433 W	0,18

Tabla 4-4. *Comparación de los resultados de la Curva de Demanda Diversificada con los del MEER.*[31]

Conociendo el número de clientes (Cocinas de Inducción) que ingresan al sistema en cada intervalo de tiempo (30 min), se procede a multiplicar el número de clientes en ese periodo por el valor de demanda de cocinas para ese número de clientes:

$$P_{CCO} = C_{CC} \times Dem_{CO}$$

Ecuación 4-2. *Ecuación para determinar la Potencia por cuestión de Cocinas de Inducción.*

A continuación, parte de la tabla desarrollada, la tabla completa se muestra en el ANEXO 3.

Usuarios	Demanda	Factor Simultaneidad	Demanda cocina kW	Carga Cocinas kW
1	3,6	1,00	2,40000	2,40
10	1,4	0,39	0,93333	9,33
20	1,2	0,33	0,80000	16,00
22	1,18	0,33	0,78667	17,31
50	0,97	0,27	0,64667	32,33
100	0,91	0,25	0,60667	60,67
500	0.79	0,22	0,52879	264,39
1000	0,77	0,21	0,51333	513,33
2000	0,75	0,21	0,50000	1000,00
3000	0,7	0,19	0,46667	1400,00
4000	0,678	0,19	0,45200	1808,00
5000	0,675	0,19	0,45000	2250,00

Tabla 4-5. *Tabla de Demanda y Carga de cocinas para n Clientes.*

[31] Datos sacados de la presentación del "PLAN NACIONAL DE COCCIÓN EFICIENTE", MEER 2013.

La curva de Potencia por el uso de cocinas de Inducción se muestra en las siguientes ilustraciones, la diferencia de colores hace referencia al aporte de cada una de las S/E que dotan de servicio eléctrico a la ciudad de Loja.

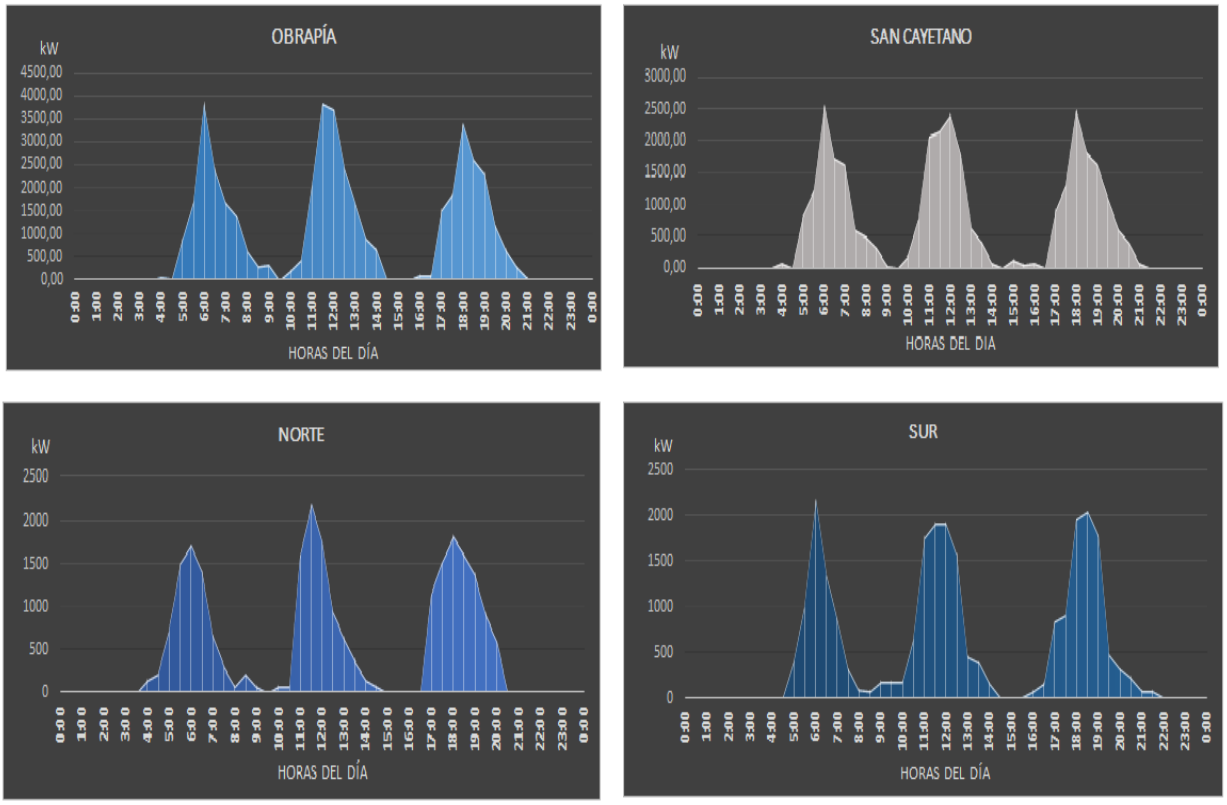


Ilustración 4-7. *Carga por uso de Cocinas de Inducción de cada S/E de la ciudad de Loja. Método 1.*

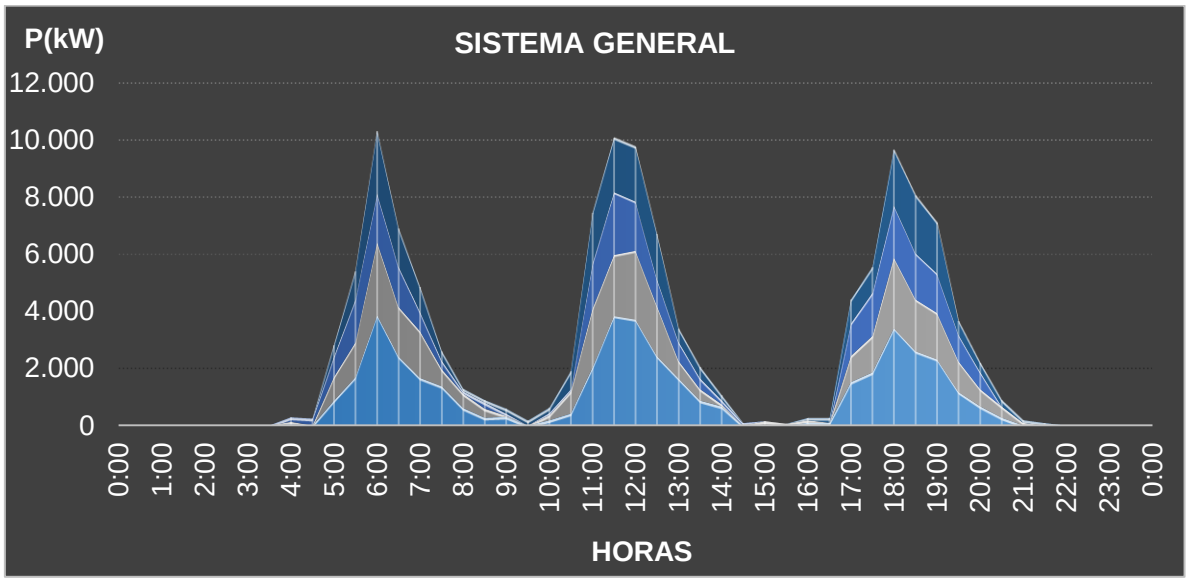


Ilustración 4-8. *Carga por uso de Cocinas de Inducción de las cuatro S/E de la ciudad de Loja. Método 1.*

4.4.1.2 MÉTODO APLICADO A CALEFONES ELÉCTRICOS

El método utilizado es el mismo que para las cocinas de inducción, se parte de una Curva de Demanda Máxima, se determina un Factor de Coincidencia que permite calcular una de Demanda por Cocina y una Carga de Cocina de acuerdo a un *n* número de clientes. La curva usada para este cálculo se tomó del libro "ELECTRIC POWER DISTRIBUTION SYSTEM ENGINEERING" de Turan Gonen Primera Edición, 1986; la misma que aparece en su Capítulo II Load Caracteristics.

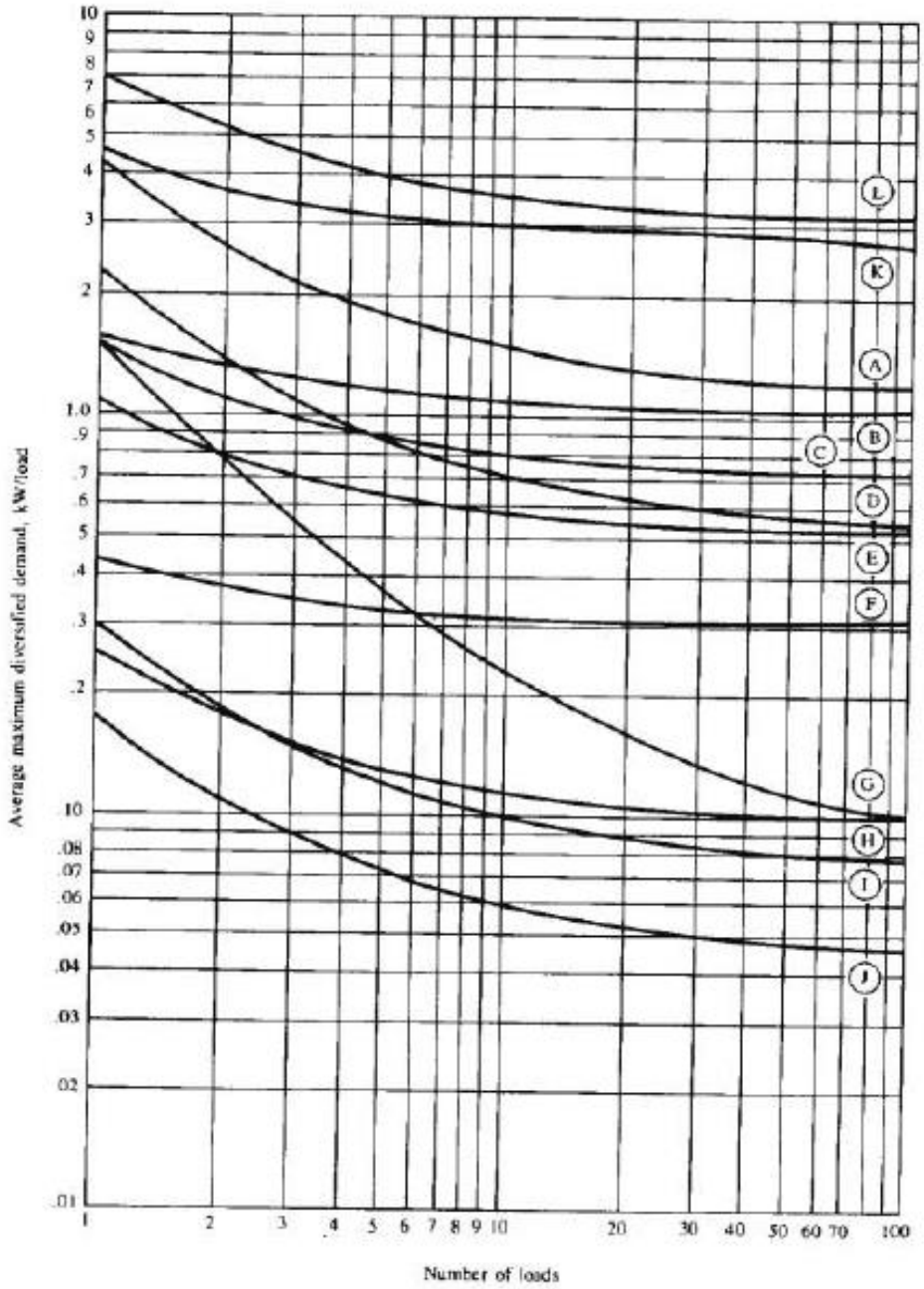


Ilustración 4-9. *Demanda Máxima Diversificada para varias cargas Residenciales. Fuente [14].*

La curva usada es la denominada “G”, que corresponde a Calentadores de Agua con Sistemas Controlados (en el pico). Para este caso partimos de un Calefón de 9,9 kW que son los calefones existentes en el país y cuya potencia está en el rango de lo planteado por el MEER (7-10 kW).

Con esta curva se siguió el mismo proceso descrito para el caso de las cocinas. A continuación parte de la tabla desarrollada, la tabla completa se muestra en el ANEXO 4.

Usuarios	Demanda	Factor Simultaneidad	Demanda Calefones kW	Carga Calefones kW
1	1,6	0,94	9,318	9,32
5	0,416	0,24	2,422	12,11
10	0,25	0,14	1,427	14,27
20	0,17	0,10	0,990	19,80
40	0,14	0,08	0,786	31,45
100	0,11	0,06	0,641	64,06
150	0,11	0,06	0,637	95,60
200	0,11	0,06	0,634	126,82
300	0,11	0,06	0,628	188,29
400	0,11	0,06	0,621	248,47
500	0,11	0,06	0,615	307,35
600	0,10	0,06	0,608	364,94
700	0,10	0,06	0,602	421,24
800	0,10	0,06	0,595	476,24
900	0,10	0,06	0,589	529,94
1000	0,10	0,06	0,582	582,35

Tabla 4-6. *Tabla de Demanda y Carga de calefones para n Clientes.*

Las curvas obtenidas se muestran en las siguientes ilustraciones.

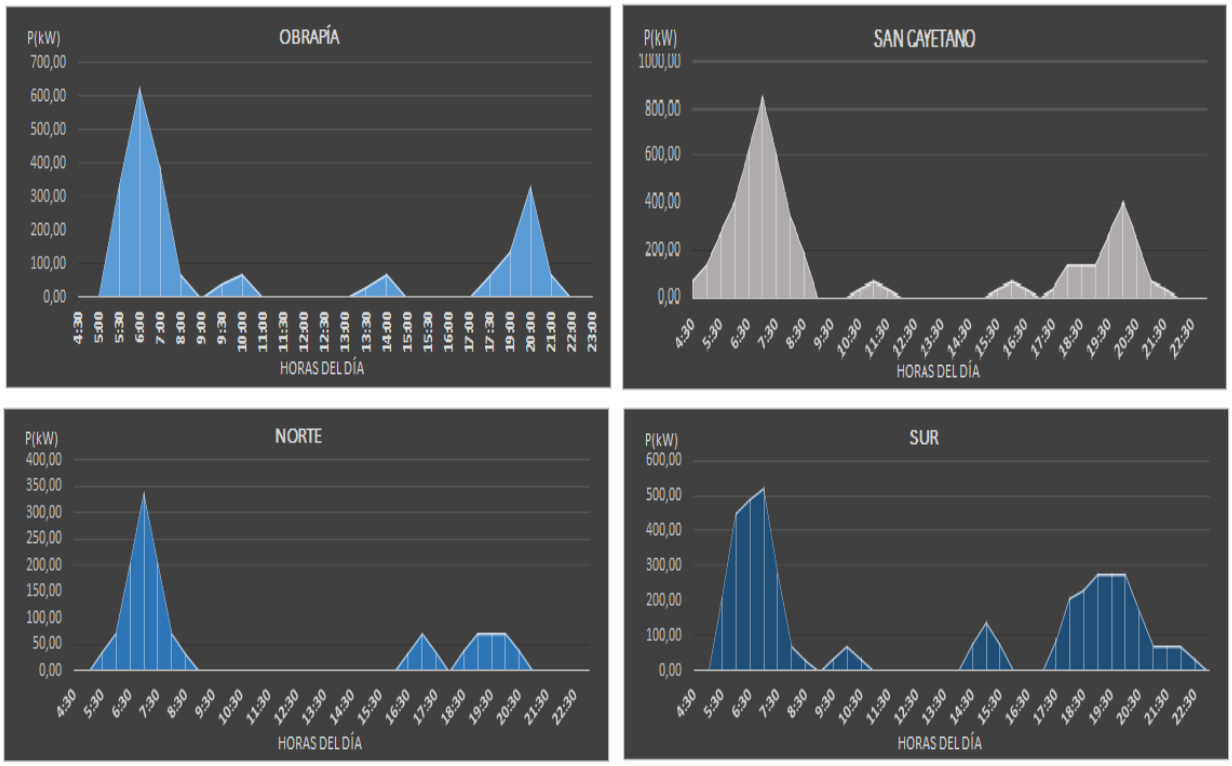


Ilustración 4-10. *Carga por cuestión de Calefones Eléctricos de cada S/E de la ciudad de Loja. Método 1.*

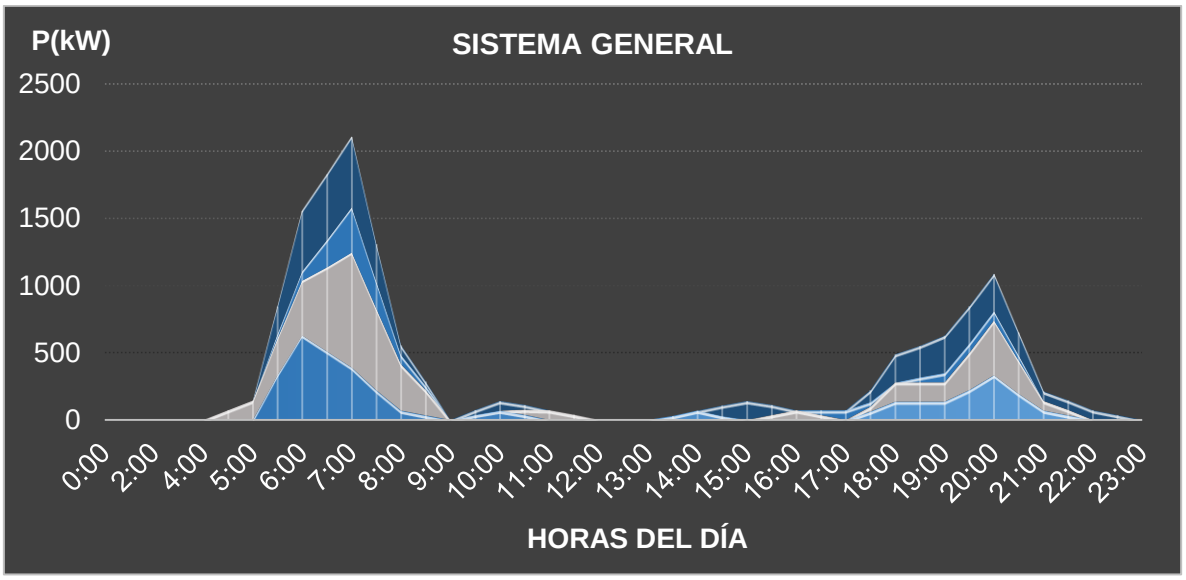


Ilustración 4-11. *Carga por cuestión de Calefones Eléctricos de las S/E de la ciudad de Loja. Método 1.*

4.4.2 MÉTODO DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA

En este método se pretende calcular la Potencia por uso de Cocinas de Inducción y Calefones eléctricos partiendo de la energía dedicada a la Cocción de Alimentos y la energía dedicada al calentamiento de agua. Esta energía se la calcula partiendo del número de cilindros de GLP de 15 kg que se dedican tanto a cocción como a calentamiento de agua, se determina la energía por usuario y se la distribuye a lo largo del día con la ayuda de la Curva de uso Horario tanto para la Cocina de GLP como del Calefón.

4.4.2.1 MÉTODO APLICADO A COCINAS DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Para calcular la energía consumida por el uso de Cocinas de Inducción Electromagnética se parte de las siguientes premisas:

- 1 Cilindro de GLP de 15 kg/mes equivale a 190,29 kWh/mes.
- **Eficiencia de las Cocinas:** este es un punto crítico ya que de ello dependerá cuanta energía se necesitará en el reemplazo de cocción por GLP por cocción por medio de electricidad. El CONELEC en su "ESTUDIO DE LA DEMANDA DE ENERGÍA Y POTENCIA DE COCINAS ELÉCTRICAS Y SU IMPACTO EN LA CURVA DE CARGA DIARIA DEL S.N.I. PERIODO 2015-2022", utilizan los siguientes valores:
    - **Eficiencia de Cocina a GLP: 0,3987**
    - **Eficiencia de Cocina Eléctrica: 0,84**

  Existe un proyecto de Tesis de la EPN, denominado "ESTUDIO TÉCNICO COMPARATIVO PARA LA INTRODUCCIÓN DE COCINAS ELÉCTRICAS DE INDUCCIÓN MAGNÉTICA EN EL ECUADOR", donde se calcula la eficiencia tanto de la cocina de GLP como la de Inducción. Las pruebas las realizaron en la ciudad de Quito a una temperatura ambiente de 15ºC aproximadamente, por lo que los valores encontrados en este proyecto podrían aproximarse de mayor manera debido a las condiciones ambientales donde fueron determinadas, es por eso que son estos valores de eficiencia los más adecuados para el desarrollo del proyecto. Estos valores son:
    - **Eficiencia de Cocina a GLP: 0,5126**
    - **Eficiencia de Cocina de Inducción: 0,806**

DESARROLLO:

Se parte determinando la energía mensual promedio "real" de una cocina de Inducción, esto se hace utilizando la eficiencia de cada cocina de la siguiente manera:

$$\frac{\eta_{GLP}}{\eta_{ELEC}} = \frac{0{,}5126}{0{,}806}$$
$$\frac{\eta_{GLP}}{\eta_{ELEC}} = 0{,}636$$

Por lo tanto la energía mensual promedio "real" de una cocina de Inducción será:

$$190{,}29 \times 0{,}636 = 121{,}02\,\frac{kWh}{mes} = 4{,}03\,\frac{kWh}{día}$$

Luego encontramos el consumo mensual promedio de GLP, es decir la cantidad de cilindros de GLP de 15 kg que destinan solamente a cocción mensualmente en la ciudad de Loja. Una vez que se conoce el consumo mensual promedio de GLP se multiplica por la energía mensual promedio determinada en el punto anterior y la dividimos para 30 obteniendo la energía diaria promedio. Se tiene la cantidad de clientes de cada S/E por lo tanto si se multiplica por la Energía diaria promedio obtenemos la energía que se suma por uso de Cocinas de Inducción en toda la S/E diariamente. La siguiente tabla muestra los valores determinados para cada una de las S/E.[32]

	OBRAPÍA	SAN CAYETANO	NORTE	SUR
CGLP/mes	1,115	1,102	1,065	1,104
Eeq/día	4,50	4,44	4,29	4,45
Clientes S/E	17911	11660	8122	12418
Ecc/día	80574,34	51817,07	34883,89	55308,79

Tabla 4-7. *Resumen de valores de Energía por Cliente y por S/E.*

Como la propuesta es analizada para el año 2016, los valores de la tabla anterior tienen que estar proyectados para este año. El método para la proyección de clientes se lo mostró anteriormente, mientras que la proyección en el uso mensual de GLP se consideró que la tasa de crecimiento promedio anual del GLP a partir de 2010 fue de 3,7%[33] por lo que se toma este valor para proyectar los valores de uso cilindros por mes de cada una de las S/E. Los datos proyectados al 2016 se resumen en la siguiente tabla.

[32] Este procedimiento lo realiza el CONELEC en el artículo mencionado en las premisas del método, al inicio del mismo.
[33] Valor tomado de "Resumen del Balance Energético Nacional 2013, Año Base 2012" presentado por el Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos.

	OBRAPÍA	SAN CAYETANO	NORTE	SUR
CGLP/mes	1,244	1,228	1,187	1,231
Eeq/día	5,02	4,96	4,79	4,97
Clientes S/E	19420	12642	8806	13464
Ecc/día	97423,20	62650,76	42177,12	66873,32

Tabla 4-8. *Resumen de valores de Energía por Cliente y por S/E al año 2016.*

La interpretación que se hace es que se tiene 97.423,2 kWh en la S/E Obrapía en todo un día cuando se cambien las cocinas de GLP por cocinas de Inducción, y así para los valores encontrados para el resto de S/E. Ahora hay que distribuir esta energía a lo largo de todos los intervalos vistos en la curva de hábito de uso horario de la cocina de GLP, para ello desarrollo el siguiente método.

Obtenida la energía de todo el día se debe determinar que porción le corresponde a cada etapa (mañana, medio día, tarde y noche), como cada periodo es claramente diferenciable (no existe un periodo continuo) se puede dividir la energía diaria en energía destinada a la preparación del desayuno, almuerzo y merienda; para ello se utilizan los resultados de las preguntas que se refieren a si preparan el desayuno, el almuerzo y la merienda en su casa, o no lo preparan. Los resultados a estas preguntas son:

	OBRAPÍA	SAN CAYETANO	NORTE	SUR
DESAYUNO	98%	100%	96%	96%
ALMUERZO	87%	82%	87%	82%
MERIENDA	94%	96%	96%	99%

Tabla 4-9*. Porcentaje de Preparación de Alimentos clasificados por S/E.*

Por ejemplo en la S/E Obrapía el periodo del desayuno empieza a las 04h30 y termina a las 09h00, en este periodo de tiempo tenemos 25210 clientes que ingresan de acuerdo a la Curva de uso horario de la Cocina de Inducción proyectada al año 2016 mostrada anteriormente.
Con el número de clientes en ese periodo y la energía destinada al mismo periodo podemos distribuir la energía para cada intervalo de tiempo con la ayuda de la siguiente fórmula:

$$E_{int} = Clientes_{int} \times \frac{E_{pt}}{Clientes_{pt}}$$

Ecuación 4-3*. Fórmula para la distribución de energía de acuerdo al número de clientes y periodos de un alimentador.*

Donde:

- E_{int}: Energía que se desea calcular en un intervalo de tiempo determinado.

- $Clientes_{int}$: Número de clientes en el intervalo de tiempo analizado.
- E_{pt}: Energía en el periodo de tiempo del intervalo analizado (desayuno, almuerzo, cena).
- $Clientes_{pt}$: Número de clientes en el periodo de tiempo analizado.

Se aplica la fórmula para cada uno de los intervalos del día teniendo en cuenta el periodo en el que se va a distribuir la energía y el número de clientes correspondientes a cada periodo, esto para cada una de las S/E. La siguiente gráfica resume la energía en cada periodo, el número de clientes (cocinas) de cada periodo en cada S/E.

	OBRAPÍA	SAN CAYETANO	NORTE	SUR
CGLP/mes	1,24	1,23	1,19	1,23
Eeq/día	5,02	4,96	4,79	4,97
Clientes S/E	19420	12642	8806	13464
Clientes des	25210	17896	13416	12653
Clientes alm	30896	19935	15135	17454
Clientes cen	26931	20042	17339	16995
Ecc/día	97423,20	62650,76	42177,12	66873,32
Energía des	34220,34	22536,24	14512,56	23176,31
Energía alm	30379,28	18479,72	13152,00	19796,43
Energía cen	32823,59	21634,79	14512,56	23900,57

Tabla 4-10. *Resumen de distribución de Energía y Número de clientes en cada periodo del día por S/E.*

Terminado este proceso tendremos una curva de energía para cada alimentador, cada S/E, y mediante la sumatoria de éstas, una general para todo el sistema. Ahora para poder comparar este método con el método anterior es necesario convertir esta energía en potencia, eso lo realizamos con la ayuda de la siguiente fórmula:

$$P = E \times Fcarga \times \Delta t$$

Ecuación 4-4*. Ecuación para Cálculo de Potencia.*[34]

$$Fcarga = kWh\ promedio/kWhpico$$

Ecuación 4-5*. Cálculo del Factor de Carga.*

Donde:

- P: Potencia en kW
- *E:* Energía en kWh
- *FC:* Factor de Carga
- Δt: Intervalo de Tiempo

[34] Fórmula tomada del SISDAT de la EERSSA, manera en que se calcula la Energía teniendo la Potencia y el factor de Carga de un determinado alimentador.

Los datos para el factor de carga se los obtiene de las proyecciones de potencia encontrados por el primer método para cada una de las S/E.

OBRAPÍA	SAN CAYETANO	NORTE	SUR
0,692	0,695	0,686	0,661

Tabla 4-11. *Factor de Carga correspondientes cada una de las S/E.*

La curva de Potencia por uso de cocinas de Inducción para cada S/E obtenida por este método se muestra en las siguientes ilustraciones:

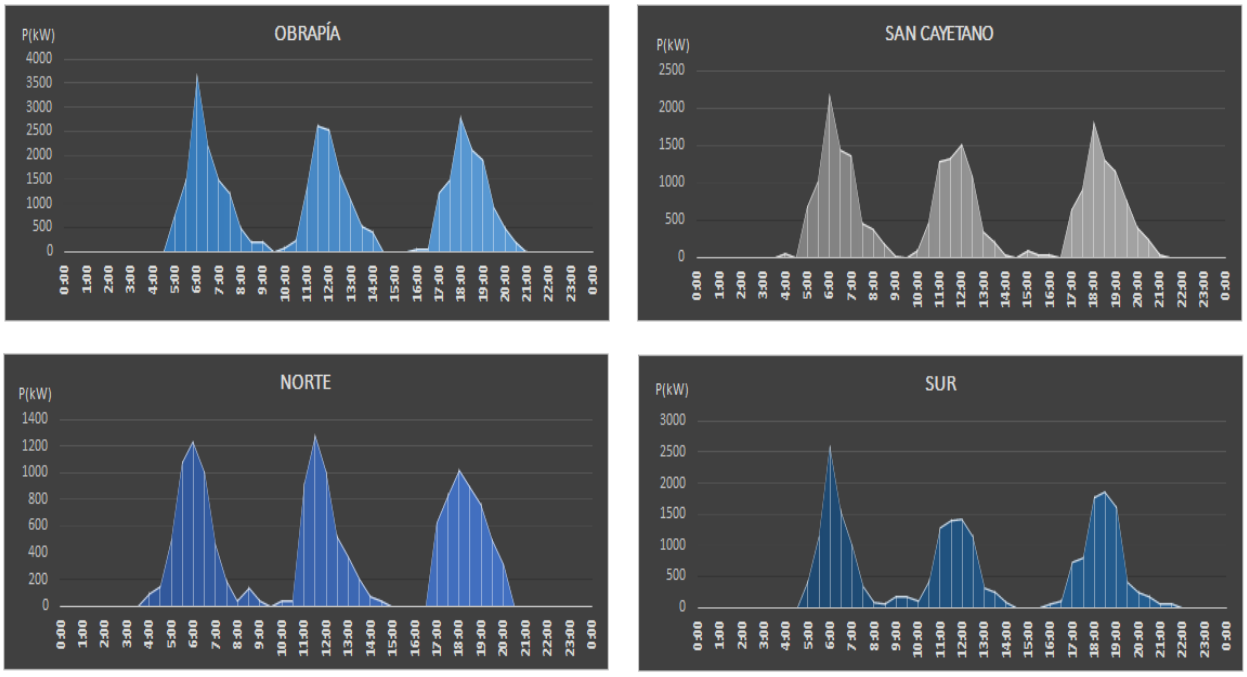


Ilustración 4-12. *Carga por cuestión de Cocinas de Inducción de cada S/E de la ciudad de Loja. Método 2.*

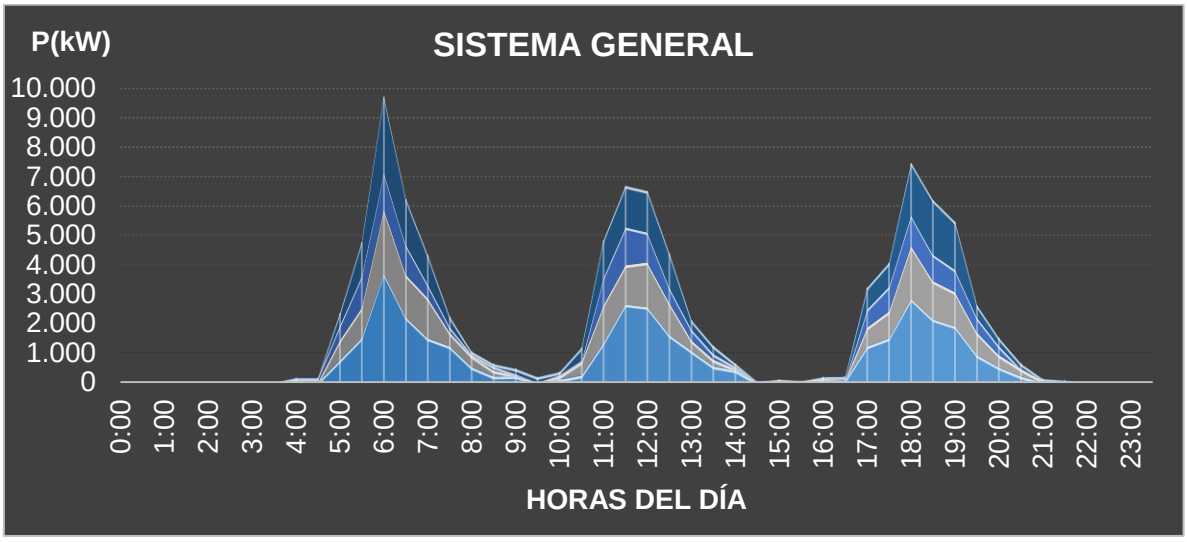


Ilustración 4-13. *Carga por cuestión de Cocinas de Inducción de las S/E de la ciudad de Loja. Método 2.*

4.4.2.2 MÉTODO APLICADO A CALEFONES ELÉCTRICOS

La metodología para calcular la energía es exactamente la misma que se sigue para el cálculo de las Cocinas de Inducción, con la diferencia de que se parte de las siguientes premisas:

- 1 Cilindro de GLP de 15 kg/mes equivale a 190,29 kWh/mes
- Eficiencia de los Calefones: - **Eficiencia de Calefón a GLP: 0,85**
  - **Eficiencia de Calefón Eléctrico: 0,95**

La energía mensual promedio "real" de un calefón eléctrico será:

$$190{,}29 \times \frac{0{,}85}{0{,}95} = 170{,}26\frac{kWh}{mes} = 5{,}68\frac{kWh}{día}$$

Luego de realizar el proceso descrito para las cocinas de inducción encontramos los siguientes resultados:

	OBRAPÍA	SAN CAYETANO	NORTE	SUR
CGLP/mes	0,884	0,949	0,707	1,012
Eeq/día	5,02	5,39	4,01	5,74
Clientes S/E	2640	3198	835	3379
Ecc/día	13253,71	17227,67	3350,95	19395,87

Tabla 4-12. *Resumen de valores de Energía por Cliente y por S/E para Calefones Eléctricos.*

Los datos proyectados al 2016 se resumen en la siguiente tabla.

	OBRAPÍA	SAN CAYETANO	NORTE	SUR
CGLP/mes	0,986	1,059	0,788	1,128
Eeq/día	5,60	6,01	4,47	6,40
Clientes S/E	2863	3467	905	3663
Ecc/día	16025,24	20830,21	4051,68	23451,80

Tabla 4-13. *Resumen de valores de Energía por Cliente y por S/E al año 2016 para Calefones Eléctricos.*

La siguiente tabla resume la energía en cada periodo, el número de clientes (calefones) de cada periodo en cada S/E.

	OBRAPÍA	SAN CAYETANO	NORTE	SUR
Clientes S/E	2863	3467	905	3663
Clientes am	3848	6132,32	1521,93	3608
Clientes pm	184	213	207	463
Clientes noche	2102	2419	441	2836
Ecc/día	16025,24	20830,21	4051,68	23451,80
Energía am	10052,76	14574,70	2842,32	12250,72
Energía pm	480,12	505,36	386,38	1572,75
Energía noche	5492,36	5750,15	822,98	9628,34

***Tabla 4-14**. Resumen de distribución de Energía y Número de clientes (Calefones Eléctricos) en cada periodo del día por S/E.*

La curva de Potencia por cuestión de cambio de calefones a GLP por calefones Eléctricos para cada S/E, obtenida por este método se muestra en las siguientes ilustraciones:

***Ilustración 4-14.** Carga por cuestión de Calefones Eléctricos de cada S/E de la ciudad de Loja. Método 2.*

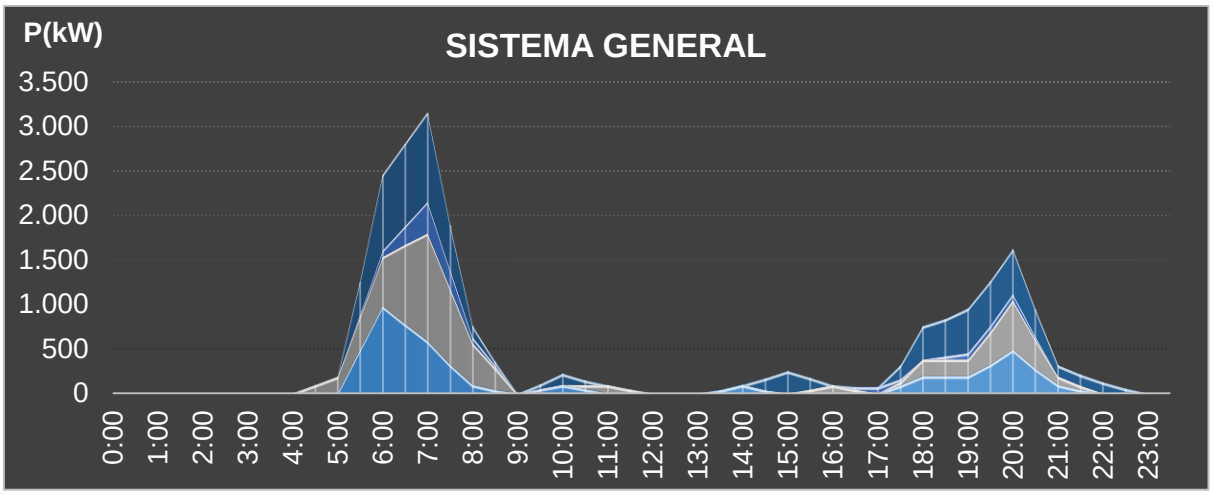


Ilustración 4-15. *Carga por cuestión de Calefones Eléctricos de las S/E de la ciudad de Loja. Método 2.*

4.4.2.3 COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS

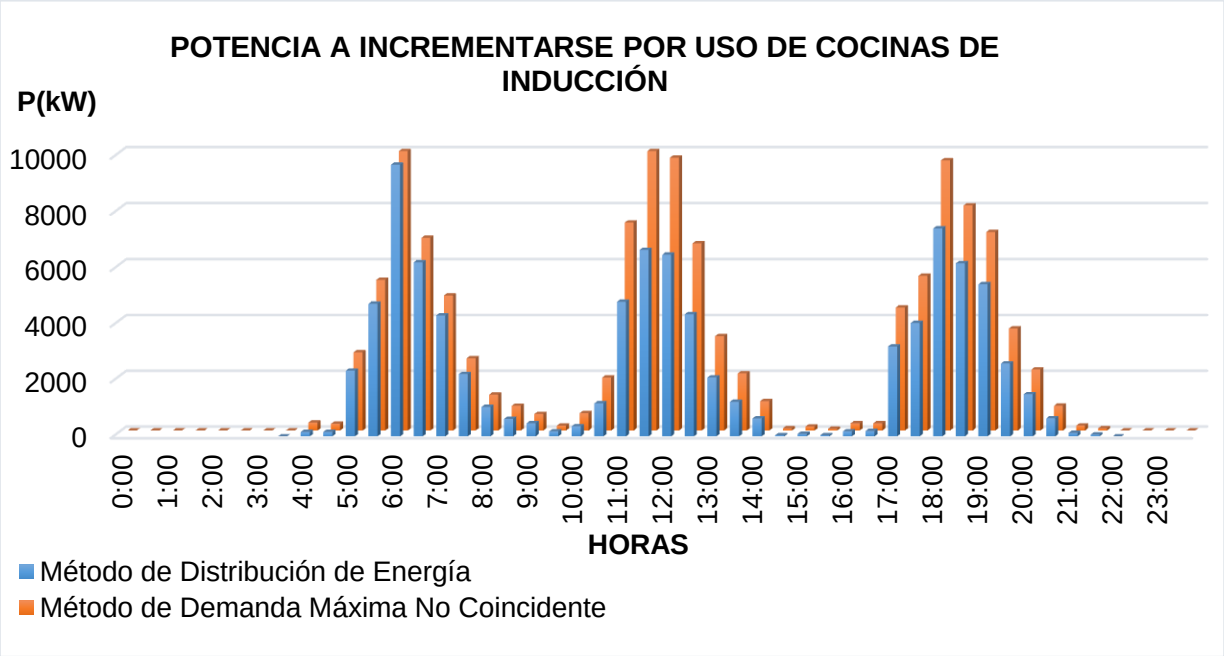


Ilustración 4-16. *Comparación entre ambos métodos para la Proyección de Potencia por cuestión de Cocinas de Inducción.*

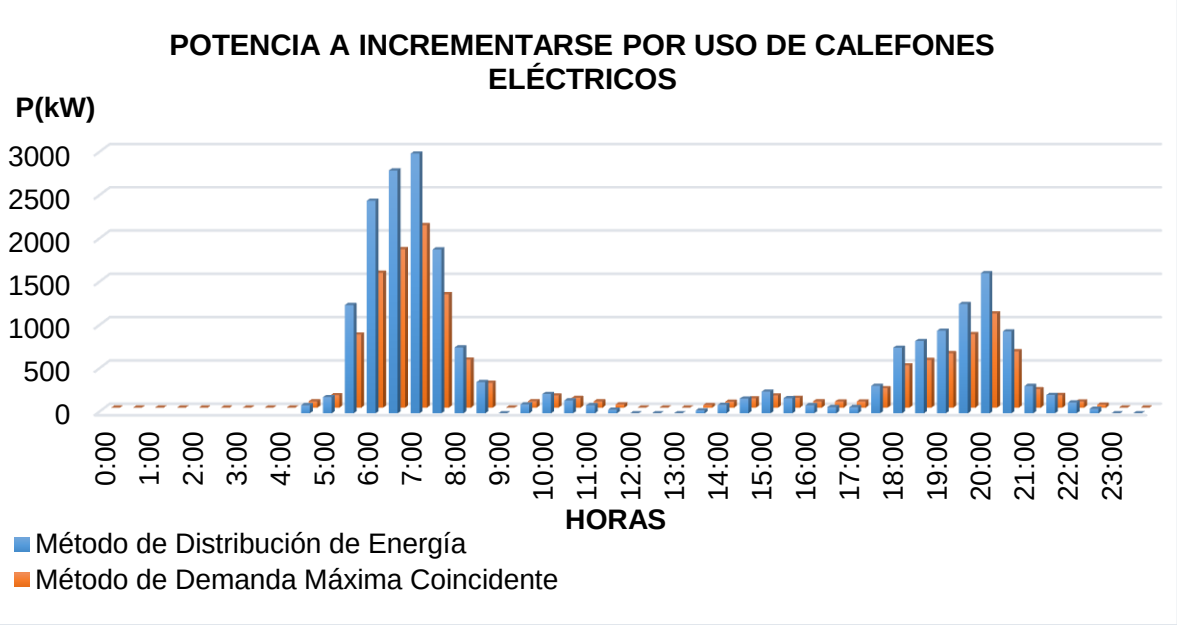


Ilustración 4-17. *Comparación entre ambos métodos para la Proyección de Potencia por cuestión de Calefones Eléctricos.*

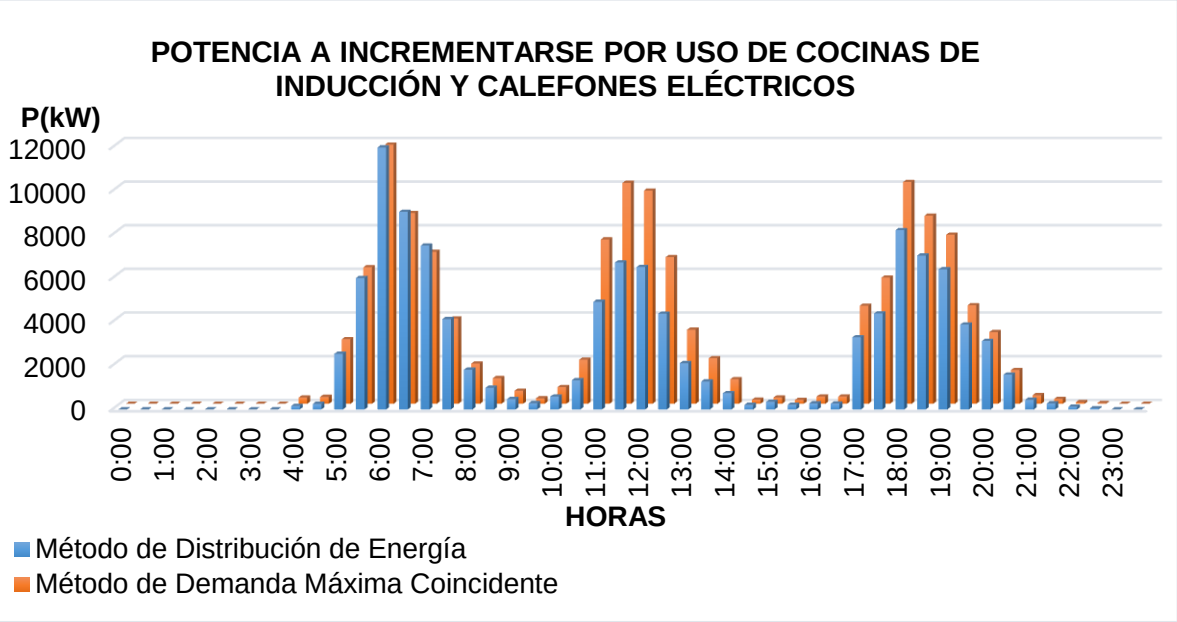


Ilustración 4-18. *Comparación entre ambos métodos para la Proyección de Potencia por cuestión de Cocinas de Inducción y Calefones Eléctricos.*

Como podemos observar en las tres ilustraciones, existen tres picos de carga durante el día que corresponden al tiempo dedicado a la preparación de las tres comidas diarias (desayuno, almuerzo y merienda), siendo el pico del desayuno, a las 06h00, el de mayor impacto a lo largo de todo el día, contribuyendo con aproximadamente 12 MW que equivalen al 69% de la demanda proyectada al año 2016 en esa hora; en segundo lugar tenemos el

pico de la cena, a las 18h00, con aproximadamente 10,2 MW, y finalmente, el pico del almuerzo, a las 11h30, que aporta 10,12 MW.

Como muestran los resultados, no existe una fuerte diferencia entre los tres periodos, esto afirma que en la ciudad de Loja aún se tiene una alta tasa de uso de la cocina al medio día, a diferencia de ciudades grandes como Quito o Cuenca, donde el uso de la cocina al medio día es muy inferior en comparación a los otros dos periodos. A continuación se muestra la curva de Factor de Variación Horario de uso de cocinas a GLP para la ciudad de Quito.

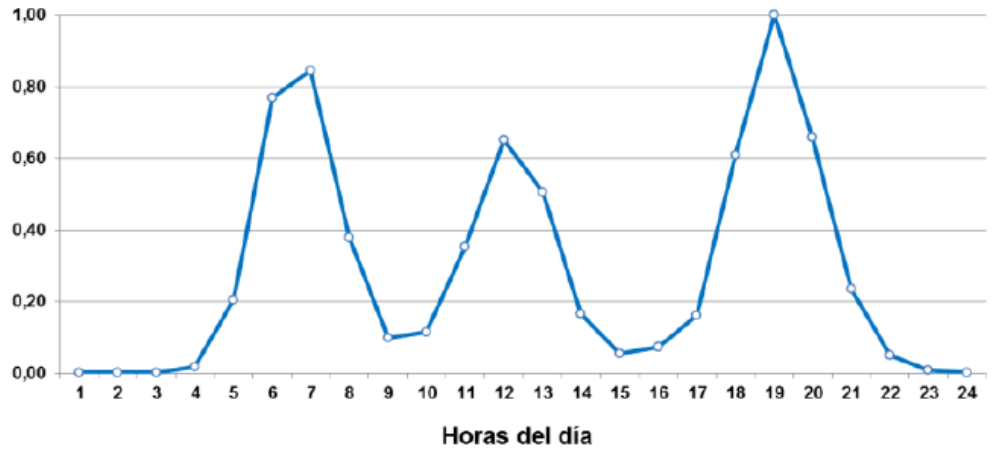


Ilustración 4-19. *Factor de variación horario de uso de cocinas a GLP, estudio realizado por la Empresa Eléctrica Quito.*
Fuente: Estudio de Usos Finales de la Energía, Cocinas a GLP, gráfica contenida en [6].

Cabe señalar que el Factor de variación horario, varía de acuerdo al lugar donde se realice el estudio, debido a las costumbres de cocción, tamaño de la población, extensión del lugar, cultura y muchos otros parámetros altamente cambiantes de un lugar a otro.

Con los resultados obtenidos podemos afirmar que en los hogares de la ciudad de Loja, en su gran mayoría, aún cocina las tres comidas diarias en su casa, y además es importante señalar, que la preparación del almuerzo y cena comienza relativamente temprano. Podemos decir que la ciudad de Loja, a pesar de ser parte de este mundo globalizado y cambiante, aún mantiene algunas de las afables tradiciones de antaño.

4.4.3 INCIDENCIA SOBRE LA CURVA ACTUAL

Para determinar el crecimiento de la carga por uso cocinas de inducción y calefones eléctricos en el sistema de la EERSSA en la ciudad de Loja, se sobreponen las curvas obtenidas por los métodos antes desarrollados sobre la curva de carga proyectada mostrada anteriormente. En las siguientes ilustraciones se muestra el resultado de este proceso.

La primera gráfica corresponde a la curva del sistema con el ingreso de la potencia por uso de Cocinas y Calefones calculada por el Primer Método (Tabla de Demanda Máxima no Coincidente) y la segunda gráfica, a la curva del sistema calculada por el Segundo Método (Distribución de Energía). La base de ambas gráficas corresponde a la curva de carga actual del sistema.

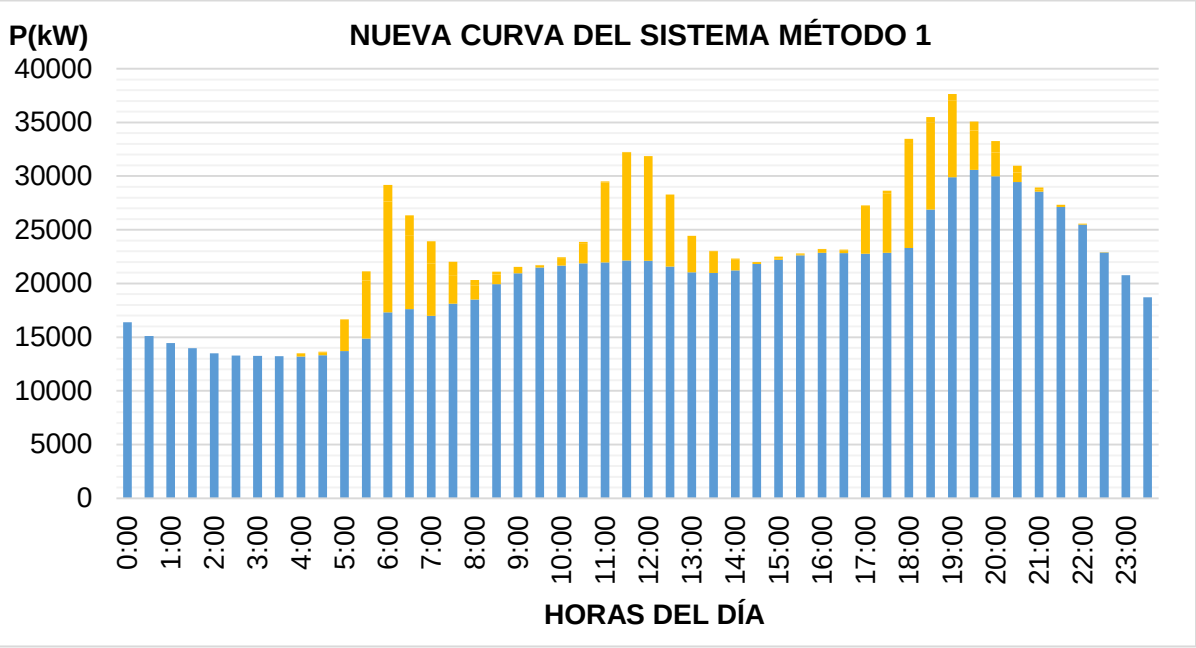


Ilustración 4-20. *Curva del Sistema con ingreso de Cocinas de Inducción y Calefones Eléctricos. Método 1.*

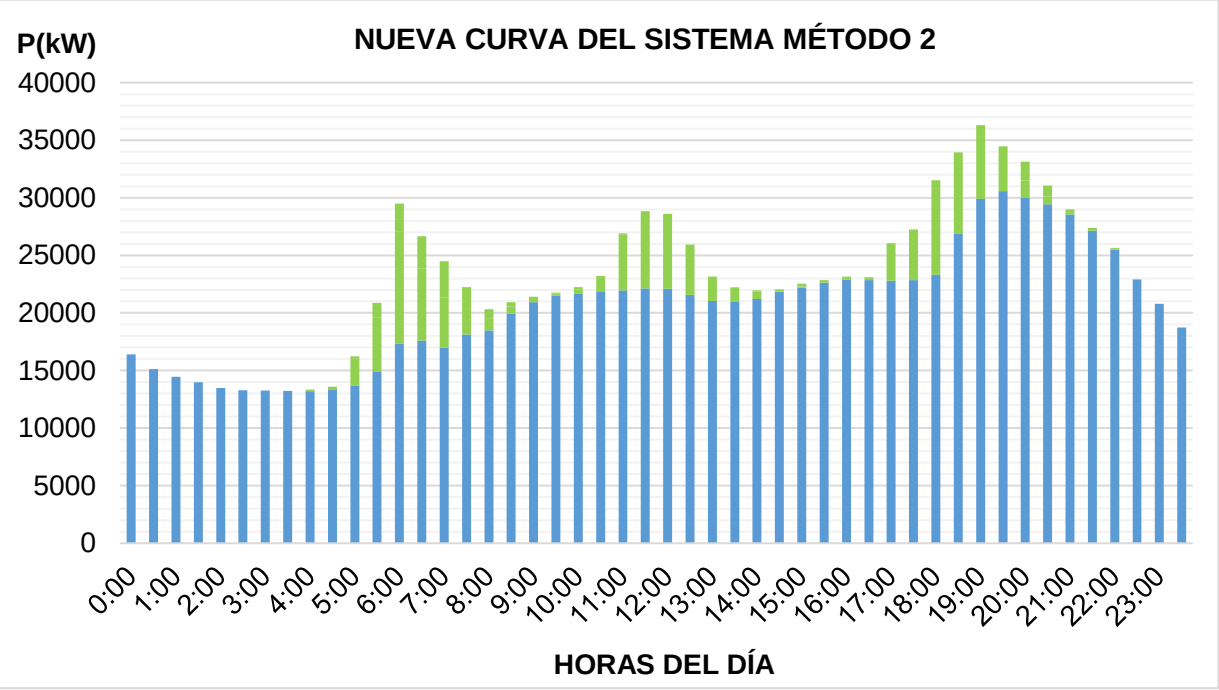


Ilustración 4-21. *Curva del Sistema con ingreso de Cocinas de Inducción y Calefones Eléctricos. Método 2.*

ANÁLISIS

Para suponer el peor escenario, es necesario tomar la mayor potencia proyectada obtenida por el Método 1 (Factor de demanda máxima no Coincidente) o el Método 2 (Distribución de Energía); para el caso de las cocinas, el método 1 presenta una mayor potencia respecto al método 2, mientras que para los calefones ocurre lo contrario siendo el método 2 el de mayor potencia proyectada. Sumamos ambas proyecciones y la curva resultante se sobrepone a la curva de carga del sistema, procedimiento similar a las curvas mostradas anteriormente. A continuación se ilustra el proceso antes descrito.

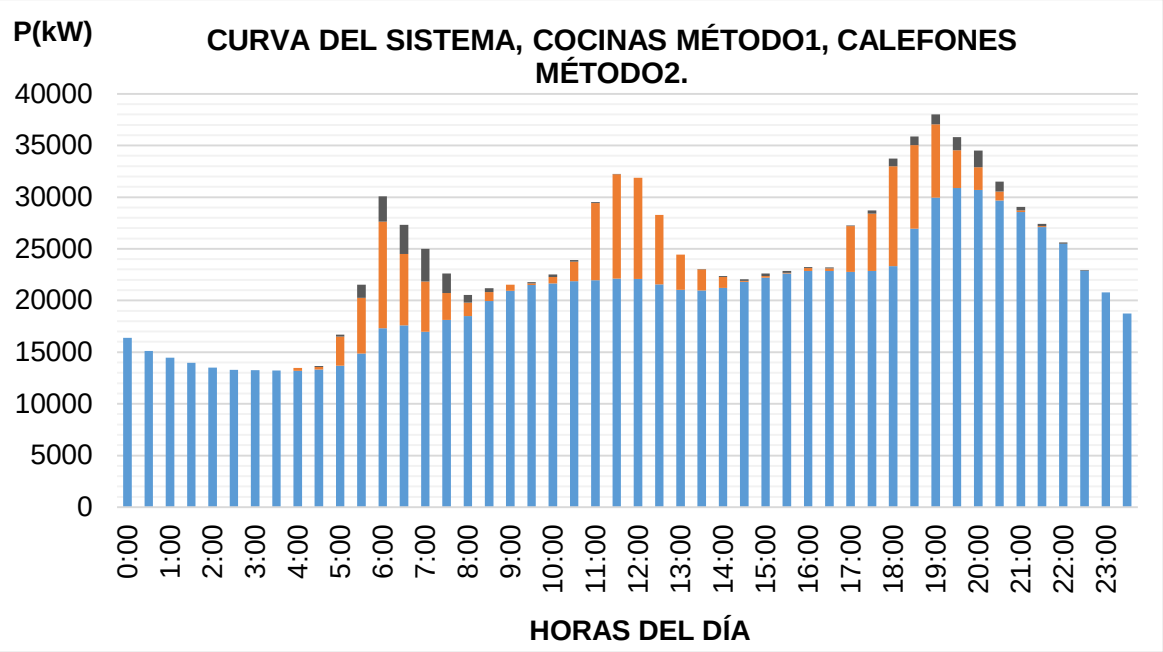


Ilustración 4-22. *Curva del Sistema con ingreso de Potencia por cuestión de Cocinas de Inducción (Método de Proyección 1) y Calefones Eléctricos (Método de Proyección 2).*

Actualmente, el pico del sistema se da entre las 19h00 y 20h00, el pico del 2013 se dio aproximadamente a las 19h30; mientras que de acuerdo al estudio realizado, si bien el mayor aporte por cuestión de calefones y cocinas se da en horas de la mañana, el aporte más considerable al pico del sistema es el de la noche, cuya curva presenta un pico entre las 17h30 y 19h00. Como vemos los picos de ambas curvas no son coincidentes, por ello se estima que en primer lugar se afecte al intervalo de ocurrencia de la hora pico del sistema en aproximadamente 30 minutos, adelantándola de 18h30 a 19h30, siendo las 19h00 la nueva hora pico. Por esta razón se tiene un incremento, por uso de cocinas de inducción y calefones eléctricos, sobre la hora pico actual (19h30) del 16%, y del 27% sobre la nueva hora pico (19h00).

Con estas consideraciones el incremento neto de la demanda sería aproximadamente del 24% es decir 7,41 MW. Si se presentara el caso que se

tuvieran curvas coincidentes, el impacto sería muchísimo mayor; de coincidir el pico de las curvas a las 19h30 se tendría un incremento del 34%, es decir 10,5 MW, aproximadamente 3,1 MW más que en el caso de curvas no coincidentes.

Cabe señalar que con la puesta en marcha del Plan de Cocción Eficiente, la curva de demanda sufrirá un cambio considerable, se tendrá tres picos a lo largo de todo el día:

- En la mañana entre las 05h00 y 08h00, con un pico entre las 05h30 y 07h00, con una potencia aproximada de 30,1 MW.
- Al medio día entre las 10h30 y 14h00, con un pico entre las 11h00 y 12h30, con una potencia aproximada de 32,25 MW.
- Y, en la noche entre las 17h00 y 21h00, con un pico en el intervalo comprendido entre las 18h30 y 19h30, con una potencia aproximada de 38,02 MW.

Tal como se observa en la gráfica, el escenario del cambio de cocinas y calefones a GLP por cocinas de inducción y calefones eléctricos respectivamente, no es tan desolador como se esperaba; por el contrario, gracias a las costumbres y cultura de los habitantes de la ciudad de Loja, su impacto es mucho menor al esperado y con seguridad será menor al impacto que han de sufrir ciudades cuyos habitantes tienen el hábito de preparar la cena entre las 19h00 y 21h00, (horas donde se da el pico de demanda), lugares donde el pico de la curva de carga del sistema y el de la curva de hábito de uso de la cocina de inducción son coincidentes.

CAPÍTULO V. IMPACTO DEL PROGRAMA DE COCCIÓN EFICIENTE EN LAS REDES DE LA EERSSA EN LA CIUDAD DE LOJA.

Una vez que determinada la demanda que se ha de incrementar por el uso de Cocinas de Inducción y Calefones Eléctricos en el sistema de la EERSSA, se puede realizar un análisis del impacto que esta nueva carga va a tener en las redes de la EERSSA en la ciudad de Loja; para ello se parte del análisis de las distintas S/E que proveen de energía eléctrica a la ciudad y luego a los distintos alimentadores primarios que parten de cada S/E.

5.1 IMPACTO DE LA NUEVA CARGA EN LAS S/E DE LA CIUDAD DE LOJA

Como se menciona en el capítulo anterior, la ciudad de Loja está servida por cuatro S/E: Obrapía, San Cayetano, Norte y Sur. A continuación una breve descripción de cada una de ellas.

- **Subestación Obrapía (01).**
  Instalación exterior, ubicada en el área periférica de la ciudad, sector Obrapía, con una potencia instalada de 15 MVA, en dos transformadores trifásicos cuya potencia es de 5 y 10 MVA respectivamente.

  La alimentación principal se realiza a través de la línea a 69 kV que parte desde la S/E del S.N.I. Se interconecta al nivel de 69 kV con las subestaciones: San Cayetano (02), Norte (19) y Sur (20). Suministra energía al sector occidental y urbano de la ciudad a nivel de 13,8 kV mediante 6 alimentadores denominados: 0111 (Chontacruz), 0112 (IV Centenario), 0113 (Hospital), 0114 (Celi Román), 0115 (Consacola) y 0116 (Villonaco).

- **Subestación San Cayetano (02).**
  Instalación exterior, ubicada en la intersección de las calles París y Bruselas, sector San Cayetano, potencia instalada de 20 MVA, distribuidos en dos transformadores trifásicos de 10 MVA (69/13,8 kV) y 10 MVA (69/22 kV).

  Al nivel de 69 kV y mediante un tramo de la línea de transmisión Loja – Cumbaratza, presta servicio a la zona oriental (Yantzaza, Yacuambi, Nangaritza, El Pangui y Gualaquiza). La alimentación principal se realiza con la línea aislada para 69 kV que parte desde la S/E Obrapía y a través de la línea a 22 kV que parte de la S/E Carlos Mora. Suministra energía a al sector urbano de la ciudad de Loja a nivel de 13.8 kV por medio de 5 alimentadores denominados 0211 (Sur), 0212 (Norte), 0213 (Juan de Salinas), 0215 (Centro) y 0216 (El Calvario).

- **Subestación Norte (19).**
  Instalación exterior, ubicada en el sector noroccidental de la ciudad de Loja tiene una potencia instalada de 5 MVA. La alimentación principal se realiza a través de la línea a 69 kV desde la S/E Obrapía (01). A este nivel se interconecta con la S/E Saraguro (09).

  Suministra energía eléctrica al sector a un nivel de tensión de 13,8 kV mediante los alimentadores 1911 (Chuquiribamba), 1912 (Parque Industrial), 1913 (Motupe) y el 1914 (Carigán).

- **Subestación Sur (20).**
  Instalación exterior, ubicada en el sector suroccidental de la ciudad de Loja, tiene una potencia instalada de 5 MVA. La alimentación principal se realiza a través de la línea a 69 kV que parte desde la S/E Obrapía (01). En este nivel de tensión parte una línea de subtransmisión para alimentar a la S/E Vilcabamba (21).

  El suministro de energía se lo realiza mediante los alimentadores: 2011 (Cajanuma), 2012 (Pio Jaramillo) y 2013 (Yaguarcuna)[35].

En el capítulo anterior se señala un incremento en la demanda de las cuatro S/E del 24% y por el comportamiento de la carga (cocinas) la hora pico se adelantaba 30 minutos al pico actual (19h30). Las tablas que a continuación se muestran se construyen en base al siguiente análisis:

Para determinar la situación al año 2016 sin la implementación del Plan de Cocción Eficiente, se realiza la proyección de la demanda máxima (2013) de cada S/E, y se compara con la potencia instalada para determinar el porcentaje de carga de la S/E. A continuación los resultados obtenidos[36].

	POTENCIA INSTALADA (MVA)	DEMANDA MAXIMA (2013)	DEMANDA PROYECTADA AL 2016	NIVEL DE CARGA (2013)	NIVEL DE CARGA (2016)
OBRAPÍA	15	9,99	11,98	67%	80%
SAN CAYETANO	10	8,57	9,96	86%	100%
NORTE	5	3,34	4,23	67%	85%
SUR	5	5,09	6,41	102%	128%

Tabla 5-1. *Nivel de carga de las S/E al año 2016 sin la implementación del Plan de Cocción Eficiente.*

Para determinar la situación al año 2016 con la implementación del Plan de Cocción Eficiente, se toma la potencia de las S/E a la nueva hora pico del sistema (19h00) y se proyecta esta demanda al año 2016, sobre la demanda

[35] La información de las S/E es tomada del Plan de Expansión del Sistema Eléctrico 2015-2025, EERSSA 2025.
[36] Los valores de potencia que se muestran en las dos tablas están expresados en MVA.

proyectada se suma la carga por uso de cocinas de inducción y calefones eléctricos y se compara con la potencia instalada para determinar el porcentaje de carga de la S/E. A continuación los resultados obtenidos.

	POTENCIA INSTALADA (MVA)	DEMANDA PROYECTADA AL 2016	INCREMENTO EN LA DEMANDA	DEMANDA TOTAL	NIVEL DE CARGA
OBRAPÍA	15	11,98	1,72	13,70	91%
SAN CAYETANO	10	9,96	1,89	11,84	118%
NORTE	5	4,23	1,74	5,96	119%
SUR	5	6,41	2,40	8,81	176%

Tabla 5-2. *Nivel de carga de las S/E al año 2016 con la implementación del Plan de Cocción Eficiente.*

Como se observa en las tablas, las S/E más afectadas son San Cayetano, Norte y Sur. La Sur que es la más afectada, actualmente ya tiene una sobrecarga del 2% y tendrá un 28% de sobrecarga al año 2016 de mantenerse el crecimiento de demanda estimado y sin la puesta en marcha del PCE; con la puesta en marcha del PCE, se alcanza una sobrecarga del 76%. En el caso se San Cayetano se tiene una sobrecarga del 18%, y una sobrecarga del 19% en la S/E Norte. La S/E Obrapía es la única que puede suplir la demanda con o sin la puesta en marcha del PCE.

5.2 IMPACTO DE LA NUEVA CARGA EN LOS ALIMENTADORES QUE SIRVEN A LA CIUDAD DE LOJA

Para determinar la afectación de la carga a incrementarse por el uso de cocinas de inducción y calefones eléctricos en los alimentadores, se utilizó una herramienta manejada por la EERSSA denominada CYMDIST. El programa CYMDIST 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.
- Análisis exhaustivo de fallas.
- Balance de cargas.
- Distribución y evaluación de cargas.

CYMDIST fue diseñado para realizar estudios de planeamiento y simular el comportamiento de las redes de distribución en distintas condiciones de funcionamiento y distintos escenarios. Incluye varias funciones incorporadas

necesarias para el planeamiento, la explotación y el análisis de las redes de distribución[37].

En este programa simularemos la condición actual y futura de cada uno de los alimentadores para determinar el verdadero impacto del incremento de la carga. La base de datos a utilizar es la entregada por el Ing. Estali Granda, encargado de la Unidad SIG de la EERSSA, es la última base levantada y contiene aproximadamente un 97% de los elementos de las redes de distribución instalados en la ciudad de Loja.

5.2.1 CONDICIÓN ACTUAL DE LOS ALIMENTADORES DE LA EERRSSA

Para la simulación en el programa CYMDIST ingresamos los siguientes parámetros: Potencia (kW), Factor de Potencia y Factor de Carga, para cada uno de los alimentadores. El software permite realizar una distribución de carga de acuerdo al número y potencia de cada transformador instalado. El análisis se lo hace de manera individual para determinar la afectación en cada alimentador.

Una vez realizada la distribución de la carga, se procede a correr Flujos de Potencia. El flujo de potencia se utiliza para calcular las potencias entrantes y salientes de diferentes generadores, subestaciones y centros de consumo. Se utiliza para saber si la potencia ofrecida es aceptable según las condiciones de carga. Flujo de potencia es calcular con precisión las tensiones de estado estacionario en todas las barras de toda una red, y a partir de ese cálculo los flujos de potencia real y reactiva en cada una de las líneas y transformadores, bajo la suposición de generación y carga conocidas. Su función básica radica en importantes detalles: modelar controles tales como derivaciones móviles de transformadores y potencia de salida reactiva del generador[38].

Los parámetros de salida seleccionados, dentro de las múltiples opciones disponibles, fueron: Transformadores Sobrecargados, Condiciones Anormales, Detallado de Caídas de Tensión y Reporte Sumario de Alimentador. Se seleccionó estos parámetros porque son los que mejor reflejan el estado del alimentador y los diferentes elementos que lo conforman.

[37] Tomado de CYME INTERNATIONAL T&D, CYMDIST – Análisis de Sistemas de Distribución; http://www.cyme.com/es/software/cymdist/.
[38] Tomado de Artículo Online, "Análisis de Flujos de Potencia" http://www.electrocon.com/cape/pf_sp.htm.

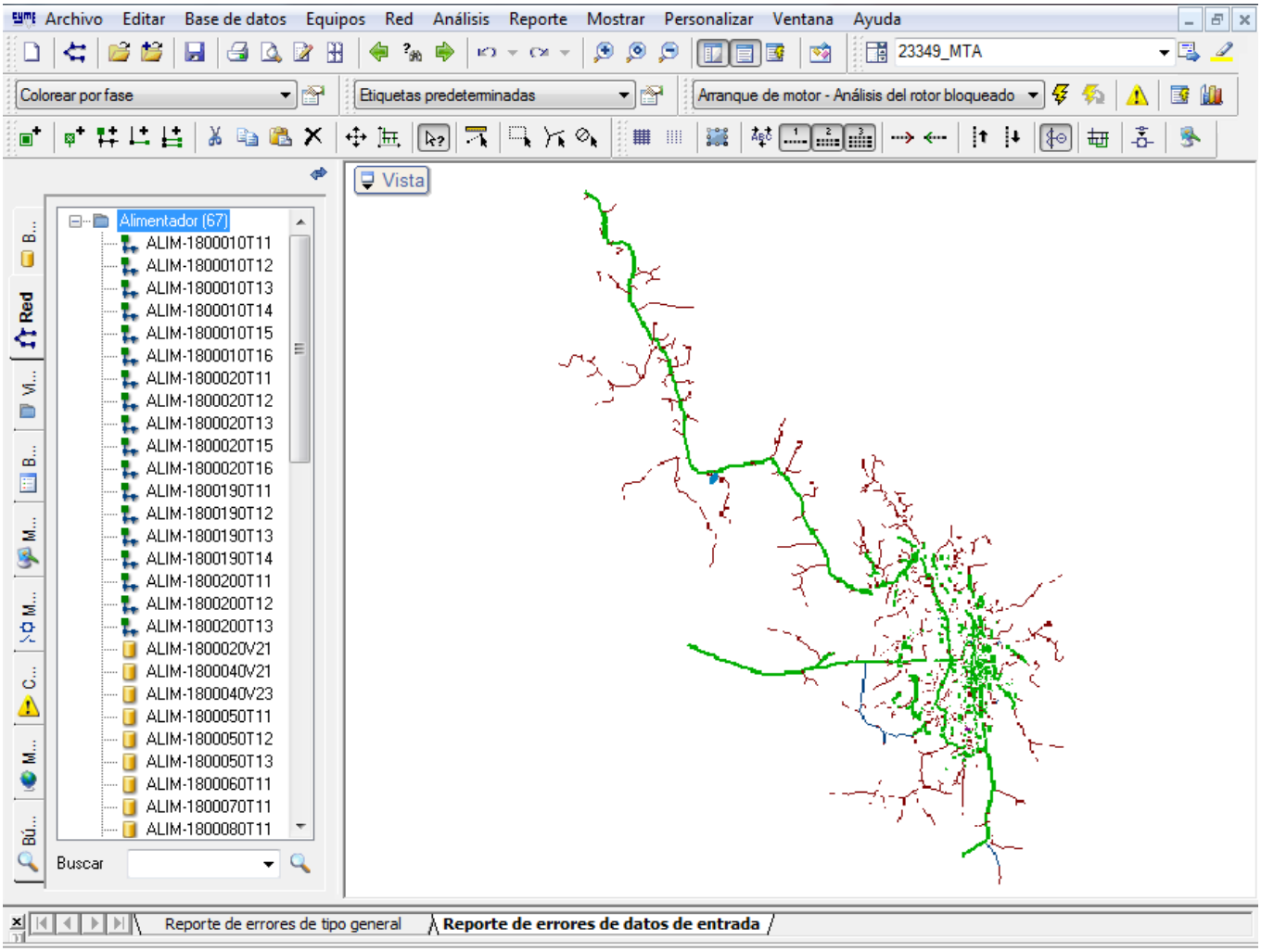


Ilustración 5-1. *Alimentadores de la Ciudad de Loja en la base de datos usada en CYMDIST. Fuente: Información manejada por el Departamento SIG de la EERSSA.*

La simulación del sistema de Media Tensión de la EERSSA, para las demandas máximas del año 2013, se muestra sin mayores problemas. Las caídas de tensión se mantienen en el rango permisible (4,5%) salvo en el alimentador Chuquiribamba donde la caída de tensión alcanza el 7%. De acuerdo a la simulación, existen solamente un (1) transformador de distribución sobrecargado, éste se encuentra en el alimentador Celi Román y posee una sobrecarga de cerca del 10%. El mayor problema que se tiene es el desbalance en las fases de los alimentadores, 5 de 18 alimentadores poseen un desbalance de más del 30%, 3 un desbalance entre el 20 y 30%, 5 entre 10 y 20%, y apenas 5 poseen un desbalance inferior al 10%.

En las tablas del ANEXO 5 se pueden observar los resultados de la simulación de los diferentes alimentadores para la demanda máxima del año 2013.

5.2.2 CONDICIÓN DE LOS ALIMENTADORES DE LA EERRSSA CON INCLUSIÓN DE CARGA POR USO DE COCINAS DE INDUCCIÓN Y CALEFONES ELÉCTRICOS

Para la simulación de los alimentadores con ingreso de la nueva carga, se usaron los valores de demanda máxima obtenidos en el capítulo anterior (ingreso de cocinas y calefones), siguiendo exactamente el mismo proceso que para el punto anterior. Para este nuevo análisis se calculó un nuevo Factor de Carga, de acuerdo a las nuevas condiciones del alimentador, y se mantuvo el mismo Factor de Potencia utilizado en el procedimiento anterior.

Los resultados obtenidos, en cierta manera, fueron los esperados. El 28% de los alimentadores poseen caídas de tensión fuera del rango permisible (4,5%) siendo el alimentador Chuquiribamba el más afectado de todos con una caída de tensión que alcanza el 16%. Todos los alimentadores poseen transformadores de distribución sobrecargados; en 7 de los 18 alimentadores más del 30% de transformadores instalados están sobrecargados, siendo el Chontacruz el más afectado con un 53% de transformadores sobrecargados.

Todos los alimentadores poseen tramos de red sobrecargados, el más afectado es el Alimentador Celi Román con un 8,41% de redes sobrecargadas. El desbalance en las fases de los alimentadores continúa siendo un problema considerable, 6 de 18 alimentadores poseen un desbalance de más del 30%, 5 un desbalance entre el 20 y 30%, 5 entre 10 y 20%, y apenas 2 poseen un desbalance inferior al 10%.

En las tablas del ANEXO 6 se pueden observar los resultados de la simulación de los diferentes alimentadores para la demanda máxima del año 2013.

5.3 SELECCIÓN DE ALIMENTADOR A RECONFIGURAR

Para la selección del alimentador a reconfigurar, se han considerado los alimentadores con el estado más crítico de acuerdo a la simulación realizada. De estos se ha seleccionado uno de acuerdo a los siguientes parámetros: porcentaje de clientes residenciales conectados, porcentaje de transformadores sobrecargados, Caída de Tensión y Longitud total del Alimentador. A continuación se muestran ilustraciones de las simulaciones de los cinco alimentadores más afectados.

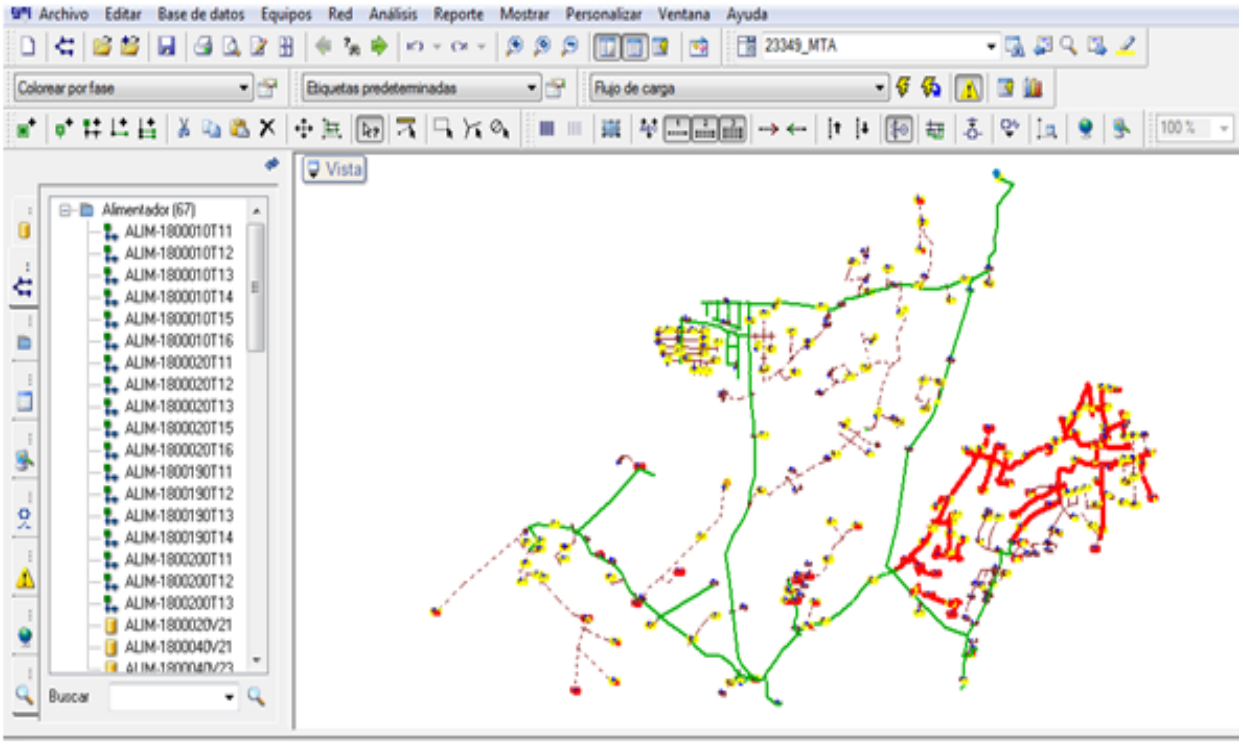


Ilustración 5-2. *Estado del Alimentador Chontacruz con incremento de Carga (cocinas de inducción).*

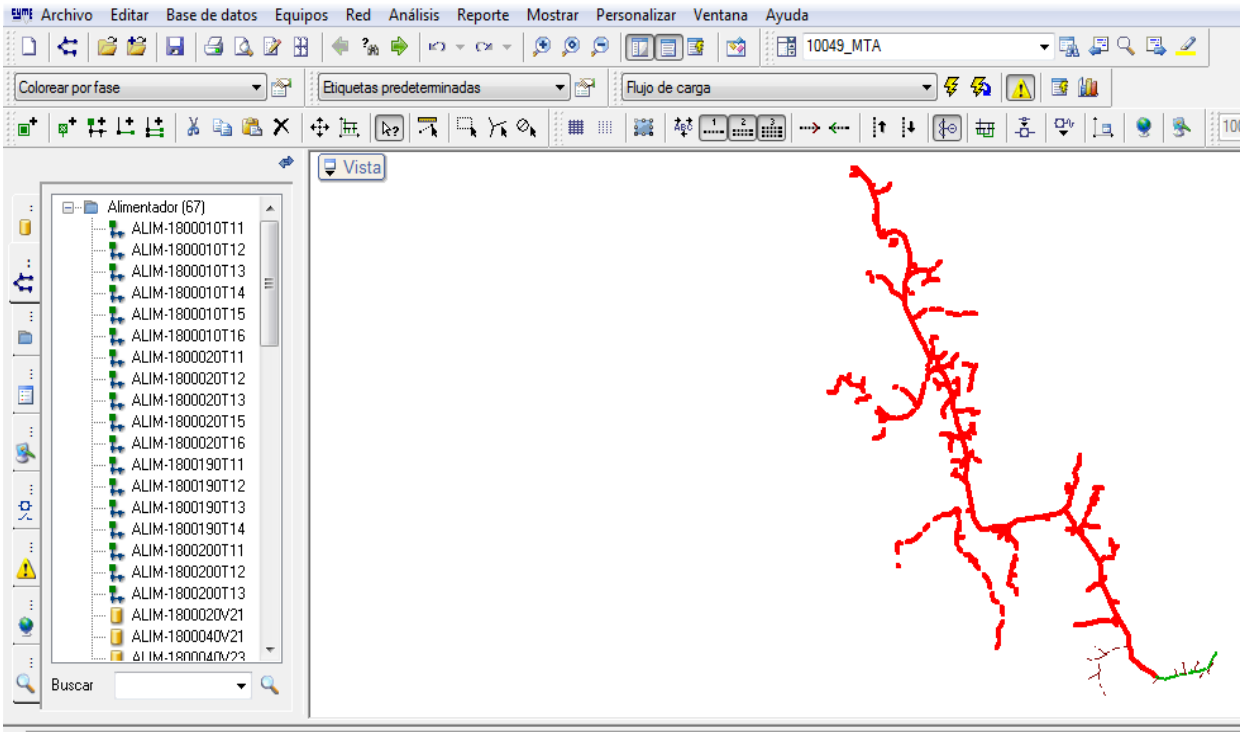


Ilustración 5-3. *Estado del Alimentador Chuquiribamba con incremento de Carga (cocinas de inducción).*

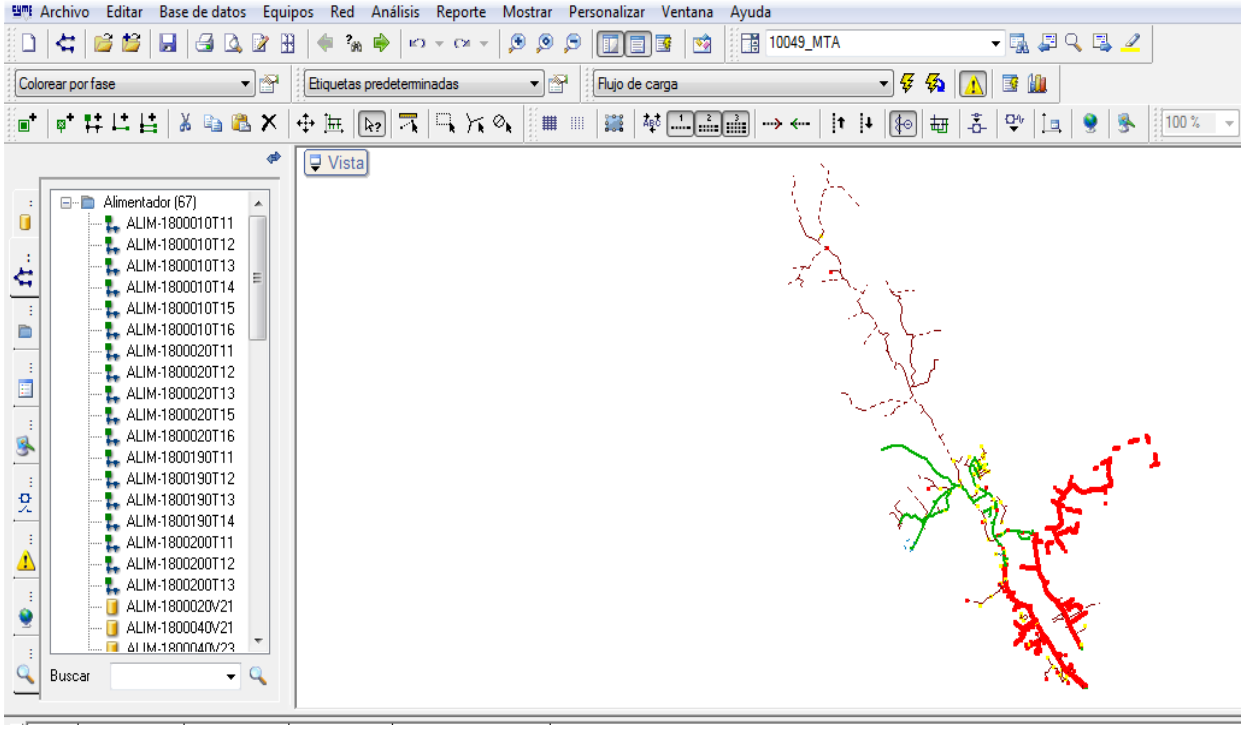


Ilustración 5-4. *Estado del Alimentador Motupe con incremento de Carga (cocinas de inducción).*

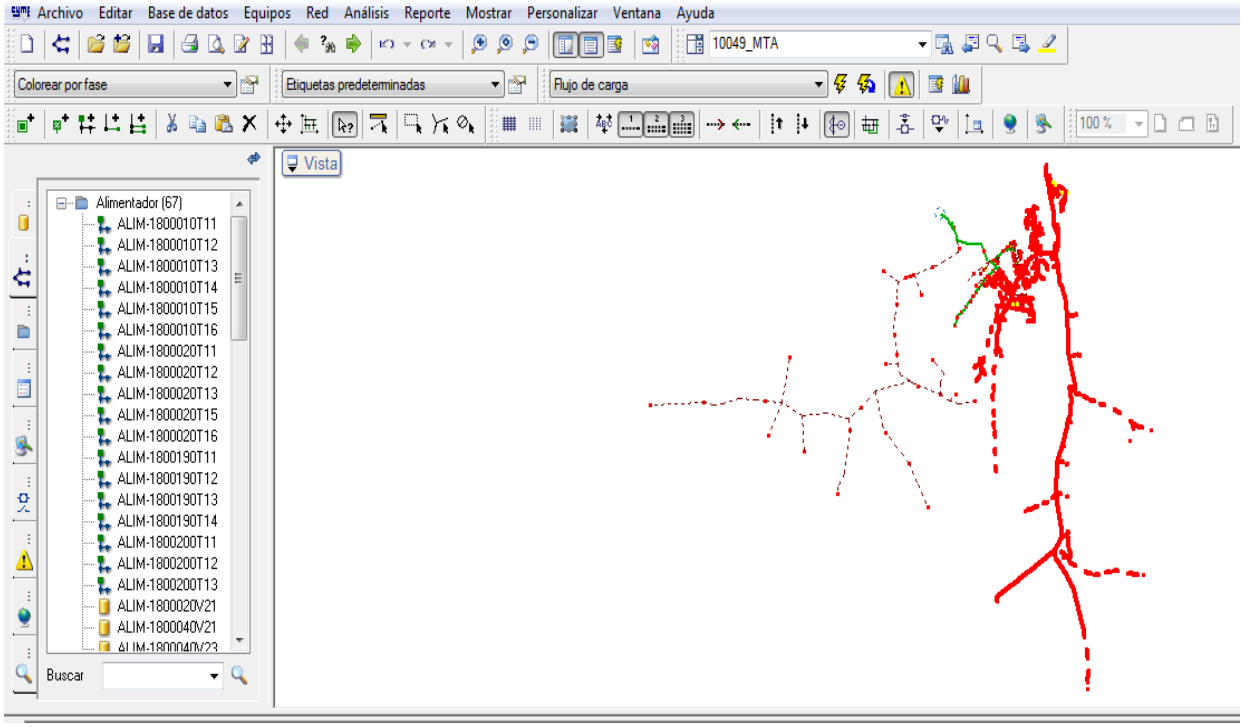


Ilustración 5-5. *Estado del Alimentador Cajanuma con incremento de Carga (cocinas de inducción).*

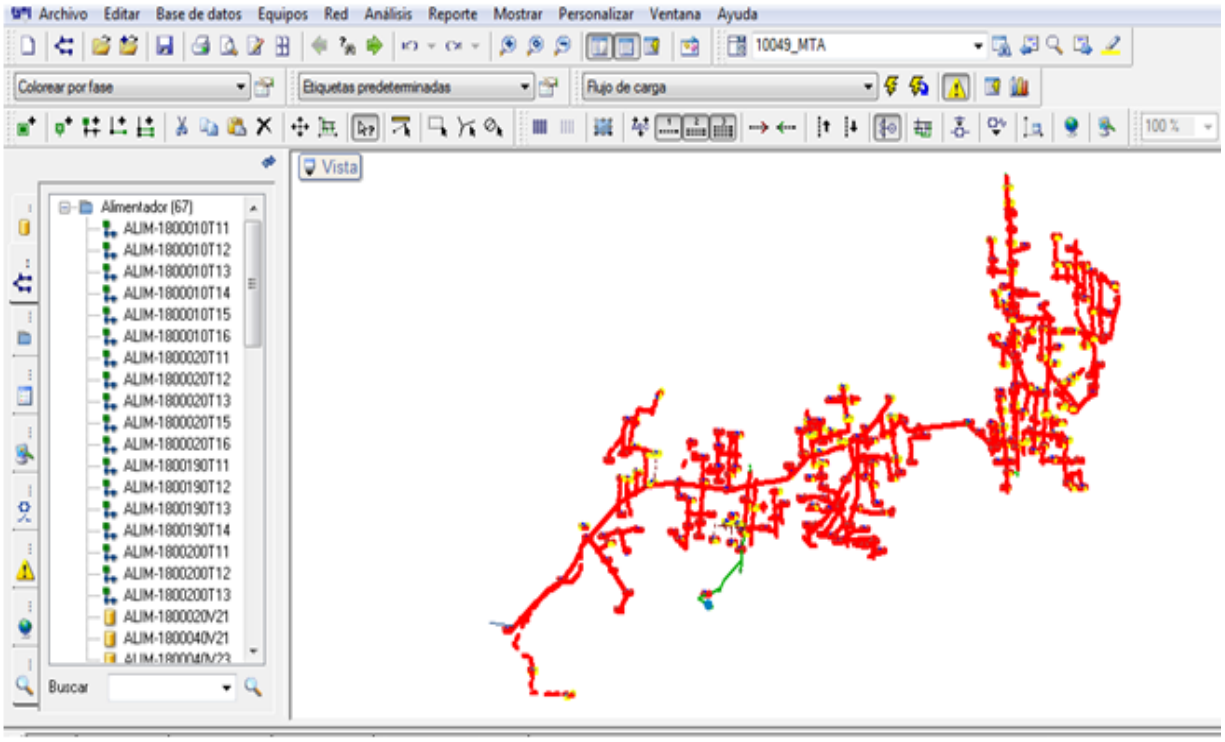


Ilustración 5-6. *Estado del Alimentador Yaguarcuna con incremento de Carga (cocinas de inducción).*

En la siguiente tabla se muestra los alimentadores más afectados y sus parámetros.

CÓDIGO	NOMBRE ALIMENTADOR	% TRAFOS SOBRECARGADOS	CAIDA DE TENSIÓN MÁXIMA	LONGITUD TOTAL (km)	% DE CLIENTES RESIDENCIALES
0111	Chontacruz	53%	8,50%	44,23	80%
1911	Chuquiribamba	28%	19,37%	108,65	99%
1913	Motupe	20%	5,65%	52,01	83%
2011	Cajanuma	5%	1,77%	56,5	88%
2013	Yaguarcuna	24%	5,73%	37,05	96%

Tabla 5-3. *Alimentadores más afectados por la incidencia de la nueva carga.*

Como se observa en la tabla, de los cinco alimentadores más afectados el de mayor número de clientes residenciales conectados, mayor caída de tensión y longitud, es el Chuquiribamba; es por ello que se selecciona éste para ser reconfigurado, la que se realiza por medio de cambio de transformadores sobrecargados, cambio de conductores sobrecargados y mejoras de caídas de tensión.

5.4 RECONFIGURACIÓN DEL ALIMENTADOR

La reconfiguración cosiste en realizar una serie de cambios al alimentador seleccionado en el software CYMDIST, de tal manera que al volver a realizar la

simulación se obtengan parámetros normales dentro de los rangos permitidos. Para ello se arranca directamente con el cambio de los transformadores sobrecargados.

5.4.1 CAMBIO DE TRANSFORMADORES SOBRECARGADOS

Para determinar la nueva potencia de los 65 transformadores sobrecargados, se tomará en cuenta el número de clientes conectados a cada uno de ellos. El alimentador Chuquiribamba se extiende en la zona oriental de la ciudad de Loja y recorre gran parte del Barrio Carigán, La Tenería, Chuquiribamba y ciertas zonas periféricas de la ciudad; es por ello que para el cálculo de la potencia de los nuevos transformadores se elige un cliente tipo D y se utiliza la Tabla de Demandas Máximas Proyectadas que se muestra en el Anexo 3 de la Norma Técnica para el Diseño de Redes Eléctricas Urbanas y Rurales manejada por la EERSSA [15]. Para la proyección de la demanda por uso de cocinas se utiliza la tabla de Factor de Simultaneidad y Carga de Cocinas de Inducción (ANEXO 3).

En el ANEXO 7, se muestra en detalle el proceso antes descrito y las potencias de los nuevos transformadores que han de reemplazar a los sobrecargados. La siguiente tabla muestra una comparación entre la potencia de los transformadores sobrecargados y los nuevos transformadores.

POTENCIA (kVA)	No. TRAFOS SOBRECARGADOS	No. TRAFOS A INSTALARSE
3	3	0
5	29	0
10	27	3
15	5	6
25	1	29
37,5	0	19
50	0	8

Tabla 5-4. *Potencia de los transformadores sobrecargados y nuevos transformadores.*

5.4.2 REPOTENCIACIÓN DEL CALIBRE DE CONDUCTORES

Con el fin de minimizar las caídas de tensión en los tramos más alejados y en general en todo el alimentador, es necesaria la repotenciación del tramo principal y de algunos tramos secundarios, es decir el cambio del conductor #2 AWG ACSR por conductor #2/0 AWG ACSR y #4/0 AWG ACSR según como se muestra en la siguiente tabla.

Cambio de Conductor #2 AWG ACSR a #2/0 AWG ACSR		
Poste de Arranque	**Poste de Llegada**	**Longitud (km)**
26616	30071,30072,30073	3,14
30071,30072,30073	38238	3,13

Cambio de Conductor #2 AWG ACSR a #4/0 AWG ACSR		
Poste de Arranque	**Poste de Llegada**	**Longitud (km)**
26578	26601	3,58
26231,26232	26255	3,29
26518,26519	26565	7,28

Tabla 5-5. *Calibres y tramos de conductores a ser cambiados.*

5.4.3 CAMBIO DE RAMALES MONOFÁSICOS A TRIFÁSICOS Y EXTENSIÓN DE RED TRIFÁSICA

Debido al desequilibrio entre fases y con el fin de reforzar los ramales secundarios del alimentador Chuquiribamba es necesario realizar el cambio de ciertos ramales monofásicos a trifásicos, según el cuadro que a continuación se muestra.

Cambio de ramales monofásicos a trifásicos		
Poste de Arranque	**Poste de Llegada**	**Longitud (km)**
26578	26601	3,58
26231,26232	26255	3,29
26518,26519	26565	7,28

Tabla 5-6. *Cambio de Ramales monofásicos a trifásicos.*

Actualmente la mayor parte de la carga del alimentador se encuentra concentrada en un ramal principal trifásico, para alivianar y distribuir de mejor manera la carga es necesario realizar la extensión de otro ramal principal; esta extensión parte desde el poste No. 26247 hasta el poste No. 26565, en una longitud total de 19,8 km.

5.4.4 INCORPORACIÓN DE SECCIONADORES

Como parte de la reconfiguración, con el fin de realizar transferencias de carga y para mejorar la operación del sistema es necesaria la incorporación de seccionadores trifásicos tipo barra en los ramales en los cuales se ha realizado cambios. Estos seccionadores deberán ser instalados en los puntos mostrados en la siguiente tabla.

Seccionadores Tipo Barra	
No. de Poste	**Estado**
26519	Abierto
26247	Cerrado
26245	Cerrado
26232	Cerrado

Tabla 5-7. *Incorporación de Seccionadores, No. de poste y estado.*

5.4.5 TRANSFERENCIA DE CARGA ENTRE FASES

Para minimizar el desequilibrio entre las fases es necesario realizar la transferencia de carga, a continuación se muestran dos tablas, la primera contiene las transferencias de carga realizadas y la segunda los resultados obtenidos y la comparación entre el estado anterior y el actual (realizada la transferencia).

Transferencia de Carga			
No. de Transformador	**Potencia (kVA)**	**Fase Inicial**	**Fase Final**
74442864	10	A	C
85A381777	5	A	C
1318	10	A	C
14368	15	A	C
9947	10	A	C
26310	25	A	B

Estado	Carga por fase			Desbalance
	A	B	C	
Sin transferencia	711,6	582,6	566,3	20,42%
Con transferencia	636,6	607,6	616,3	4,56%

Tabla 5-8. *Transferencias de Carga.*

Los resultados de los cambios realizados y el estado del alimentador luego de éstos se pueden observar, en pequeño detalle, en la siguiente imagen.

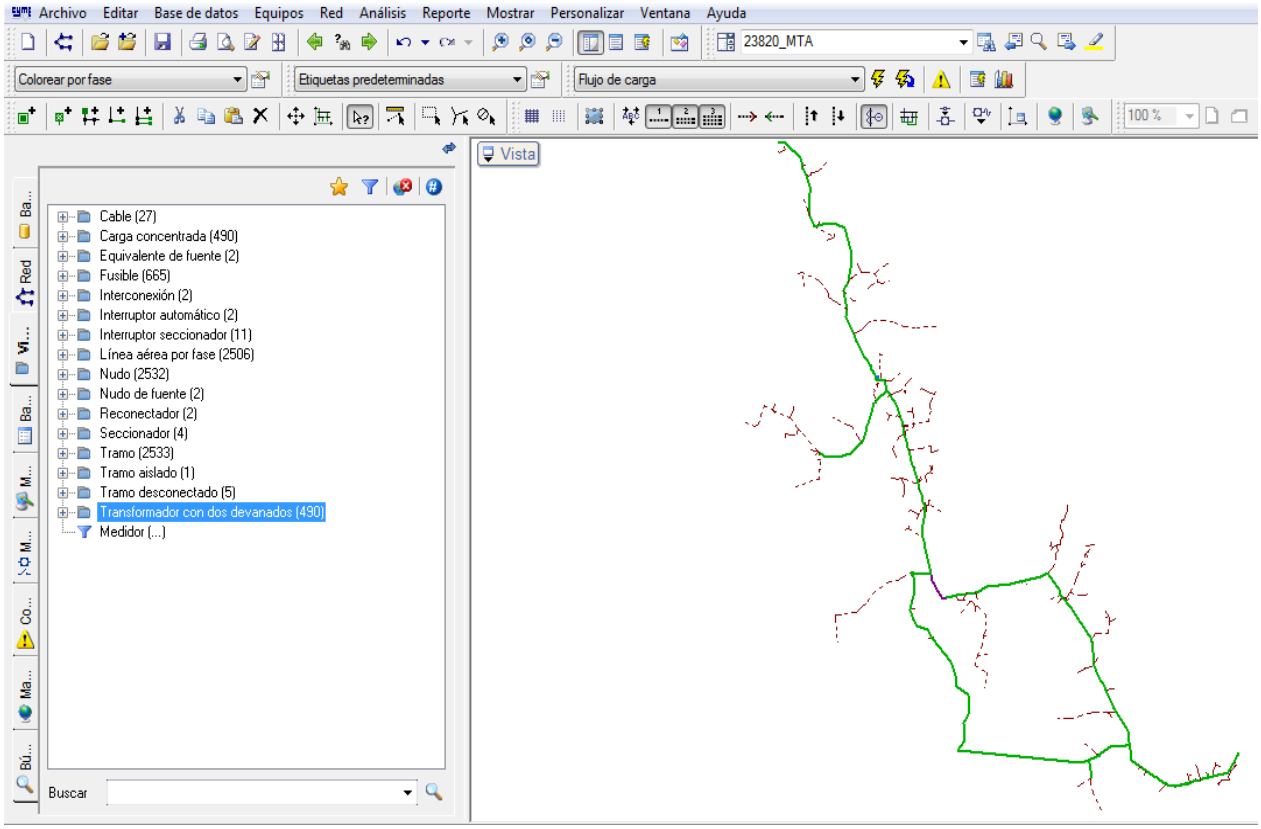


Ilustración 5-7. *Estado del alimentador Chuquiribamba una vez efectuada la reconfiguración.*

Los resultados obtenidos de la simulación, una vez realizados los cambios, son los que se muestran en la siguiente tabla.

Carga por fase (kVA)			Desbalance	Caída de Tensión más crítica				Transformadores sobrecargados		
A	B	C		A(%)	B(%)	C(%)	# Tramo	#	% trafos de la S/E	% sobrecarga max
636,6	607,6	616,3	4,56%	2,86	2,17	2,82	23763_MTA	9	4%	8,1
				5,04	5,52	5,64	23949_MTA			
				5,71			23991_MTA			
				5,07	5,47	5,14	23917_MTA			

Tabla 5-9. *Resultados de la simulación del Alimentador Chuquiribamba, una vez reconfigurado.*

Como se puede observar, las caídas de tensión más grandes (18%) se reducen hasta un nivel del 5,6% en su caso más crítico. La sobrecarga máxima en transformadores apenas alcanza el 8% en comparación al 250% que se tenía en un inicio, y además, las sobrecargas en los otros transformadores no exceden el 5%.

El desbalance de fases de aproximadamente 20,5% se reduce al 4,56%. En resumen, el alimentador está en condiciones de recibir la nueva carga y soportarla sin que disminuyan los índices de calidad del servicio.

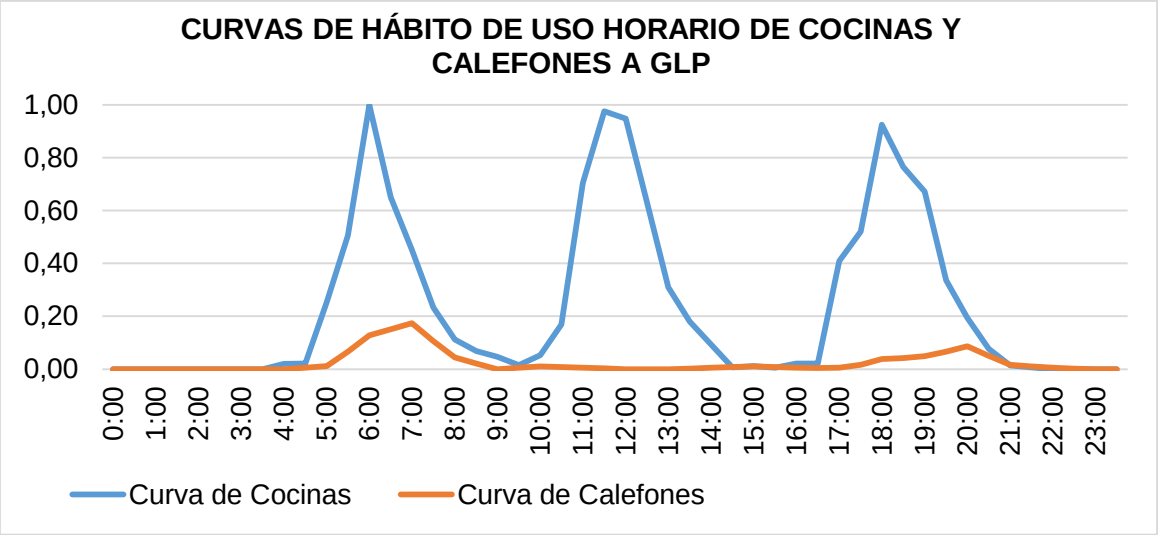
La reconfiguración realizada y las mejoras obtenidas por medio de ésta solamente se pueden observar en el archivo digital en el que se ha trabajado, dicho archivo será entregado como anexo digital (ANEXO 8) a la EERSSA para que sea utilizado como sus funcionarios dispongan.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El 100% de los hogares de la ciudad de Loja utilizan por lo menos una cocina de GLP para la cocción de alimentos, de éstas el 74% son de 4 quemadores.; y apenas el 19% de los hogares, usan un calefón a GLP para el calentamiento de agua. El 79% de los hogares utilizan uno o menos de un cilindro de 15 kg de GLP al mes para la cocción de sus alimentos.

Loja es una ciudad donde la mayor parte de las familias, aún mantienen la costumbre de preparar en casa los tres alimentos del día: desayuno, almuerzo y cena; y también, una ciudad donde gran parte de los hogares no utiliza ningún método para calentamiento de agua (ducha eléctrica, calefón, energía solar). Lo antes mencionado se refleja en las curvas de hábito de uso horario o factor de variación horaria de cocinas y calefones a GLP obtenidas.



Curvas de Hábito de uso Horario de Cocinas y Calefones a GLP en por unidad.

Por la no coincidencia de la curva de hábito de uso horario y la curva de carga del sistema se esperan dos situaciones. La primera, el aporte de la carga de cocinas de inducción es menor al esperado, ya que el valle de la curva es el que se suma a la hora pico del sistema. Por ello se espera un incremento en la demanda del sistema del 24%, aproximadamente 7,41 MW. La segunda, se afecta el intervalo de ocurrencia de la hora pico del sistema en aproximadamente 30 minutos, siendo 18h30 a 19h30 el nuevo intervalo, y con ello las 19h00 la nueva hora pico.

Con la puesta en marcha del Plan de Cocción Eficiente, se tendrá tres picos a lo largo de todo el día: En la mañana entre las 05h00 y 08h00, con una potencia aproximada de 30,1 MW; al medio día entre las 10h30 y 14h00, con

una potencia aproximada de 32,25 MW; y, en la noche entre las 17h00 y 21h00, con una potencia aproximada de 38,02 MW.

Respecto a la incidencia de la puesta en marcha del PCE, la S/E más perjudicada es la Sur. Esta S/E presenta un 28% de sobrecarga al año 2016, si se mantiene el crecimiento de demanda estimado sin la puesta en marcha del PCE; con la puesta en marcha del PCE, alcanza una sobrecarga del 76%. La S/E Obrapía es la única que puede suplir la demanda por uso de cocinas y calefones sin sufrir sobrecargas.

	POTENCIA INSTALADA (MVA)	NIVEL DE CARGA ACTUAL (2013)	NIVEL DE CARGA PROYECTADO (2016)	NIVEL DE CARGA PROYECTADO CON PCE
OBRAPÍA	15	66,57%	80%	91%
SAN CAYETANO	10	85,72%	100%	118%
NORTE	5	66,74%	85%	119%
SUR	5	101,83%	128%	176%

Situación actual y futura de las S/E de la ciudad de Loja, con y sin PCE.

Realizando el análisis en los diferentes alimentadores, se tiene que con el ingreso de la nueva carga el 28% de los alimentadores poseen caídas de tensión fuera del rango permisible. Todos los alimentadores poseen transformadores de distribución sobrecargados, y se tiene un elevado desbalance de fases. Los alimentadores con condiciones más críticas y cuya intervención es la más urgente se muestran en la siguiente tabla.

CÓDIGO	NOMBRE ALIMENTADOR	% TRAFOS SOBRECARGADOS	CAIDA DE TENSIÓN MÁXIMA	LONGITUD TOTAL (km)	% DE CLIENTES RESIDENCIALES
0111	Chontacruz	53%	8,50%	44,23	80%
1911	Chuquiribamba	28%	19,37%	108,65	99%
1913	Motupe	20%	5,65%	52,01	83%
2011	Cajanuma	5%	1,77%	56,5	88%
2013	Yaguarcuna	24%	5,73%	37,05	96%

Alimentadores más afectados por la incidencia de la nueva carga.

De éstos se escogió al alimentador Chuquiribamba para ser reconfigurado, la que se inicia con el cambio de 65 transformadores sobrecargados. Se realiza una repotenciación del tramo principal y de algunos tramos secundarios, por medio del cambio de 6,27 km de conductor #2 AWG ACSR por conductor #2/0 AWG ACSR y, 14,15 km por conductor #4/0 AWG ACSR.

Para disminuir el desequilibrio entre fases y reforzar los ramales secundarios del alimentador, se realiza el cambio de 14,15 km de ramal monofásico a trifásico. Para alivianar y distribuir de mejor manera la carga concentrada en un solo ramal principal, se realiza una extensión de 19,8 km de ramal principal,

además se incorporan cuatro seccionadores tipo barra. Para equilibrar las fases se transfieren 50 kVA de la fase A a la C, y, 25 kVA de la fase A a la B.

Las caídas de tensión más grandes se reducen hasta un nivel del 5,6%, la sobrecarga máxima en transformadores apenas alcanza el 8% en comparación al 250% que se tenía en un inicio. El desbalance de fases de aproximadamente se reduce al 4,56%. Una vez realizados los cambios, la simulación muestra un alimentador en condiciones adecuadas para servir la nueva carga cumpliendo los diferentes índices de calidad del servicio.

Para realizar el presente estudio se consideró una saturación del 100% al año 2016, tanto para cocinas de inducción como para calefones eléctricos. Para realizar la reconfiguración del alimentador elegido, no se delimitó restricción alguna (presupuesto, planimetría, espacio, condición actual) sino que se utilizó las herramientas y opciones que el software CYMDIST ofrece para este tipo de procedimientos. Las simulaciones realizadas y los resultados obtenidos por medio de ésta, son valores referenciales.

Recomendaciones

Con las encuestas realizadas se determinó que la mayor parte de hogares utiliza cocinas de cuatro quemadores, por ello se recomienda que el PCE contemple la entrega de cocinas de inducción de cuatro focos de calor, para que haya una mayor acogida de parte de los clientes residenciales.

La S/E Sur, con o sin incremento de carga por uso de cocinas de inducción y calefones eléctricos, sufrirá una fuerte sobrecarga por lo que se recomienda su repotenciación por medio de un transformador de 5 MVA, duplicando la capacidad de la S/E.

Todos los alimentadores, en mayor o menor proporción, son afectados por el ingreso de la carga por uso de cocinas de inducción y calefones eléctricos; por ello es necesario realizar los estudios y reconfiguraciones correspondientes para mantener a las redes de distribución de la EERSSA en óptimas condiciones para el ingreso de la nueva carga.

BIBLIOGRAFÍA

[1] E. Neira y E. Ramos, «DIAGNÓSTICO DEL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO,» 2003.

[2] «LEY DE REGIMEN DEL SECTOR ELÉCTRICO,» Quito, 1996.

[3] J. C. Fernández, «EXPERIENCIAS INTERNACIONALES EN MERCADOS ELÉCTRICOS LIBERALIZADOS,» *ANALES DE MECÁNICO Y ELECTRICIDAD,* 2003.

[4] *REFORMA A LA LEY DEL RÉGIMEN DEL SECTOR ELÉCTRICO,* 2006.

[5] CONELEC, PLAN MAESTRO DE ELECTRIFICACIÓN 2013-2022, Quito, 2013.

[6] CONELEC, «Estudio de Demanda de Energía y Potencia de Cocinas Eléctricos y su impacto en la curva de carga diaria del S.N.I. Periodo 2015-2022.,» Quito, 2013.

[7] H. Vani, S. Vandana y C. Reddy, «CUSTOMER PURCHASE BEHAVIOR TOWARDS INDUCTION COOKER -A COMPARATIVE STUDY OF SELEC INDUCTION COOKER BRANDS IN HYDERABAD-,» *IJMBS,* vol. 1, p. 6, 2011.

[8] M. N. O. Sadiku, ELEMENTS OF ELECTROMAGNETICS, THIRD EDITION, New York, 2002.

[9] P. Pineda, D. Ugarte y C. Alegre, «INDUCTION HEATER,» *Universidad Ricardo Palma,* 2011.

[10] J. F. Salazar Masson, ESTUDIO TÉCNICO-COMPARATIVO PARA LA INTRODUCCIÓN DE COCINAS ELÉCTRICAS DE INDUCCIÓN MAGNÉTICA EM EL ECUADOR, Quito, 2010.

[11] INEN, «EFICIENCIA ENERGÉTICA EN COCINAS DE INDUCCIÓN DE USO DOMÉSTICO. REQUISITOS.,» NORMA TÉCNICA ECUATORIANA, Quito, 2010.

[12] G. A. D. M. d. Loja, «PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN LOJA,» Loja, 2011.

[13] INEC, *CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA,* 2010.

[14] T. Gönen, ELECTRIC POWER DISTRIBUTION SYSTEM ENGINEERING, New York: McGraw-Hill, 1986.

[15] EERSSA, Norma Técnica para el Diseño de Redes Eléctricas Urbanas y Rurales manejada por la EERSSA, Loja, 2012.

ANEXOS

ANEXO N° 1

MODELO DE ENCUESTA REALIZADA POR MEDIO DE LA HERRAMIENTA GOOGLE DRIVE

Encuesta para Determinar las Características del Uso del (GLP) Gas Licuado de Petróleo en los hogares de la Ciudad de Loja

La presente encuesta está dirigida a los usuarios residenciales de las redes de distribución de la EERSSA en la ciudad de Loja. La encuesta está destinada un fin investigativo no persigue ningún fin económico ni político.

*Obligatorio

1. **S/E** *

   Marca solo un óvalo.

   - OBRAPÍA
   - SAN CAYETANO
   - NORTE
   - SUR

2. **Alimentador Primario** *

   Marca solo un óvalo.

   - Chontacruz
   - IV Centenario
   - Hospital
   - Celi Román
   - Consacola
   - Villonaco
   - Sur
   - Norte
   - Juan de Salinas
   - Centro
   - El Calvario
   - Chuquiribamba
   - Parque Industrial
   - Motupe
   - Carigán
   - Cajanuma
   - Pío Jaramillo
   - Yaguarcuna

3. **Barrio o Sector** *

   _____

4. **¿Cuánto paga por energía eléctrica al mes?** *

   _____

Caracteristicas de la Cocina

5. **Su cocina/cocineta funciona con:** *
   Marca solo un óvalo.
   - GAS
   - ELECTRICIDAD
   - OTRO

6. **Cuantas hornillas (quemadores) cuenta su cocina ?** *
   Marca solo un óvalo.
   - 1
   - 2
   - 4
   - 6
   - Otro: _____

7. **¿Cuántos cilindros/tanques de gas consume aproximadamente al mes PARA COCINAR?** *
   Marca solo un óvalo.
   - 0
   - 0.5
   - 1
   - 1.5
   - 2
   - 3
   - Más de 3

Energía dedicada al calentamiento de Agua

8. **¿Tiene ducha eléctrica?** *
   Marca solo un óvalo.
   - SI
   - NO
   - CALEFÓN A GAS
   - DUCHA Y CALEFÓN

9. **¿Cuántos cilindros/tanques de gas se usan PARA CALENTAMIENTO DE AGUA?** *
   Selecciona todos los que correspondan.
   - [ ] 0
   - [ ] 0.5
   - [ ] 1
   - [ ] 1.5
   - [ ] 2
   - [ ] 3
   - [ ] Más de 3

10. **¿En promedio qué tiempo utiliza la ducha (min)?** *
    _____

11. **¿En la mañana aproximadamente a qué hora utiliza la ducha?**
    Selecciona todos los que correspondan.
    - [ ] 03h00
    - [ ] 04h00
    - [ ] 05h00
    - [ ] 06h00
    - [ ] 07h00
    - [ ] 08h00
    - [ ] 09h00
    - [ ] 10h00

12. **¿Cuántas personas utilizan la ducha en la mañana?**
Marca solo un óvalo.

- 0
- 1
- 2
- 3
- Más de 3

13. **¿Al medio día aproximadamente a qué hora utiliza la ducha?**
Selecciona todos los que correspondan.

- [ ] 11h00
- [ ] 12h00
- [ ] 13h00
- [ ] 14h00
- [ ] 15h00

14. **¿Cuántas personas utilizan la ducha al medio día?**
Marca solo un óvalo.

- 0
- 1
- 2
- 3
- Más de 3

15. **¿En la tarde y noche aproximadamente a qué hora utiliza la ducha?**
Selecciona todos los que correspondan.

- [ ] 16h00
- [ ] 17h00
- [ ] 18h00
- [ ] 19h00
- [ ] 20h00
- [ ] 21h00
- [ ] 22h00
- [ ] 23h00

16. **¿Cuántas personas utilizan la ducha en la tarde o noche?**
Marca solo un óvalo.

- 0
- 1
- 2
- 3
- Más de 3

Tiempos y Costumbres de Cocción

DESAYUNO

---

17. **¿Prepara el desayuno en su casa?** *
Marca solo un óvalo.

- SI
- NO

18. **¿Cuántos quemadores prende simultáneamente para preparar el desayuno?**
Marca solo un óvalo.

- 1
- 2
- 3
- 4
- Más de 4

19. **¿A qué hora enciende la cocina en la mañana para preparar el desayuno?**
Selecciona todos los que correspondan.

- [ ] 03:30
- [ ] 04:00
- [ ] 04:30
- [ ] 05:00
- [ ] 05:30
- [ ] 06:00
- [ ] 06:30
- [ ] 07:00
- [ ] 07:30
- [ ] 08:00
- [ ] 08:30
- [ ] 09:00
- [ ] 09:30
- [ ] 10:00
- [ ] 10:30

20. **¿Qué tiempo permanece encendida la cocina para preparar el desayuno? (mín)**

_____

ALMUERZO

21. **¿Prepara el almuerzo en su casa?** *
Marca solo un óvalo.

- ( ) SI
- ( ) NO

22. **¿Cuántos quemadores prende simultáneamente para preparar el almuerzo?**
Marca solo un óvalo.

- ( ) 1
- ( ) 2
- ( ) 3
- ( ) 4
- ( ) Más de 4

23. **¿A qué hora enciende la cocina para preparar el almuerzo?**
Selecciona todos los que correspondan.

- [ ] 10:00
- [ ] 10:30
- [ ] 11:00
- [ ] 11:30
- [ ] 12:00
- [ ] 12:30
- [ ] 13:00
- [ ] 13:30
- [ ] 14:00
- [ ] 14:30
- [ ] 15:00
- [ ] 15:30

24. **¿Qué tiempo permanece encendida la cocina para preparar el almuerzo? (mín)**

_____

MERIENDA / CENA

25. **¿Prepara merienda/cena en su casa?** *
Marca solo un óvalo.

- ( ) SI
- ( ) NO

26. **¿Cuántos quemadores prende simultáneamente para preparar la merienda/cena?**
Marca solo un óvalo.

- 1
- 2
- 3
- 4
- Más de 4

27. **¿A qué hora enciende la cocina para preparar la merienda/cena?**
Selecciona todos los que correspondan.

- [ ] 15:30
- [ ] 16:00
- [ ] 16:30
- [ ] 17:00
- [ ] 17:30
- [ ] 18:00
- [ ] 18:30
- [ ] 19:00
- [ ] 19:30
- [ ] 20:00
- [ ] 20:30
- [ ] 21:00
- [ ] 21:30
- [ ] 22:00
- [ ] 22:30

28. **¿Qué tiempo permanece encendida la cocina para preparar la merienda/cena? (mín)**

_____

Con la tecnología de Google Forms

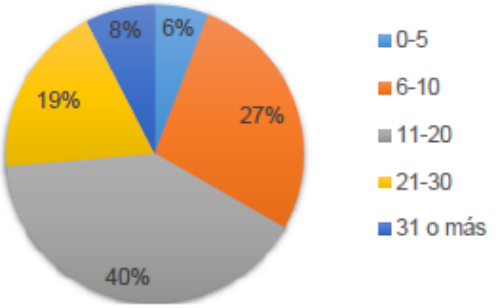
ANEXO N° 2

RESULTADOS DE LA ENCUESTA

GENERAL SISTEMA CIUDAD DE LOJA

¿Cuánto paga por energía eléctrica al mes?

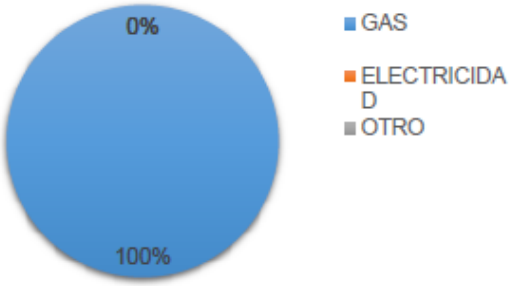
0-5	27	2611
6-10	127	13711
11-20	187	20074
21-30	87	9916
31 o más	35	3797
TOTAL	**463**	**50109**



Información de la Cocina

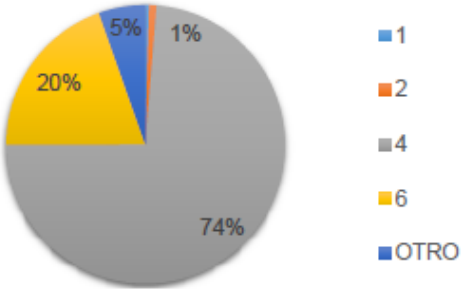
Su cocina/cocineta funciona con:

GAS	463	50109
ELECTRICIDAD	0	0
OTRO	0	0
TOTAL	**463**	**50109**



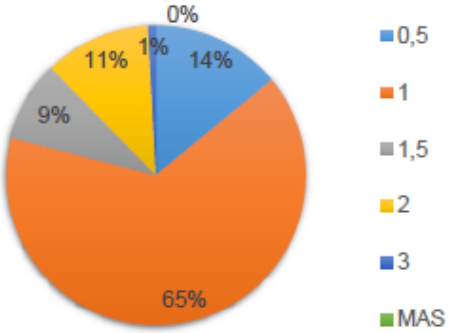
¿Cuantos quemadores a gas tiene su cocina/cocineta?

1	2	254
2	4	507
4	341	36018
6	91	10370
OTRO	25	2960
TOTAL	**463**	**50109**



¿Cuántos cilindros/tanques de gas consume aproximadamente al mes PARA COCINAR?

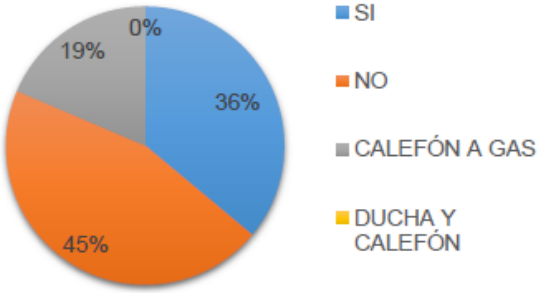
0,5	65	7220
1	301	32481
1,5	40	4316
2	53	5667
3	4	425
MAS	0	0
TOTAL	**463**	**50109**



Energía dedicada al Calentamiento de Agua

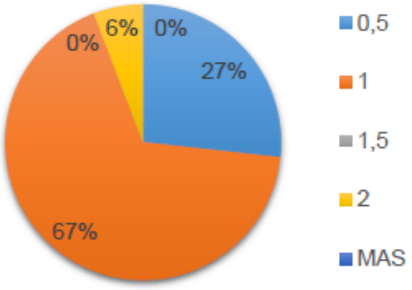
¿Tiene ducha eléctrica?

SI	167	18646
NO	210	21411
CALEFÓN A GAS	86	10052
DUCHA Y CALEFÓN	0	0
TOTAL	**463**	**50109**



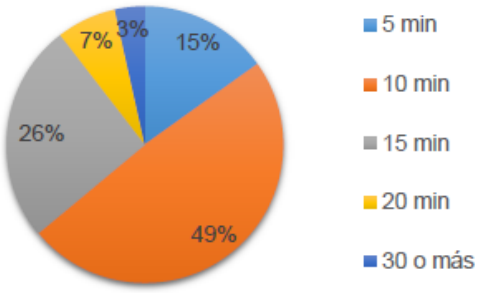
¿Cuántos cilindros/tanques de gas se usan PARA CALENTAMIENTO DE AGUA?

0,5	23	2596
1	58	6830
1,5	0	0
2	5	625
MAS	0	0
TOTAL	**86**	**10052**

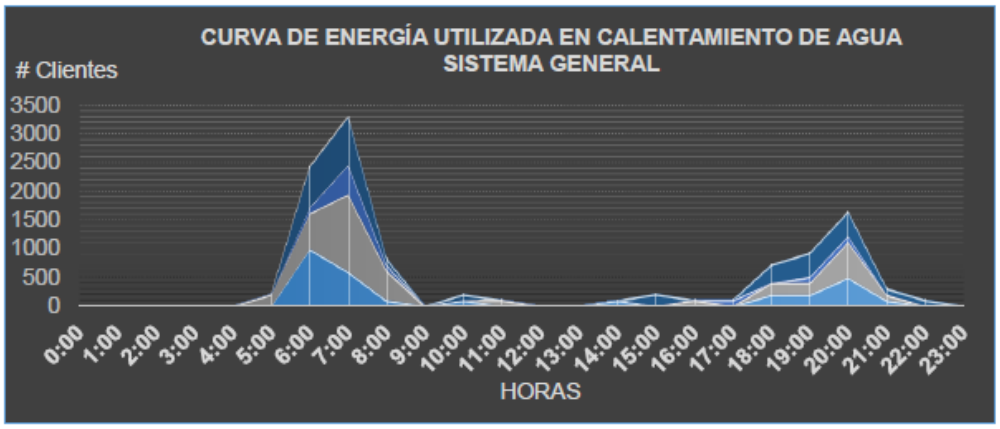


¿Qué tiempo utiliza cada persona la ducha?

5 min	13	1403
10 min	42	4928
15 min	22	2659
20 min	6	707
30 o más	3	355
TOTAL	**86**	**10052**



Curva de uso Diario de Ducha Eléctrica

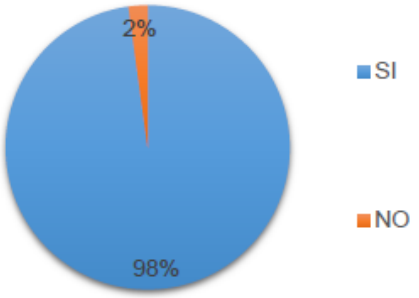


Tiempos y Costumbres de Cocción

DESAYUNO

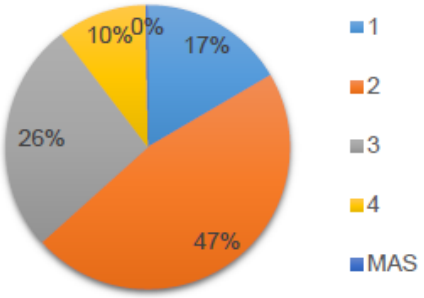
¿Prepara el desayuno en su casa?

SI	453	49019
NO	10	1090
TOTAL	**463**	**50109**



¿Cuántos quemadores prende simultáneamente para preparar el desayuno?

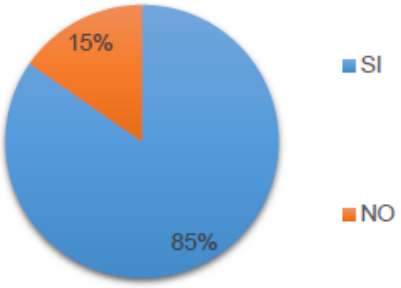
1	75	8433
2	212	23686
3	119	12133
4	46	4683
MAS	1	85
TOTAL	**453**	**49019**



ALMUERZO

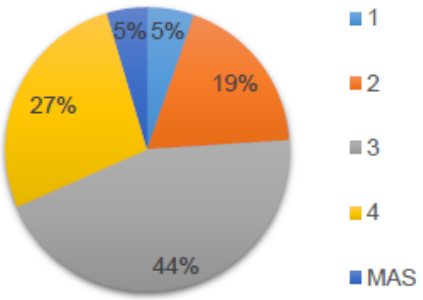
¿Prepara el almuerzo en su casa?

SI	392	42101
NO	71	8008
TOTAL	**463**	**50109**



¿Cuántos quemadores prende simultáneamente para preparar el almuerzo?

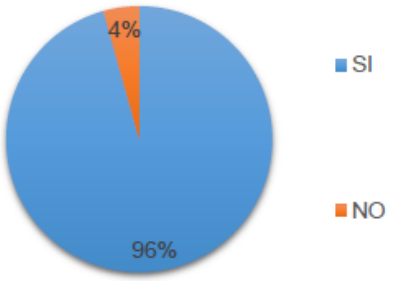
1	21	2182
2	73	7196
3	174	19125
4	106	11404
MAS	18	2194
TOTAL	**392**	**42101**



MERIENDA/CENA

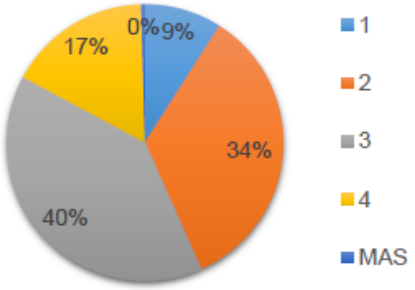
¿Prepara la merienda/cena en su casa?

SI	443	48095
NO	20	2014
TOTAL	**463**	**50109**

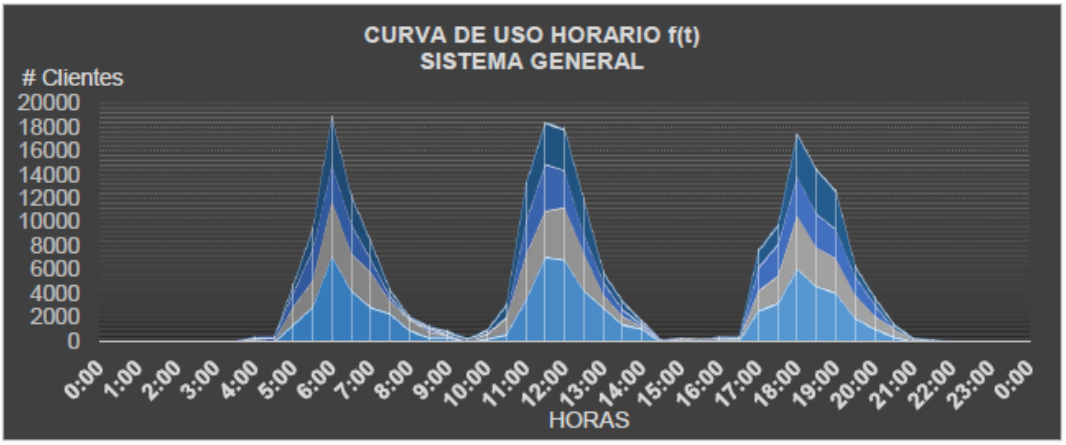


¿Cuántos quemadores prende simultáneamente para preparar la merienda/cena?

1	40	4458
2	152	16536
3	175	19239
4	74	7652
MAS	2	210
TOTAL	**443**	**48095**



Curva de uso Diario de Ducha Eléctrica



ANEXO N˚ 3

FACTOR DE SIMULTANEIDAD Y CARGA DE COCINAS DE INDUCCIÓN

Usuarios	Demanda	Factor Simultaneidad	Demanda cocina kW	Carga Cocinas kW
1	3,6	1,00	2,40000	2,40
2	3	0,83	2,00000	4,00
3	2,5	0,69	1,66667	5,00
4	2	0,56	1,33333	5,33
5	1,8	0,50	1,20000	6,00
6	1,7	0,47	1,13333	6,80
7	1,5	0,42	1,00000	7,00
8	1,4	0,39	0,93333	7,47
9	1,4	0,39	0,93333	8,40
10	1,4	0,39	0,93333	9,33
11	1,3	0,36	0,86667	9,53
12	1,28	0,36	0,85333	10,24
13	1,26	0,35	0,84000	10,92
14	1,25	0,35	0,83333	11,67
15	1,25	0,35	0,83333	12,50
16	1,24	0,34	0,82667	13,23
17	1,23	0,34	0,82000	13,94
18	1,22	0,34	0,81333	14,64
19	1,21	0,34	0,80667	15,33
20	1,2	0,33	0,80000	16,00
21	1,19	0,33	0,79333	16,66
22	1,18	0,33	0,78667	17,31
23	1,17	0,33	0,78000	17,94
24	1,16	0,32	0,77333	18,56
25	1,15	0,32	0,76667	19,17
30	1,1	0,31	0,73333	22,00
35	1,05	0,29	0,70000	24,50
40	1	0,28	0,66667	26,67
45	0,98	0,27	0,65333	29,40
50	0,97	0,27	0,64667	32,33
60	0,96	0,27	0,64000	38,40
70	0,95	0,26	0,63333	44,33
80	0,938	0,26	0,62533	50,03
90	0,925	0,26	0,61667	55,50
100	0,91	0,25	0,60667	60,67
110	0,907	0,25	0,60467	66,51
120	0,902	0,25	0,60133	72,16
130	0,887	0,25	0,59133	76,87
140	0,882	0,25	0,58800	82,32
150	0,88	0,24	0,58667	88,00

160	0,878	0,24	0,58533	93,65
170	0,872	0,24	0,58133	98,83
180	0,867	0,24	0,57800	104,04
190	0,862	0,24	0,57467	109,19
200	0,855	0,24	0,57000	114,00
250	0,83	0,23	0,55333	138,33
300	0,815	0,23	0,54333	163,00
350	0,8	0,22	0,53333	186,67
400	0,798	0,22	0,53182	212,73
500	0,793	0,22	0,52879	264,39
600	0,789	0,22	0,52576	315,45
700	0,784	0,22	0,52273	365,91
800	0,780	0,22	0,51970	415,76
900	0,775	0,22	0,51667	465,00
1000	0,77	0,21	0,51333	513,33
1100	0,768	0,21	0,51200	563,20
1200	0,766	0,21	0,51067	612,80
1300	0,764	0,21	0,50933	662,13
1400	0,762	0,21	0,50800	711,20
1500	0,76	0,21	0,50667	760,00
1600	0,758	0,21	0,50533	808,53
1700	0,756	0,21	0,50400	856,80
1800	0,754	0,21	0,50267	904,80
1900	0,752	0,21	0,50133	952,53
2000	0,75	0,21	0,50000	1000,00
2100	0,745	0,21	0,49667	1043,00
2200	0,74	0,21	0,49333	1085,33
2300	0,735	0,20	0,49000	1127,00
2400	0,73	0,20	0,48667	1168,00
2500	0,725	0,20	0,48333	1208,33
2600	0,72	0,20	0,48000	1248,00
2700	0,715	0,20	0,47667	1287,00
2800	0,71	0,20	0,47333	1325,33
2900	0,705	0,20	0,47000	1363,00
3000	0,7	0,19	0,46667	1400,00
3500	0,69	0,19	0,46000	1610,00
4000	0,678	0,19	0,45200	1808,00
5000	0,675	0,19	0,45000	2250,00

ANEXO N˚ 4

FACTOR DE SIMULTANEIDAD Y CARGA DE CALEFONES ELÉCTRICOS

Usuarios	Demanda	Factor Simultaneidad	Demanda calefón kW	Carga Calefón kW
1	1,6	0,94	9,318	9,32
2	0,8	0,47	4,659	9,32
3	0,57	0,34	3,319	9,96
4	0,45	0,26	2,621	10,48
5	0,416	0,24	2,422	12,11
6	0,38	0,22	2,223	13,34
7	0,35	0,20	2,024	14,17
8	0,31	0,18	1,825	14,60
9	0,28	0,16	1,626	14,63
10	0,25	0,14	1,427	14,27
11	0,24	0,14	1,383	15,21
12	0,23	0,14	1,339	16,07
13	0,22	0,13	1,296	16,84
14	0,22	0,13	1,252	17,53
15	0,21	0,12	1,208	18,13
16	0,20	0,12	1,165	18,64
17	0,19	0,11	1,121	19,06
18	0,19	0,11	1,077	19,39
19	0,18	0,10	1,034	19,64
20	0,17	0,10	0,990	19,80
21	0,17	0,10	0,975	20,48
22	0,17	0,10	0,961	21,14
23	0,16	0,10	0,946	21,77
24	0,16	0,09	0,932	22,36
25	0,16	0,09	0,917	22,93
30	0,15	0,09	0,844	25,33
35	0,14	0,08	0,815	28,54
40	0,14	0,08	0,786	31,45
45	0,13	0,08	0,757	34,07
50	0,13	0,07	0,728	36,40
60	0,12	0,07	0,710	42,63
70	0,12	0,07	0,693	48,51
80	0,12	0,07	0,676	54,04
90	0,11	0,07	0,658	59,23
100	0,11	0,06	0,641	64,06
110	0,11	0,06	0,640	70,39
120	0,11	0,06	0,639	76,72
130	0,11	0,06	0,639	83,02
140	0,11	0,06	0,638	89,32

150	0,11	0,06	0,637	95,60
160	0,11	0,06	0,637	101,87
170	0,11	0,06	0,636	108,13
180	0,11	0,06	0,635	114,37
190	0,11	0,06	0,635	120,61
200	0,11	0,06	0,634	126,82
250	0,11	0,06	0,631	157,72
300	0,11	0,06	0,628	188,29
350	0,11	0,06	0,624	218,54
400	0,11	0,06	0,621	248,47
500	0,11	0,06	0,615	307,35
600	0,10	0,06	0,608	364,94
700	0,10	0,06	0,602	421,24
800	0,10	0,06	0,595	476,24
900	0,10	0,06	0,589	529,94
1000	0,10	0,06	0,582	582,35

ANEXO N° 5
SISTEMA ACTUAL EN MEDIA TENSIÓN

SUBESTACION OBRAPIA

ALIMENTADOR	Carga por fase			Desbalance	Caída de Tensión más crítica				Transformadores sobrecargados	
	A	B	C		A(%)	B(%)	C(%)	# Tramo	#	% sobrecarga máx.
0111 CHONTACRUZ	585,7	741,6	846,4	44,51%			1,69	6293_MTA		
							1,61	79_MTA		
					1,28	1,75	2,95	6312_MTA		
					1,26	1,78	3,06	1033_MTA		
					0,81	1,31	1,77	2327_MTA		
0112 IV CENTENARIO	674,7	865,6	436,6	49,56%		2,51		5306_MTA		
						2,52		6219_MTA		
						2,52		7444_MTA		
0113 HOSPITAL	744,8	661,5	652,3	12,42%	1,36	1,07	1,12	2520_MTA		
					1,37	1,08	1,12	1770_MTA		
					1,39	1,12	1,21	2248_MTA		
					1,38	1,18	1,12	3561_MTA		
0114 CELI ROMÁN	688,1	841,4	565,6	32,78%	1,51	0,83	0,75	2393_MTA		
					1,44	0,87	0,74	2313_MTA		
					1,44	0,87	0,74	990_MTA		
							0,64	493_MTA		
					1,27	0,78	0,78	970_MTA		
0115 CONSACOLA	609	579,9	511,1	16,08%		1,22		3865_MTA		
							1,41	6473_MTA		
					1,53	1,69	1,44	4466_MTA		
					1,50	1,68	1,47	6150_MTA		
0116 VILLONACO	69,2	112,3	82,9	38,38%	0,90	1,65		28787_MTA		
					0,42	0,42	0,14	28880_MTA		
					0,45			28906_MTA		

SUBESTACIÓN SAN CAYETANO

ALIMENTADOR	Carga por fase			Desbalance	Caída de Tensión más crítica				Transformadores sobrecargados	
	A	B	C		A(%)	B(%)	C(%)	# Tramo	#	% sobrecarga max
0211 SUR	653,4	632,7	625,2	3,17%			1,54	7569_MTA		
							1,56	193387_MTA		
					1,10			117820_MTA		
					1,18	1,05	1,33	7402_MTA		
0212 NORTE	701,4	947,7	746,4	25,99%			1,80	5949_MTA		
						3,58		5662_MTA		
						3,65		4800_MTA		
						3,14		8184_MTA		
0213 JUAN DE SALINAS	647,3	510,2	607,7	21,18%	0,32	0,22	0,35	668_MTA		
					0,94	0,56	0,91	5942_MTA		
							0,89	8685_MTA		
0215 CENTRO	752,1	734,8	735,4	2,30%	0,92	0,83	0,89	2041_MTA		
					0,93	0,84	0,90	1879_MTA		
					0,66	0,63	0,65	23366_MTS		
0216 EL CALVARIO	322,7	305,8	299,7	7,13%		0,35		114115_MTA		
					0,5			65794_MTA		
					0,29			65760_MTA		
					0,46			65292_MTA		
					0,46			65523_MTA		

SUBESTACIÓN NORTE

ALIMENTADOR	Carga por fase			Desbalance	Caída de Tensión más crítica				Transformadores sobrecargados	
	A	B	C		A(%)	B(%)	C(%)	Tramo	#	% sobrecarga
1911 CHUQUIRIBAMBA	247,8	158,6	177,6	36,00%	5,58			23763_MTA		
					6,17	2,61	6,96	23949_MTA		
					6,56			23991_MTA		
					6,24	2,57	6,61	23917_MTA		
1912 PARQUE INDUSTRIAL	303,4	364,5	325,6	16,76%	1,09	1,28	0,91	98881_MTA		
						0,52		5547_MTA		
						1,31		8452_MTA		
					1,20	1,28	1,02	4152_MTA		
					1,22			5900_MTA		
1913 MOTUPE	605,2	495,8	591,9	18,08%	2,67	2,06	2,23	5907_MTA		
					2,30			154716_MTA		
							1,55	3066_MTA		
					1,49			8440_MTA		
							1,57	3071_MTA		
1914 CARIGÁN	129,8	127,5	123,7	4,70%	0,22			5973_MTA		
					0,18	0,16	0,17	5445_MTA		
							0,21	5400_MTA		
							0,33	6328_MTA		

SUBESTACIÓN SUR

ALIMENTADOR	Carga por fase			Desbalance	Caída de Tensión más crítica				Transformadores sobrecargados	
	A	B	C		A(%)	B(%)	C(%)	Tramo	#	% sobrecarga
2011 CAJANUMA	392,4	463,1	416,4	15,27%	1,12	1,13	0,89	3180_MTA		
					1,18	1,15	0,89	6975_MTA		
					1,21	1,09	0,92	6107_MTA		
						1,13		8640_MTA		
						1,12		169044_MTA		
					1,16			2988_MTA		
2012 PIO JARAMILLO	565,8	580,4	539,5	7,05%		0,8		4177_MTA		
					1,17			3423_MTA		
					1,12	1,18	1,62	3579_MTA		
							1,8	8586_MTA		
2013 YAGUARCUNA	931,4	714,9	802,6	23,24%	0,74			167528_MTA		

ANEXO N° 6
SISTEMA EN MEDIA TENSIÓN CON INCREMENTO DE DEMANDA POR COCINAS DE INDUCCIÓN

SUBESTACIÓN OBRAPÍA

ALIMENTADOR	Carga por fase (kVA)			Desbalance	Caída de Tensión más crítica				Transformadores sobrecargados		
	A	B	C		A(%)	B(%)	C(%)	# Tramo	#	Porcentaje trafos de la S/E	% sobrecarga máx.
0111 CHONTACRUZ	1.024,50	956,00	783,70	23,50%			4,23	6293_MTA	132	53%	334,60
							4,01	79_MTA			
					2,00	4,28	8,16	6312_MTA			
					1,91	4,38	8,5	1033_MTA			
					1,12	3,1	4,81	2327_MTA			
0112 IV CENTENARIO	1.453,30	1.741,50	780,00	55,21%		4,45		5306_MTA	75	44%	252,40
						4,48		6219_MTA			
						4,47		7444_MTA			
0113 HOSPITAL	1.573,70	1.268,40	1.292,40	19,40%	2,65	1,84	2,11	2520_MTA	31	24%	355,70
					2,67	1,86	2,13	1770_MTA			
					2,63	2,03	2,16	2248_MTA			
					2,62	1,98	2,15	3561_MTA			
0114 CELI ROMÁN	1.549,80	1.999,80	1.359,10	32,04%	3,25	1,69	1,65	2393_MTA	76	40%	250,90
					3,05	1,77	1,6	2313_MTA			
					3,05	1,79	1,59	990_MTA			
							1,42	493_MTA			
					2,73	1,6	1,43	970_MTA			
0115 CONSACOLA	1.475,30	1.345,90	1.180,80	19,96%		1,94		3865_MTA	76	33%	326,6
							2,61	6473_MTA			
					2,73	2,92	2,48	4466_MTA			
					2,69	2,9	2,51	6150_MTA			
0116 VILLONACO	134,00	195,60	242,70	44,79%	1,34	2,73		28787_MTA	14	14%	207,60
					0,72	0,72	0,58	28880_MTA			

SUBESTACIÓN SAN CAYETANO

ALIMENTADOR	Carga por fase (kVA)			Desbalance	Caída de Tensión más crítica				Transformadores sobrecargados		
	A	B	C		A(%)	B(%)	C(%)	# Tramo	#	Porcentaje trafos de la S/E	% sobrecarga máx.
0211 SUR	1467,9	1238,1	1256,8	15,66%			3,60	7569_MTA	50	23%	213
							3,62	193387_MTA			
					3,27			117820_MTA			
					3,47	2,33	3,32	7402_MTA			
0212 NORTE	935,8	1505,2	1075,8	37,83%			2,33	5949_MTA	46	16%	214,6
						5,34		5662_MTA			
						5,38		4800_MTA			
						4,91		8184_MTA			
0213 JUAN DE SALINAS	1269	884,6	1227,3	30,29%	0,57	0,33	0,72	668_MTA	22	21%	332,4
					1,77	0,8	1,79	5942_MTA			
							1,78	8685_MTA			
0215 CENTRO	1404,1	1310,4	1313,7	6,67%	1,79	1,36	1,52	2041_MTA	9	19%	165,3
					1,78	1,37	1,53	1879_MTA			
					1,2	1,05	1,13	23366_MTS			
0216 EL CALVARIO	674,9	527,6	703,3	24,98%		0,51		114115_MTA	43	36%	365,1
					1,12			65794_MTA			
					0,65			65760_MTA			
					1,09			65292_MTA			
					1,09			65523_MTA			

SUBESTACIÓN NORTE

ALIMENTADOR	Carga por fase (kVA)			Desbalance	Caída de Tensión más crítica				Transformadores sobrecargados		
	A	B	C		A(%)	B(%)	C(%)	# Tramo	#	Porcentaje trafos de la S/E	% sobrecarga max
1911 CHUQUIRIBAMBA	711,6	582,6	566,3	20,42%	16,53			23763_MTA	65	28%	250
					18,51	16,03	16,98	23949_MTA			
					19,37			23991_MTA			
					18,57	15,95	16,42	23917_MTA			
1912 PARQUE INDUSTRIAL	681,4	812,4	666,1	18,01%	2,3	2,32	1,68	98881_MTA	49	33%	298,5
						1,04		5547_MTA			
						2,5		8452_MTA			
					2,57	2,33	2	4152_MTA			
					2,61			5900_MTA			
1913 MOTUPE	1271,3	914,6	1142,6	28,06%	5,65	3,15	3,93	5907_MTA	64	20%	216,6
					4,84			154716_MTA			
							2,99	3066_MTA			
						2,04		8440_MTA			
							3,01	3071_MTA			
1914 CARIGÁN	212,9	283	256,6	17,03%	0,39			5973_MTA	12	17%	316,7
					0,3	0,34	0,22	5445_MTA			
							0,28	5400_MTA			
							0,44	6328_MTA			

SUBESTACIÓN SUR

ALIMENTADOR	Carga por fase (kVA)			Desbalance	Caída de Tensión más crítica				Transformadores sobrecargados		
	A	B	C		A(%)	B(%)	C(%)	# Tramo	#	Porcentaje trafos de la S/E	% sobrecarga max
2011 CAJANUMA	657,3	682,5	559,8	17,98%	1,77	1,62	1,29	3180_MTA	13	5%	196,5
								6975_MTA			
					1,62	1,61	1,41	6107_MTA			
						0,79		8640_MTA			
								169044_MTA			
							1,34	2988_MTA			
2012 PIO JARAMILLO	|1182,2	1172,8	1285	8,73%		1,57		4177_MTA	55	30%	204,9
					2,31			3423_MTA			
					2,16	2,33	4,01	3579_MTA			
							4,33	8586_MTA			
2013 YAGUARCUNA	1964	1563	1862,2	20,42%	1,53			167528_MTA	65	24%	199,3
							5	3949_MTA			
					5,57		4,71	6243_MTA			
					5,73			3256_MTA			
					5,02	2,76	4,45	8985_MTA			

ANEXO N° 7

POTENCIA A INSTALARSE EN TRANSFORMADORES SOBRECARGADOS DEL ALIMENTADOR CHUQUIRIBAMBA

Nro. Equipo	Potencia Instalada	Nro. Clientes Conectados	Potencia Cocinas	Carga Usuarios	Carga Total	Potencia a Instalar
9306	10	27	19,17	16,22	35,39	**37,5**
14648	10	34	24,5	19,99	44,49	**50**
26310	5	16	13,23	10,1	23,33	**25**
7160	5	20	16	12,36	28,36	**37,5**
804420049	10	45	29,4	25,76	55,16	**50**
11592	10	21	16,66	12,92	29,58	**37,5**
10613	10	25	19,17	15,13	34,3	**37,5**
85A381779	5	13	10,92	8,37	19,29	**25**
8988	5	17	13,94	10,67	24,61	**25**
17412	10	19	15,33	11,8	27,13	**37,5**
S.304420085	10	31	22	13,47	35,47	**37,5**
S.85A391980	5	12	10,24	7,78	18,02	**25**
10308	15	25	19,17	15,13	34,3	**37,5**
85A400057	10	17	13,94	10,67	24,61	**25**
85A392544	5	12	10,24	7,78	18,02	**25**
7026	15	42	26,67	24,2	50,87	**50**
85A383313	5	13	10,92	8,31	19,23	**25**
S.85A391499	15	30	22	13,47	35,47	**37,5**
6820125	5	13	10,92	8,37	19,29	**25**
23649_MTA-1	5	19	15,33	11,8	27,13	**37,5**
81EE0523	5	11	9,53	7,19	16,72	**25**
1586	5	12	10,24	7,78	18,02	**25**
9465	10	22	17,31	13,47	30,78	**37,5**
1255066	10	17	13,94	10,67	24,61	**25**
9587	10	19	15,33	11,8	27,13	**25**
9883	5	9	8,4	6	14,4	**15**
177685	15	39	26,67	22,63	49,3	**50**
6790	5	13	10,92	8,31	19,23	**25**
10321	10	17	13,94	10,67	24,61	**25**
14588	5	13	10,92	8,37	19,29	**25**
84A400058	10	42	26,57	23,2	49,77	**50**
5245697	25	43	28,20	23,72	51,92	**50**
		18	14,64	11,2	25,84	**25**
85A382488	10	37	26,67	21,58	48,25	**50**
14368	5	10	9,33	6,6	15,93	**15**
85A392566	5	15	12,5	9,53	22,03	**25**
85A38297	5	16	13,23	10,1	23,33	**25**
23714_MTA-1	5	14	11,67	8,95	20,62	**25**

S.197948	5	13	10,92	8,37	19,29	**25**
15785	5	17	13,94	10,67	24,61	**25**
80A420069	10	17	13,94	10,67	24,61	**25**
8770	5	12	10,24	7,78	18,02	**25**
12844	10	20	16	10,1	26,1	**25**
S.85A380936	10	28	22	16,76	38,76	**37,5**
9589	10	19	15,33	11,8	27,13	**37,5**
8985	5	12	10,24	7,78	18,02	**25**
12812	15	40	26,67	23,15	49,82	**50**
9934	10	25	19,17	15,13	34,3	**37,5**
1598	5	8	7,47	5,39	12,86	**15**
9612	5	13	10,92	8,37	19,29	**25**
6847	10	17	13,94	10,67	24,61	**25**
23408_MTA-1	5	9	8,4	6	14,4	**15**
8986	10	26	19,17	15,68	34,85	**37,5**
85A382509	10	19	15,33	11,8	27,13	**37,5**
11705	5	11	9,53	7,19	16,72	**25**
8083	5	10	9,33	7,78	17,11	**25**
80A401218	10	20	16	12,36	28,36	**37,5**
2720691	10	22	17,31	13,47	30,78	**37,5**
24036_MTA-1	10	24	18,56	14,58	33,14	**37,5**
9947	3	6	6,8	4,15	10,95	**10**
9946	3	6	6,8	4,15	10,95	**10**
81E1716	5	12	10,24	7,78	18,02	**25**
23846_MTA-1	10	21	16,66	12,92	29,58	**37,5**
S.85A381781	5	9	8,4	6	14,4	**15**
23996_MTA-1	3	6	6,8	4,15	10,95	**10**
1330	5	9	8,4	6	14,4	**15**