



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



**“INCIDENCIA DEL PROGRAMA ‘COCCIÓN EFICIENTE’ EN LA DEMANDA
MÁXIMA UNITARIA PARA LA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO ELÉCTRICO**

AUTORES:

LEONARDO XAVIER ÁLVAREZ QUITO

CRISTHIAN AGUSTÍN APOLO APOLO

DIRECTOR:

ING. PEDRO ALEJANDRO LEÓN CÓRDOVA

TUTOR:

ING. PABLO FABIÁN SARMIENTO REINOSO

CUENCA – ECUADOR

2015

RESUMEN

El presente trabajo busca determinar el impacto de la incorporación de cocinas de inducción de acuerdo al plan de cocción eficiente (PCE), en la demanda máxima unitaria (DMU) y demanda diversificada (DD) para los clientes residenciales urbanos y rurales servidos por la CENTROSUR en la provincia de Morona Santiago.

El estudio se basa en la recolección de información a través de encuestas, cuyo objetivo es determinar en forma detallada el uso de la cocina, tomando en cuenta el comportamiento y costumbres de los clientes a la hora de la cocción de alimentos. A partir de esta información se procede a realizar un análisis de las curvas de hábito de uso horario de la cocina para determinar las características más importantes y las horas con mayor incidencia.

Finalmente se propone una metodología para el cálculo de los factores de coincidencia, el cual se inicia mediante un proceso estocástico que genera un mayor número de datos, permitiendo así graficar una curva de factores de coincidencia para cada estrato de consumo (kWh) y así determinar la DMU y DD para cada uno de ellos.

Palabras claves: Plan de Cocción Eficiente, Demanda Máxima Unitaria, Demanda Diversificada, CENTROSUR, Proceso Estocástico.

ABSTRACT

The present report searches to determine the impact of the incorporation of induction stoves, according to the Plan for Efficient Cooking (PEC), on the unitary maximum demand (UMD) and the diversified demand (DD) for urban and rural residents that are served by the CENTROSUR in the province of Morona-Santiago.

This study is based on data collected through surveys, with the objective of determining in detail how stoves are used, taking into account the behavior and customs of clients when cooking food. Based on this information, a habit curves analysis was made of the schedule use of the kitchen to determine the most important characteristics and the hours of increased incidence.

Finally, a methodology is proposed to calculate the factors of coincidence, which is started by a stochastic process, generating a greater number of data, allowing to graph a curve for each stratum of coincidence factors of consumption (kWh) and thus determining the UMD and DD for each of them.

Keywords: Plan for Efficient Cooking, Unitary Maximum Demand, Diversified Demand, CENTROSUR, Stochastic Process.



**EL PRESENTE TRABAJO DE TESIS HA SIDO DESARROLLADO
BAJO LOS TÉRMINOS DEL CONVENIO ENTRE LA UNIVERSIDAD
DE CUENCA Y LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTROSUR**



ÍNDICE

RESUMEN.....	2
ABSTRACT	3
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	9
ÍNDICE DE TABLAS.....	11
CERTIFICADO	13
CLÁUSULA DE DERECHOS DE AUTOR	14
CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL	16
AGRADECIMIENTO	18
DEDICATORIA.....	19
CAPÍTULO 1	20
1. INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS GENERALES.....	20
1.1. GENERALIDADES	20
1.2. ANTECEDENTES	20
1.3. JUSTIFICACIÓN	21
1.4. OBJETIVOS.....	22
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	22
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
1.5. ALCANCE.....	22
1.6. METODOLOGÍA.....	23
1.7. CAMBIO DE LA MATRIZ ENERGÉTICA.....	24
1.8. PLAN NACIONAL DE COCCIÓN EFICIENTE.....	26
1.8.1. EJES DE INTERVENCIÓN DEL PLAN DE COCCIÓN EFICIENTE.....	28
1.8.1.1. SUMINISTRO DE ENERGÍA.....	28
1.8.1.2. FORTALECIMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	28
1.8.1.3. INTRODUCCIÓN MASIVA DE COCINAS DE INDUCCIÓN.....	29
1.9. EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO SUR.....	30
1.9.1. ÁREA DE CONCESIÓN DE LA CENTROSUR	30
1.9.2. EL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA CENTROSUR.	32
1.10. ESTUDIO DE LA CARGA ELÉCTRICA.....	38
1.10.1. INTRODUCCIÓN	38
1.10.2. CLASIFICACIÓN DE LAS CARGAS.....	38
1.10.2.1. DE ACUERDO A SU UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	39
1.10.2.2. DE ACUERDO A LA ZONA A SERVIR.....	40
1.10.2.3. DE ACUERDO A LA CONFIABILIDAD	41
1.10.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS CARGAS	42
1.10.4. DEFINICIÓN DE FACTORES	47
CAPÍTULO 2	50
2. ANÁLISIS DEL ENTORNO	50
2.1. ANÁLISIS DEL ENTORNO.....	50
2.2. METODOS DE ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA	50
2.3. MÉTODO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A.	51

2.3.1. DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA MÁXIMA UNITARIA	51
2.4. MÉTODO DE LA CENTROSUR	55
2.5. MÉTODO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA PÚBLICA DE GUAYAQUIL	57
2.5.1. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO REA	57
2.6. MÉTODO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI ELEPCO S.A.	60
2.7. MÉTODO DE LA CNEL (CORPORACIÓN NACIONAL DE ELECTRICIDAD) GUAYAS – LOS RÍOS	61
2.8. MÉTODO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO NORTE AMBATO	62
2.9. DEMANDA MÁXIMA UNITARIA PROYECTADA, URBANIZACIONES, LOTIZACIONES Y PROYECTOS RURALES EN LA CIUDAD DE LOJA	64
CAPÍTULO 3	66
3. METODOLOGÍA PARA LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	66
3.1. DESCRIPCIÓN DE LA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO	66
3.1.1. LÍMITES PROVINCIALES	66
3.1.2. DIVISIÓN POLÍTICA ADMINISTRATIVA	66
3.1.3. OROGRAFÍA	67
3.1.5. DEMOGRAFÍA	68
3.1.6. CULTURA.....	69
3.1.7. GASTRONOMÍA	69
3.1.8. CARACTERÍSTICAS DEL HOGAR	70
3.2. SISTEMA ELÉCTRICO DE MORONA SANTIAGO	72
3.3. ESPACIO MUESTRAL Y LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	74
3.3.1. PARÁMETROS BASE PARA EL MUESTREO	74
3.3.2. MÉTODOS DE MUESTREO	75
3.3.3. TAMAÑO DE LA MUESTRA	77
3.3.4. FÓRMULAS PARA DETERMINAR EL TAMAÑO MUESTRAL	78
3.3.4.1. TAMAÑO DE LA MUESTRA PARA UNA POBLACIÓN FINITA Y CONOCIDA	78
3.3.4.2. TAMAÑO DE LA MUESTRA PARA POBLACIÓN FINITA – BALESTRINI	79
3.3.4.3. TAMAÑO DE LA MUESTRA ESTRATIFICADA A PARTIR DE LA POBLACIÓN ...	79
3.3.5. APLICACIÓN DE MÉTODOS PARA EL CASO DE ESTUDIO – PROV. MORONA SANTIAGO	80
3.3.5.1. CÁLCULO DEL NÚMERO DE LA MUESTRA	82
3.3.5.2. CÁLCULO DEL NÚMERO DE MUESTRAS TOTALES POR ESTRATOS (URBANAS Y RURALES)	83
3.3.5.3. DETERMINACIÓN DE LA CURVA DE CARGA	85
3.3.5.3.1. CURVA DE CARGA DIARIA EN EL SECTOR RURAL – USO DE COCINA ...	87
3.3.5.3.2. CURVA DE CARGA DIARIA EN EL SECTOR URBANO – USO DE COCINA	93
3.3.5.3.3. CURVA DE CARGA DIARIA – USO DE DUCHA ELÉCTRICA.....	97
3.3.5.3.4. CURVA DE CARGA DIARIA – USO DE CALEFÓN A GLP	98
CAPÍTULO 4	99
4. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	99
4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA CURVA DE CARGA – USO DE LA COCINA	99
4.2. OBTENCIÓN DE LOS FACTORES DE COINCIDENCIA	100
4.2.1. OBTENCIÓN DE NUEVOS DATOS	100
4.2.1.1. MÉTODO MONTE CARLO	101



4.2.1.2. APLICACIÓN DEL MÉTODO	101
4.2.2. CÁLCULO DEL FACTOR DE COINCIDENCIA	102
4.2.3. AJUSTE Y PRESENTACIÓN DE LA CURVA DEL FACTOR DE COINCIDENCIA	104
4.2.4. VALIDACIÓN DE RESULTADOS	108
4.3. CURVA DE LA DEMANDA DIVERSIFICADA.....	110
4.4. DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA MÁXIMA UNITARIA PROYECTADA.....	113
4.5. CÁLCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA PROYECTADA PARA N CLIENTES	113
CAPÍTULO 5	115
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	115
5.1. CURVA DE USO DE FOCO DE INDUCCIÓN PROMEDIO TOTAL POR CLIENTE.....	115
5.2. CONSUMO DE ENERGÍA EN LA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO Y LAS ENCUESTAS PILOTO REALIZADAS EN CUENCA.	116
5.3. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DIVERSIFICADA.....	117
5.4. TABLAS DE LA DEMANDA MÁXIMA PROYECTADA INCLUIDA LA CARGA DE LA COCINA DE INDUCCIÓN	119
CAPÍTULO 6	124
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	124
6.1. CONCLUSIONES.....	124
6.2. RECOMENDACIONES	125
CAPÍTULO 7	126
7. BIBLIOGRAFÍA	126
ANEXOS	129
ANEXO A2.....	130
A2.1. CARGAS TÍPICAS DE APARATOS ELÉCTRICOS - EEQ S.A.	130
A2.2: FACTORES DE PROYECCIÓN DE LA DEMANDA PARA DETERMINACIÓN DE CARGAS DE DISEÑO - EEQ S.A.....	131
A2.3. DETERMINACIÓN DE LAS DEMANDAS MÁXIMAS DIVERSIFICADAS - EEQ S.A.	132
A2.4: TABLAS DE DEMANDA DIVERSIFICADA SEGÚN LA CATEGORÍA Y NÚMERO DE ABONADOS - CENTROSUR	133
A2.5: DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA DIVERSIFICADA POR CATEGORÍAS - EEARCNS.A.....	138
A2.6: DEMANDAS MÁXIMAS PROYECTADAS [DMP EN KVA]	139
ANEXO A3.....	140
A3.1. MODELO DE ENCUESTA.....	140
ANEXO A4.....	142
A4.1. ALGORITMO PARA LA OBTENCIÓN DE LOS FACTORES DE COINCIDENCIA	142
A4.2. SIMULACIONES, CURVA PROMEDIO, AJUSTE Y PARÁMETROS.....	145
A4.2.1. SECTOR URBANO ESTRATO 1 – 50 kWh	145
A4.2.2. SECTOR URBANO ESTRATO 51 – 110 kWh	146
A4.2.3. SECTOR URBANO ESTRATO 111 – 200 kWh	147
A4.2.4. SECTOR URBANO ESTRATO 201 – 500 kWh	148
A4.2.5. SECTOR URBANO ESTRATO > 500 kWh	149
A4.2.6. SECTOR RURAL ESTRATO 1 – 50 kWh	150



A4.2.7. SECTOR RURAL ESTRATO 51 – 110 kWh	151
A4.2.8. SECTOR RURAL ESTRATO >110 kWh	152
A4.3. TABLA DE DEMANDA MÁXIMA PROYECTADA APLICADA AL USO DE COCINAS	153

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1: Producción de energía eléctrica a nivel nacional por tipo de fuente energética (GWh) del año 2013	25
Ilustración 1-2: Composición de la generación por tipo de tecnología	26
Ilustración 1-3: Nivel de saturación vs Incorporación de cocinas de inducción (2015-2022)	29
Ilustración 1-4: Área de concesión de la CENTROSUR	30
Ilustración 1-5: Área de concesión de las empresas de distribución del Ecuador.....	31
Ilustración 1-6: Distribución de los clientes de la CENTROSUR	37
Ilustración 1-7: Clasificación de las cargas	38
Ilustración 1-8: Curva de carga	43
Ilustración 1-9: Curva de demanda	44
Ilustración 1-10: Curva de carga diaria	45
Ilustración 1-11: Curva de carga semanal.....	45
Ilustración 1-12: Curva de carga anual	46
Ilustración 1-13: Curva de duración de carga.....	46
Ilustración 2-1: Métodos de estimación de la demanda.....	50
Ilustración 2-2: kWh/mes/consumidor vs Número de consumidores	58
Ilustración 2-3: Factor B vs kWh/mes/consumidor	58
Ilustración 3-1: División política administrativa	67
Ilustración 3-2: Autoidentificación según la cultura y costumbres.....	68
Ilustración 3-3: Porcentaje de población indígena de Morona Santiago	69
Ilustración 3-4: Tenencia de la vivienda en Morona Santiago	71
Ilustración 3-5: Tipo de combustible empleado para la cocción	71
Ilustración 3-6: Viviendas sin electrificar en Morona Santiago.....	72
Ilustración 3-7: Subestaciones en Morona Santiago	73
Ilustración 3-8: Distribución de energía eléctrica en la provincia de Morona Santiago	73
Ilustración 3-9: Integrantes del grupo familiar – sector rural	85
Ilustración 3-10: Número de hornillas de la cocina a GLP – sector rural	85
Ilustración 3-11: Número de cilindros utilizados al mes para cocción – sector rural	86
Ilustración 3-12: Método de calentamiento de agua – sector rural	86
Ilustración 3-13: Cambio de cocina GLP por la cocina de inducción – sector rural.....	87
Ilustración 3-14: Curva de uso de hornillas total por cliente – sector rural.....	88
Ilustración 3-15: Curva de carga diaria – sector rural – clientes vs tiempo	89
Ilustración 3-16: Curva de carga diaria por estratos – sector rural – potencia vs tiempo ..	90
Ilustración 3-17: Integrantes del grupo familiar – sector urbano	91
Ilustración 3-18: Número de hornillas de la cocina de GLP – sector urbano	91
Ilustración 3-19: Número de cilindros utilizados al mes para cocción – sector urbano	92
Ilustración 3-20: Método de calentamiento de agua – sector urbano	92
Ilustración 3-21: Número de cilindros utilizados al mes para calentamiento de agua – sector rural	93
Ilustración 3-22: Cambio de cocina de GLP por cocina de inducción – sector urbano.....	93
Ilustración 3-23: Curva de uso de hornillas total por cliente – sector rural.....	94

Ilustración 3-24: Curva de carga diaria – sector urbano – clientes vs tiempo 95

Ilustración 3-25: Curva de carga diaria por estratos – sector urbano – potencia vs tiempo 96

Ilustración 3-26: Curva de carga diaria del uso de la ducha eléctrica – sector urbano 97

Ilustración 3-27: Curva de uso del calefón a GLP – sector urbano..... 98

Ilustración 4-1: Factores de coincidencia – MSU estrato 1-50 kWh..... 103

Ilustración 4-2: Promedio de factores de coincidencia – MSU estrato 1-50 kWh..... 103

Ilustración 4-3: Simulaciones y Curva promedio– MSU estrato 1-50 kWh..... 104

Ilustración 4-4: Ajuste de curvas – MSU estrato 1-50 kWh 105

Ilustración 4-5: Factores de coincidencia – MSU estrato 1-50 kWh..... 106

Ilustración 4-6: Factores de coincidencia – MSU estrato 51-110 kWh..... 106

Ilustración 4-7: Factores de coincidencia – MSU estrato 111-200 kWh..... 106

Ilustración 4-8: Factores de coincidencia – MSU estrato 201-500 kWh..... 107

Ilustración 4-9: Factores de coincidencia – MSU estrato >500 kWh..... 107

Ilustración 4-10: Factores de coincidencia – MSR estrato 1-50 kWh..... 107

Ilustración 4-11: Factores de coincidencia – MSR estrato 51-110 kWh..... 108

Ilustración 4-12: Factores de coincidencia – MSR estrato >110 kWh..... 108

Ilustración 4-13: Validación de datos – MSU..... 109

Ilustración 4-14: Demanda diversificada – MSU estrato 1-50 kWh..... 110

Ilustración 4-15: Demanda diversificada – MSU estrato 51-110 kWh..... 111

Ilustración 4-16: Demanda diversificada – MSU estrato 111-200 kWh..... 111

Ilustración 4-17: Demanda diversificada – MSU estrato 201-500 kWh..... 111

Ilustración 4-18: Demanda diversificada – MSR estrato 1-50 kWh..... 112

Ilustración 4-19: Demanda diversificada – MSR estrato 51-110 kWh..... 112

Ilustración 4-20: Demanda diversificada – MSR estrato >110 kWh..... 112

Ilustración 5-1: Curva de uso del foco de inducción promedio total por cliente – Morona Santiago 115

Ilustración 5-2: Curva de carga diaria – Uso de la cocina 116

Ilustración 5-3: Estimación de la demanda diversificada – Morona Santiago 118

Ilustración 5-4: Ajuste de la curva del factor de coincidencia para el total de encuestas realizadas 118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Uso del GLP y otros energéticos en los hogares del Ecuador	27
Tabla 1-2: Área de concesión de las empresas de distribución del Ecuador	31
Tabla 1-3: Subestaciones de la CENTROSUR	33
Tabla 1-4: Líneas de subtransmisión de la CENTROSUR	34
Tabla 1-5: Alimentadores de la CENTROSUR	35
Tabla 1-6: Transformadores de distribución de la CENTROSUR	35
Tabla 1-7: Redes secundarias de la CENTROSUR	36
Tabla 1-8: Acometidas de la CENTROSUR	36
Tabla 1-9: Número de acometidas de la CENTROSUR	36
Tabla 1-10: Número de medidores de la CENTROSUR	37
Tabla 1-11: Clientes y energía facturada de la CENTROSUR (Junio 2014)	37
Tabla 2-1: División del suelo y tipo de vivienda	51
Tabla 2-2: Plantilla para la determinación de demandas unitarias de diseño	52
Tabla 2-3: Clientes de sectores urbanos o centros cantonales	56
Tabla 2-4: Clientes de sectores rurales	56
Tabla 2-5: Factor de coincidencia para determinar la capacidad de transformadores de distribución	57
Tabla 2-6: Clasificación de los consumidores de ELEPCO S.A.	60
Tabla 2-7: Clasificación de los consumidores de CNEL GUAYAS – LOS RIOS	61
Tabla 2-8: Sectores correspondientes a las zonas de las normas de la EEAARCN	62
Tabla 2-9: Determinación del tipo de usuario	63
Tabla 2-10: Demanda máxima unitaria para cada categoría	63
Tabla 2-11: Tipo de usuarios por área promedio sector urbano	64
Tabla 2-12: Tipo de usuarios por área promedio sector rural	65
Tabla 3-1: División política administrativa	66
Tabla 3-2: Tenencia de la vivienda en Morona Santiago	70
Tabla 3-3: Tipo de combustible empleado para la cocción	71
Tabla 3-4: Cobertura del servicio eléctrico a diciembre del 2013	72
Tabla 3-5: Número de clientes residenciales urbanos y rurales de Morona Santiago	81
Tabla 3-6: Número de muestras para población finita y conocida	82
Tabla 3-7: Número de muestras para población finita – Balestrini	82
Tabla 3-8: Número de muestras estratificadas a partir de la población	82
Tabla 3-9: Estratos de consumo de clientes residenciales urbanos	83
Tabla 3-10: Estratos de consumo de clientes residenciales rurales	84
Tabla 3-11: Aplicación de encuestas en los sectores urbanos y rurales de Morona Santiago	84
Tabla 3-12: Factor de corrección por estrato – sector rural	87
Tabla 4-1: Cálculo de potencia máxima, media y factor de carga – sector urbano	99
Tabla 4-2: Cálculo de potencia máxima, media y factor de carga – sector rural	99
Tabla 4-3: Potencia asignada del foco de inducción para cada estrato – sector urbano	100
Tabla 4-4: Potencia asignada del foco de inducción para cada estrato – sector rural	100



Tabla 4-5: Tabla de distribución de probabilidad estrato 1-50 a las 12 del día – sector urbano 102

Tabla 4-6: Valores de los parámetros de las curvas ajustadas – MSU estrato 1-50..... 105

Tabla 4-7: Potencias de la cocina de inducción utilizada para cada estrato 110

Tabla 4-8: Valores de la DMU por estrato 113

Tabla 4-9: Valores de DMUp y Fcoin por estrato de consumo 114

Tabla 5-1: Comparación del consumo de energía promedio entre encuestas realizadas 117

Tabla 5-2: Comparación del consumo de energía útil entre cocina a GLP y una de inducción 117

Tabla 5-3: Estimación de la demanda diversificada 117

Tabla 5-4: Parámetros de la curva potencial de segundo orden – total de encuestas realizadas 118

Tabla 5-5: Tabla de la demanda máxima proyectada incluida la carga de la cocina de inducción 123

Tabla 6-1: Potencia promedio por cliente en las horas pico – sector urbano..... 124

Tabla 6-2: Potencia promedio por cliente en las horas pico – sector rural..... 124

Tabla 6-3: DMU incluida la cocina de inducción – sector urbano y rural 125



Universidad de Cuenca
Certificado

**CERTIFICO QUE EL PRESENTE TRABAJO HA
SIDO DESARROLLADO POR LOS SEÑORES:**

Leonardo Xavier Álvarez Quito

Cristhian Agustín Apolo Apolo

Ing. Pablo Fabián Sarmiento Reinoso

TUTOR DE TESIS

Ing. Pedro Alejandro León Córdova

DIRECTOR DE TESIS



Universidad de Cuenca
Cláusula de derechos de autor

Yo, Leonardo Xavier Álvarez Quito, autor de la tesis “**INCIDENCIA DEL PROGRAMA ‘COCCIÓN EFICIENTE’ EN LA DEMANDA MÁXIMA UNITARIA PARA LA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO**”, 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, febrero de 2015

Leonardo Xavier Álvarez Quito

C.I: 010582751-3



Universidad de Cuenca
Cláusula de derechos de autor

Yo, Cristhian Agustín Apolo Apolo, autor de la tesis “**INCIDENCIA DEL PROGRAMA ‘COCCIÓN EFICIENTE’ EN LA DEMANDA MÁXIMA UNITARIA PARA LA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO**”, 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 hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, febrero de 2015

Cristhian Agustín Apolo Apolo

C.I: 010562627-9



Universidad de Cuenca
Cláusula de propiedad intelectual

Yo, Leonardo Xavier Álvarez Quito, autor de la tesis “**INCIDENCIA DEL PROGRAMA ‘COCCIÓN EFICIENTE’ EN LA DEMANDA MÁXIMA UNITARIA PARA LA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO**”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, febrero de 2015

Leonardo Xavier Álvarez Quito

C.I: 010582751-3



Universidad de Cuenca
Cláusula de propiedad intelectual

Yo, Crithian Agustín Apolo Apolo, autor de la tesis **“INCIDENCIA DEL PROGRAMA ‘COCCIÓN EFICIENTE’ EN LA DEMANDA MÁXIMA UNITARIA PARA LA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, febrero de 2015

Crithian Agustín Apolo Apolo

C.I: 010562627-9

AGRADECIMIENTO

A Dios por la vida, salud y todas las bendiciones recibidas.

A nuestros padres por su sacrificio y apoyo incondicional.

A todo el personal de la Dirección de Planificación de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur por su colaboración e información brindada.

A los ingenieros Pablo Sarmiento y Pedro León Córdova, tutor y director respectivamente, nuestro más sincero sentido de gratitud por su paciencia, dedicación, orientación y apoyo para el desarrollo del presente trabajo.

A los docentes de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Cuenca quienes compartieron sus conocimientos y experiencias, de igual manera a todos nuestros compañeros de aula por su apoyo a lo largo de nuestra formación académica.

Los Autores

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a Dios por regalarme una hermosa familia, excelentes amigos, salud y vida para lograr alcanzar un objetivo más.

A mis amados padres José y Celina, por ser un ejemplo a seguir, gracias a su amor, sacrificio, esfuerzo y apoyo incondicional en todo momento, he logrado alcanzar cada meta que me he propuesto.

A mis hermanos Patricio, Angélica, Mónica y Juan por apoyarme y estar siempre conmigo en los buenos y malos momentos.

A mis sobrinos Josué, Melissa y Andy que con sus ocurrencias siempre logran sacarme una sonrisa, los adoro.

A toda mi familia y amigos que siempre confiaron en mí, en especial a mis panas Toro, Pinocho, Choclo, Potter, George, Chino, Ardilla, Kaly y Yady que siempre estuvieron pendientes de que esta meta se cumpla.

Leonardo Álvarez

Este trabajo está dedicado principalmente a mis queridos padres Alejandro y Carmelina, que con su amor, apoyo incondicional y sacrificio diario me permitieron alcanzar una de mis metas más anheladas.

De manera especial a mis hermanos Mary, Pepo, Vini y Cristy, pues ellos son una parte fundamental en el crecimiento de mi vida personal y profesional, sentando en mí las bases de responsabilidad y deseo de superación.

A mis familiares y amigos, que siempre estuvieron listos para brindarme toda su ayuda, e hicieron posible que esta meta se cumpla.

Cristhian Apolo

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS GENERALES

1.1. GENERALIDADES

Describe de manera general lo que se pretende alcanzar con el estudio sobre el impacto que traerán las cocinas de inducción a las redes de distribución de energía eléctrica debido al cambio de la matriz energética en Ecuador y el programa de cocción eficiente. Se caracterizará el área de impacto y se analizarán los factores que afectan a la demanda, aquellos involucrados en la Demanda Máxima Unitaria (DMU) y la Demanda Diversificada (DD).

1.2. ANTECEDENTES

Con el propósito de incluir principios de eficiencia energética y sostenibilidad ambiental el Estado Ecuatoriano junto al Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) han desarrollado diferentes programas y proyectos que promueven el uso racional de la energía, además han implementado estrategias para mejorar la eficiencia energética en los diferentes sectores del país. Estas estrategias se enfocan en la incorporación de nuevas tecnologías como es el caso del Plan Nacional de Cocción Eficiente, el cual consiste en la sustitución de las cocinas tradicionales de GLP por cocinas de inducción.

La idea es sustituir el GLP por el uso de electricidad para la cocción de alimentos y el calentamiento de agua en el sector residencial, utilizando energía generada localmente mediante fuentes mayoritariamente limpias y renovables, dada la cantidad y calidad de los recursos renovables que dispone busca aprovecharlos de manera eficiente para satisfacer las necesidades básicas de la población. Por esta razón algunos sectores de nuestro país ya cuentan con conexiones adecuadas para la instalación de las cocinas de inducción, por lo que este tema resulta de gran importancia ya que significa reestructurar el actual modelo de distribución de la energía eléctrica del país.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Debido a que la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur se encarga de la distribución y comercialización de la energía eléctrica dentro de su área de concesión geográfica, la cual incluye a las provincias de Azuay, Cañar y Morona Santiago ha firmado un convenio entre la Universidad de Cuenca para realizar el análisis del comportamiento de la demanda máxima unitaria, debido a la inclusión de nuevas tecnologías para la cocción de alimentos y calentamiento de agua.

La inclusión de las nuevas tecnologías (cocinas de inducción, calefones eléctricos, etc.), así como el comportamiento y costumbres de cada región provocan un incremento en la demanda, por lo cual la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur debe realizar el estudio de la DMU y así tomar las acciones necesarias para la reestructuración del sistema de distribución.

Mediante esta tesis se analizará el efecto en la demanda causado por la ejecución de los programas para mejoramiento de la eficiencia energética en la provincia de Morona Santiago. Para ello tendrá que realizar lo siguiente:

- Robustecer las redes eléctricas existentes (mejorar e incrementar la capacidad)
- Cambio y construcción de nuevas acometidas a domicilios conjuntamente con el cambio de medidores monofásicos a bifásicos.
- Optimizar y aprovechar de mejor manera la capacidad de los transformadores de distribución en base a la demanda eléctrica que se requiere, logrando reducir costos y pérdidas de energía.
- Mejoramiento de las condiciones de calidad de servicio brindado a sus clientes.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Cálculo de la Demanda Máxima Unitaria (DMU) tomando en cuenta la utilización de cocinas de inducción relacionadas con el programa de cocción eficiente en la provincia de Morona Santiago

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los métodos para el dimensionamiento de las demandas máximas unitarias (DMU) específicamente en la CENTROSUR.
- Revisar el procedimiento actual para determinar la Demanda Máxima Unitaria.
- Analizar las potencias nominales de las cocinas de inducción existentes en el mercado local.
- Determinar el comportamiento de los clientes en cuanto a la hora específica y tiempo de uso de la cocina al momento de la cocción de alimentos.
- Determinar el impacto en la DMU y las proyecciones de estos valores
- Proponer los nuevos valores de la DMU para la CENTROSUR.

1.5. ALCANCE

El estudio está limitado a los clientes residenciales de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur para la provincia de Morona Santiago y se tomará como referencia las políticas y procedimientos de análisis dados por el MEER sobre el programa de cocción eficiente.

Se analizará los métodos de cálculo para dimensionamiento de la distribución en empresas del sector y el procedimiento actual de CENTROSUR para la DMU.

Se realizarán encuestas para determinar el comportamiento de la cocción de alimentos, las cuales serán utilizadas para determinar el impacto en la demanda actual.

1.6. METODOLOGÍA

Para determinar los nuevos valores de la DMU, será importante estudiar algunos parámetros que intervienen en dicho estudio, para disponer de este valor se realizarán los siguientes pasos:

Se revisará el procedimiento actual de dimensionamiento de la distribución, analizando metodologías aplicadas en empresas distribuidoras del sector.

Para determinar el impacto de la cocción eficiente en la DMU, se tomará como referencia las políticas y procedimientos de análisis dados por el MEER sobre el programa de cocción eficiente.

Se realizará encuestas para levantar información correspondiente a las costumbres de la cocción y así determinar una curva de carga.

Se determinará la demanda actual del sector residencial por medio de los registros de la demanda, los mismos que serán proporcionados por la CENTROSUR (registros de medición de calidad del producto).

Una vez con los datos recopilados se analizará por medio de curvas de carga el incremento que ocasionarán las cocinas de inducción y la afección que esta carga traerá a la DMU, para determinar la DMU se procederá a obtener la demanda diversificada en las distintas zonas ya especificadas y con la obtención de ésta se procederá a realizar el cálculo del nuevo valor de la DMU, para las zonas antes mencionadas.

Luego se efectuará el cálculo necesario para determinar la Demanda Máxima Unitaria Proyectada (DMUp).

Finalmente se establecerán las conclusiones y recomendaciones de esta investigación.

Más datos a analizar serán recopilados de los distintos departamentos de la CENTROSUR: SIGADE, DICO, entre otros.

1.7. CAMBIO DE LA MATRIZ ENERGÉTICA

Mediante la Constitución de la República del Ecuador aprobada en septiembre de 2008. *“Los sectores estratégicos, de decisión y control exclusivo del Estado, son aquellos que por su trascendencia y magnitud tienen decisiva influencia económica, social, política o ambiental, y deberán orientarse al pleno desarrollo de los derechos y al interés social”*.¹ La energía en todas sus formas está considerada como un sector estratégico por esta razón el Estado Ecuatoriano se encarga de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, con principios de sostenibilidad ambiental y eficiencia. [1]

El sistema nacional interconectado en los últimos años ha atravesado una situación delicada, debido al incremento de la demanda y la falta de inversión en proyectos de generación. Llegando a extremos entre los años 2009 y 2010, en los cuales la energía generada disponible fue menor a la demanda, esto fue debido a la época de estiaje, lo cual redujo la generación producida por centrales hidroeléctricas, mientras que la combinación de centrales térmicas y la energía adquirida mediante interconexiones no fueron suficientes para cubrir la demanda, dando como resultado:

- Racionamiento en el suministro eléctrico
- Importación de energía a precios altos (Colombia-Perú)
- Instalaciones de nuevas centrales de generación (térmicas)
- Postergación de mantenimiento en centrales de generación (Termo Esmeraldas, Trinitaria, etc.)

Para armonizar el abastecimiento y mejorar la calidad del servicio en cada punto de entrega para los usuarios, se emprendió la construcción de una serie de proyectos termoeléctricos e hidroeléctricos que permitan desarrollar una matriz energética más limpia, así como un abastecimiento seguro y confiable.

¹ Constitución de la República del Ecuador, 2008, art. 313

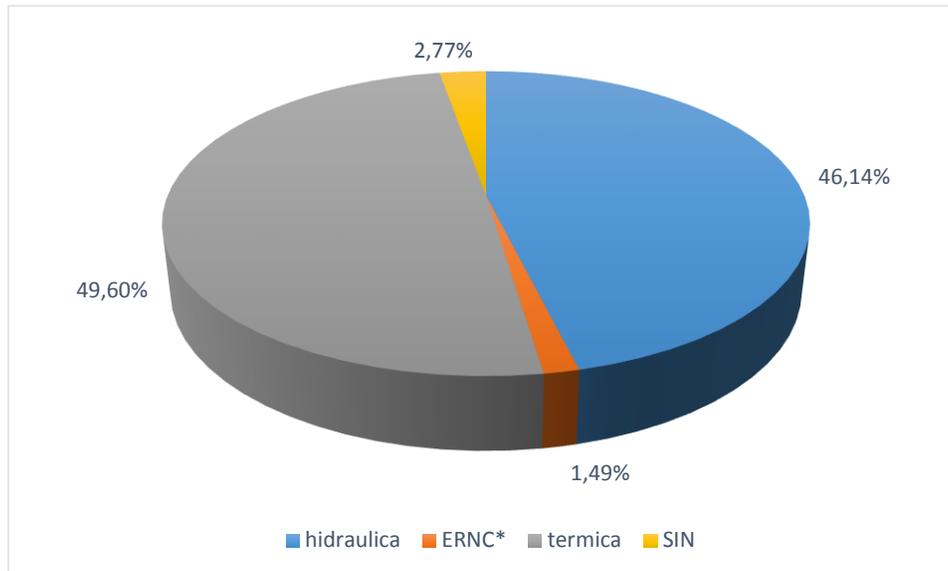


Ilustración 1-1: Producción de energía eléctrica a nivel nacional por tipo de fuente energética (GWh) del año 2013

Fuente: <http://www.conelec.gob.ec>

En el año 2016 entrarán en funcionamiento ocho proyectos hidroeléctricos, los cuales por su capacidad de generación son considerados como proyectos emblemáticos, estos son: Coca Codo Sinclair (1500 MW), Sopladora (487 MW), Delsitanisagua (115 MW), Manduriacu (60 MW), Mazar Dudas (20,82 MW), Minas San Francisco (270 MW), Quijos (50 MW) y Toachi Pilatón (253 MW). [2]

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), Machala Gas 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 aproximadamente 150 MW. Consecuentemente, el cambio de la matriz energética obliga a utilizar inteligentemente los recursos y asumir una nueva forma de utilización de la energía en el desarrollo de las actividades cotidianas. [3]

En la ilustración 1-2 se puede apreciar que la matriz energética hacia el futuro se sustenta fundamentalmente en el aporte de energía hidroeléctrica, fruto de la consecución de los importantes proyectos que actualmente están en construcción y en estudios.

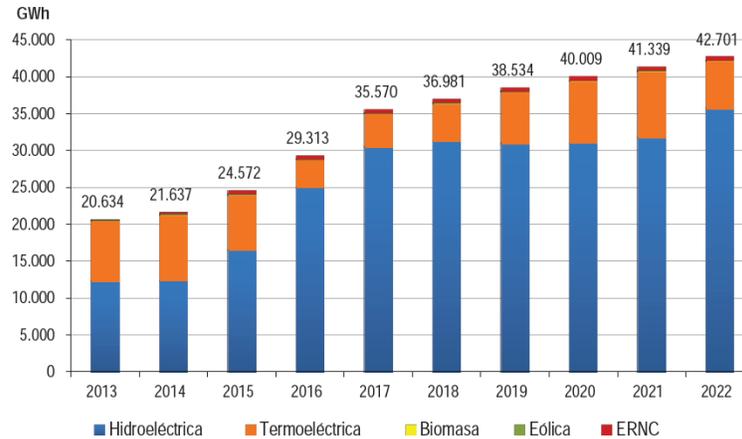


Ilustración 1-2: Composición de la generación por tipo de tecnología
Fuente: Plan Maestro de Electrificación 2013-2022, Vol. III

El cambio de la matriz energética involucra eliminar el subsidio al gas licuado de petróleo para uso doméstico y al tratamiento a los combustibles utilizados en el transporte, esta eliminación del subsidio corresponde a problemas como el contrabando, especulación y la utilización del gas subsidiado para actividades industriales, que pese a los constantes operativos es difícil de controlar. Entonces como salida se propone realizar ciertos cambios en las costumbres de la sociedad tales como: la sustitución del GLP por la utilización de energía eléctrica para la cocción y calentamiento del agua con la ayuda de cocinas de inducción que son eficientes; además la utilización de electricidad en el transporte público.

1.8. PLAN NACIONAL DE COCCIÓN EFICIENTE

El Gobierno Nacional a través del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) ha dado a conocer que se encuentra en marcha el Plan Nacional de Cocción Eficiente, que tiene como objetivo general *“Migrar el uso del GLP a Electricidad para cocción de alimentos en el sector residencial, con la finalidad de promover el cambio de la matriz energética y solucionar el problema del subsidio al GLP”*.² Razón por la cual se encuentran estableciendo los requerimientos técnicos y económicos del proyecto con el propósito de definir acciones de corto y mediano plazo para la implementación del mismo. [4]

² Plan Nacional de Cocción Eficiente, 2013, pág. 3

En el Censo de Población y Vivienda de 2010 realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) se determinó que 3.466.737, es decir el 90,98% de todos los hogares ecuatorianos utilizan Gas Licuado de Petróleo como combustible para cocinar mientras que el 9,02% utilizan otros tipos de combustibles. [5]

PRINCIPAL COMBUSTIBLE O ENERGÍA PARA COCINAR	CASOS	%	ACUMULADO (%)
Gas (Tanque o Cilindro)	3454776	90,66%	90,66%
Gas Centralizado	11961	0,31%	90,98%
Electricidad	16223	0,43%	91,40%
Leña, Carbón	259216	6,80%	98,21%
Residuos Vegetales y/o de Animales	515	0,01%	98,22%
Otro (Gasolina, Kerex, Diésel, etc.)	445	0,01%	98,23%
No Cocina	67412	1,77%	100,00%
TOTAL	3810548	100,00%	

Tabla 1-1: Uso del GLP y otros energéticos en los hogares del Ecuador

Fuente: INEC - Censo de Población y Vivienda 2010

El programa de sustitución de cocinas a gas (GLP) por cocinas de inducción, constituirá uno de los cambios relevantes en la Matriz Energética del país. Por esta razón es fundamental analizar y establecer desde distintos ámbitos los mecanismos para una adecuada implementación de este proyecto de gran escala.

*“El Plan de Cocción Eficiente, consiste en la incorporación de 3,5 millones de cocinas eléctricas durante el período 2015 - 2017 y de 1,54 millones entre el 2018 y 2022”.*³ Durante el primer año de implementación del plan, se estima la incorporación de 350 mil cocinas a nivel nacional mientras que para el segundo año se tendrá incorporado en el sistema 1,4 millones de cocinas hasta llegar a 3,5 millones de cocinas en 2017. [6]

Los precios de producción e importación del GLP son altamente superiores a los precios de venta interna, este subsidio es asumido por el estado Ecuatoriano. El cilindro de 15 kg se vende a USD 1,60 mientras que el costo real está entre USD 12,00 y USD 15,00 (basado en el precio internacional), lo que equivale a un subsidio entre el 650% y el 838% frente a su precio real.

³ Plan Maestro de Electrificación 2013-2022, vol. II, pág. 17

La electricidad y el GLP son dos formas de energía que tienen sus ventajas y desventajas, a favor de las cocinas de inducción se puede mencionar: mayor seguridad en cuanto a riesgos por quemaduras, menor esfuerzo en la limpieza (No emiten las clásicas grasas en el proceso de la cocción), mayor rapidez en la cocción de los alimentos y finalmente, su eficiencia en la transformación de energía alcanza el 84% mientras que las cocinas eléctricas de resistencia alcanzan el 50% por último la eficiencia de las cocinas de GLP es del 40%. “*Si la electricidad y el GLP fueran utilizados al 100% de eficiencia, 1 kilogramo de GLP equivale a 13,66 kWh de electricidad*”.⁴ Entonces cabe recalcar que una bombona de 15 Kg de GLP es equivalente a 205 kWh de electricidad. [7]

1.8.1. EJES DE INTERVENCIÓN DEL PLAN DE COCCIÓN EFICIENTE

1.8.1.1. SUMINISTRO DE ENERGÍA

Con el cambio de la matriz energética mediante el aprovechamiento de fuentes de energía renovable y limpia (principalmente hidráulica) se pretende incrementar la capacidad instalada para poder satisfacer el crecimiento de la demanda por uso de cocinas de inducción. Actualmente es el eje que presenta un mayor avance por la construcción de los proyectos emblemáticos ya que el Ecuador busca aprovechar de manera eficiente los recursos naturales renovables para satisfacer las necesidades básicas de la población.

1.8.1.2. FORTALECIMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO

El Plan de Cocción Eficiente significará un enorme reto para las Empresas de Distribución ya que en 3 años, del 2015 al 2017, se deberá reordenar, planificar, fortalecer y modernizar las redes de distribución a nivel de media tensión, baja tensión e instalaciones domiciliarias (cambio de acometidas y medidores monofásicos a bifásicos) para brindar un servicio confiable y seguro.

⁴ Muñoz Jorge, La Matriz Energética Ecuatoriana, 2013, pág. 4

1.8.1.3. INTRODUCCIÓN MASIVA DE COCINAS DE INDUCCIÓN

Para el año 2015, cuando comienza la implementación del plan, se estima la incorporación de 350 mil cocinas de inducción a nivel nacional, para el segundo año se tendrá incorporado al sistema 1,4 millones de cocinas de inducción, hasta llegar a 3,5 millones de cocinas de inducción en el 2017. [8]

La introducción de cocinas de inducción se realizará paulatinamente teniendo como horizonte el 2022, siendo el año 2017 el de mayor influencia porque se pretende alcanzar alrededor del 80% de los hogares ecuatorianos. Además se pretende sustituir los calefones a gas por sistemas eléctricos eficientes de calentamiento de agua para uso sanitario (duchas y calefones).

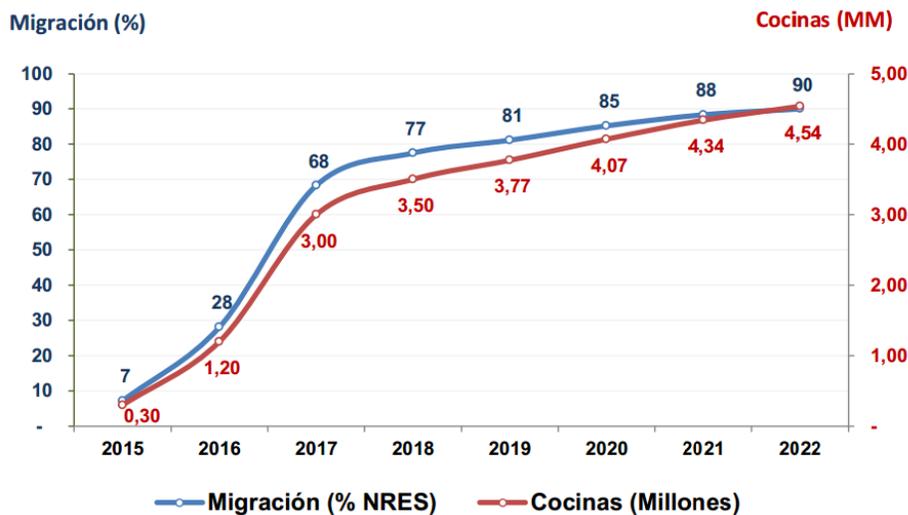


Ilustración 1-3: Nivel de saturación vs Incorporación de cocinas de inducción (2015-2022)
Fuente: CONELEC – Estudio y Gestión de la Demanda Eléctrica

Este Plan propone un esfuerzo de toda la cadena de la industria eléctrica en especial en las etapas de Distribución y Comercialización de electricidad. El programa contempla además un fuerte incentivo tarifario, el cual consiste en: “80 kWh/mes gratis de consumo incremental de energía para cocción por inducción y/o hasta 20 kWh/mes gratis de consumo incremental de energía para calentamiento de agua con electricidad”⁵ para promover la migración del GLP a la electricidad. [9]

⁵ Pliego Tarifario para Empresas Eléctricas, Resolución CONELEC No. 058/14.

1.9. EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO SUR [10]

1.9.1. ÁREA DE CONCESIÓN DE LA CENTROSUR

La Empresa Eléctrica Regional Centro Sur se encarga de la distribución y comercialización de la energía eléctrica para satisfacer las necesidades de sus clientes y la sociedad dentro de su área de concesión geográfica, la cual incluye a las provincias de Azuay, Cañar y Morona Santiago, con una cobertura de 30.234 Km^2 (incluido la agencia La Troncal), y representa el 11,8% del territorio ecuatoriano. [11]

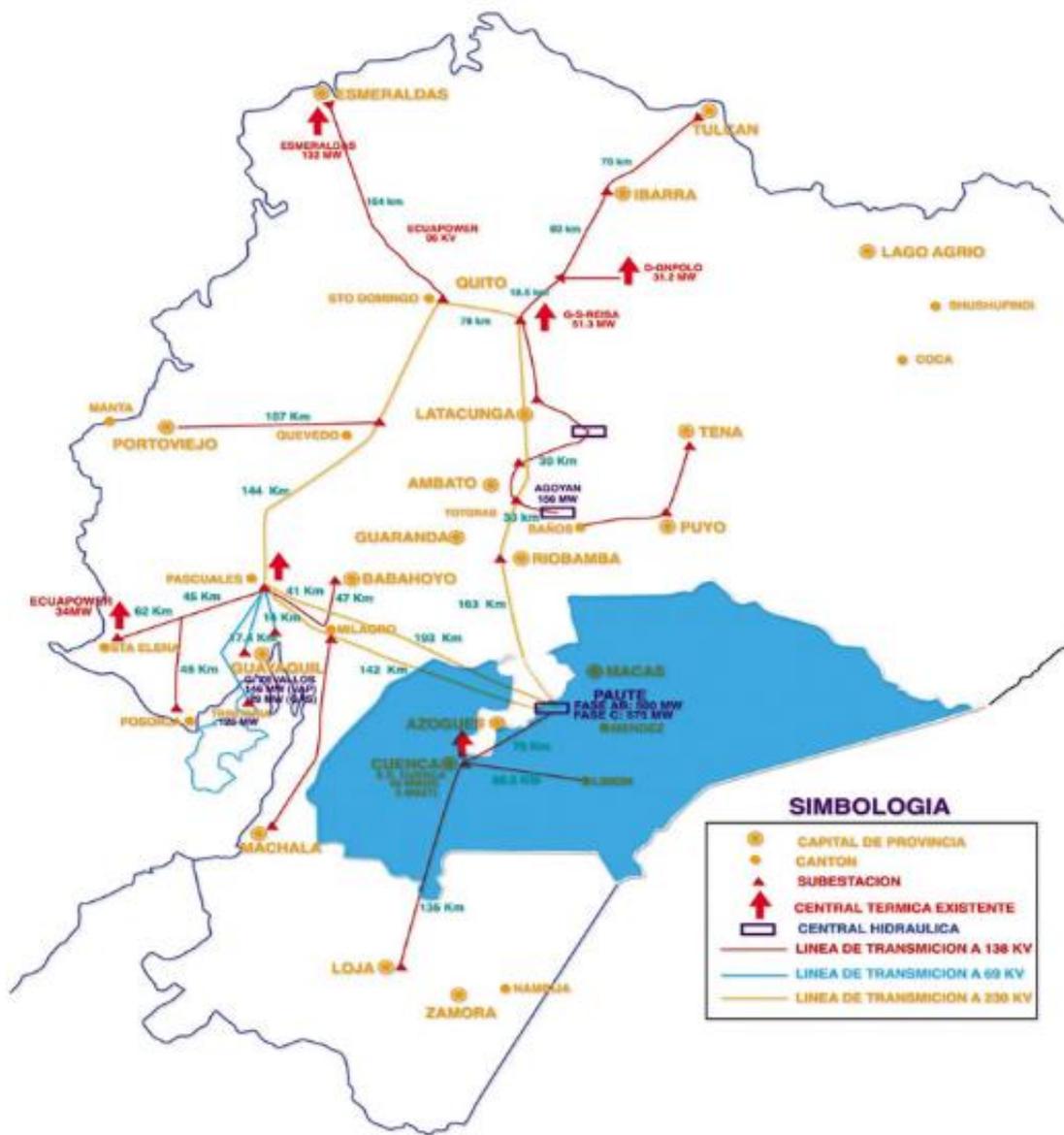


Ilustración 1-4: Área de concesión de la CENTROSUR

Fuente: <http://www.centrosur.com.ec/?q=node/11>

EMPRESAS DE DISTRIBUCIÓN				
DENOMINACIÓN	EMPRESA	REGIONAL	ÁREA (Km ²)	%
CNEL-Bolívar	CNEL	Bolívar	4042,40	1,6%
CNEL-El Oro	CNEL	El Oro	6710,47	2,6%
CNEL-Esmeraldas	CNEL	Esmeraldas	15226,07	5,9%
CNEL-Guayas Los Ríos	CNEL	Guayas Los Ríos	10585,21	4,1%
CNEL-Los Ríos	CNEL	Los Ríos	4019,09	1,6%
CNEL-Manabí	CNEL	Manabí	16765,24	6,5%
CNEL-Milagro	CNEL	Milagro	5021,97	2,0%
CNEL-Sta. Elena	CNEL	Sta. Elena	6629,69	2,6%
CNEL-Sto. Domingo	CNEL	Sto. Domingo	6658,62	2,6%
CNEL-Sucumbíos	CNEL	Sucumbíos	38007,89	14,8%
E.E. Ambato	E.E. Ambato	E.E. Ambato	41122,01	16,0%
E.E. Azogues	E.E. Azogues	E.E. Azogues	1150,41	0,4%
E.E. Centro Sur	E.E. Centro Sur	E.E. Centro Sur	30234,93	11,8%
E.E. Cotopaxi	E.E. Cotopaxi	E.E. Cotopaxi	5619,36	2,2%
E.E. Galápagos	E.E. Galápagos	E.E. Galápagos	8426,68	3,3%
E.E. Norte	E.E. Norte	E.E. Norte	12417,72	4,8%
E.E. Quito	E.E. Quito	E.E. Quito	14751,05	5,7%
E.E. Riobamba	E.E. Riobamba	E.E. Riobamba	5965,05	2,3%
E.E. Sur	E.E. Sur	E.E. Sur	22717,83	8,8%
Eléctrica de Guayaquil	E.E.P. Guayaquil	Eléctrica de Guayaquil	1103,59	0,4%
TOTAL			257175,28	100%

Tabla 1-2: Área de concesión de las empresas de distribución del Ecuador

Fuente: Ing. Fabián Castillo; CENTROSUR; DET-PQ/FC

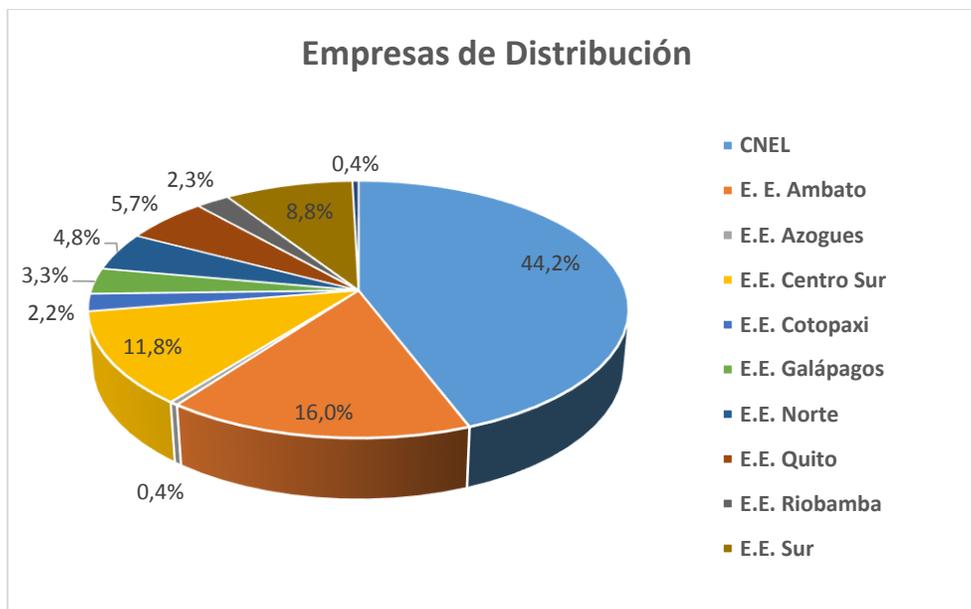


Ilustración 1-5: Área de concesión de las empresas de distribución del Ecuador

Fuente: Ing. Fabián Castillo; CENTROSUR; DET-PQ/FC

Los cantones que se encuentran dentro del área de concesión de la CENTROSUR se citan a continuación:

Provincia del Azuay: Cuenca, Girón, Gualaceo, Nabón, Paute, Pucará, San Fernando, Santa Isabel, Sígsig, Oña, Chordeleg, El Pan, Sevilla de Oro, Guachapala y parcialmente Camilo Ponce Enríquez.

Provincia del Cañar: Cañar, Biblián, Suscal, El Tambo y La Troncal.

La distribución de la energía eléctrica del cantón La Troncal de la provincia del Cañar, forma parte del área de concesión de la CENTROSUR a partir del 05 de marzo de 2012, por encargo del MEER.

Provincia de Morona Santiago: Morona, Huamboya, Sucúa, Santiago, Taisha, Limón-Indanza, San Juan Bosco y Gualaquiza.

Provincia de Loja: Parcialmente Saraguro

Provincia del Guayas: Parcialmente El Triunfo y Naranjal.

1.9.2. EL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA CENTROSUR

SUBESTACIONES

El sistema CENTROSUR está compuesto por un total de 15 subestaciones, en las cuales existen 21 transformadores de potencia, con una capacidad total instalada de 240/300,75 MVA (OA/FA). De estas subestaciones, 14 son de distribución, 1 es de seccionamiento. Las subestaciones (Gualaceo, Limón y Méndez, antes de propiedad de CENTROSUR) son puntos de entrega.

La CENTROSUR cuenta con seis puntos de interconexión con el Sistema Nacional de Transmisión (SNT): las subestaciones Sinincay y Cuenca que forman parte del anillo a 69 kV; y las subestaciones Gualaceo (S/E 15), Limón (S/E 23), Méndez (S/E 22) y Macas (S/E 21), se encuentran a lo largo de la línea Cuenca – Macas.

Las subestaciones de la CENTROSUR se encuentran distribuidas a lo largo del área de concesión, de la siguiente manera:

S/E	DENOMINACIÓN	TIPO	VOLTAJE		CAPACIDAD			UBICACIÓN
			(kV)		OA-FA (MVA)			
			1	2	OA	FA	FOA	
1	Luis Cordero	Reducción	22	6,3	10	13	13	Luis Cordero
2	Centenario	Reducción	22	6,3	12	12	12	Benigno Malo
3	Monay	Reducción	69	22	26	36,5	44,5	Monay
4	Parque Industrial	Reducción	69	22	36,5	44,5	44,5	Visorrey
5	El Arenal	Reducción	69	22	34	44,5	44,5	Arenal
6	Verdillo	Reducción	69	22	10	12,5	12,5	Verdillo
7	Ricaurte	Reducción	69	22	22,5	25	25	Ricaurte
8	Turi	Reducción	69	22	24	32	32	Turi
9	Guablincay	Reducción	69	22	10	12,5	12,5	Guablincay
12	El Descanso	Reducción	69	22	20	25	25	Descanso
14	Lentag	Reducción	69	22	10	12,5	12,5	Lentag
15	Gualaceo	Seccionamiento	22	22	-	-	-	Ayaloma
18	Cañar	Reducción	69	22	10	12,5	12,5	Cañar
19	Corpanche	Seccionamiento	69	69	-	-	-	Corpanche
21	Macas	Reducción	69	13,8	5	6,25	6,25	Urb. El Paraíso
22	Méndez	Seccionamiento	13,8	13,8	-	-	-	Bella Unión
23	Limón	Seccionamiento	13,8	13,8	-	-	-	Sector Sto. Domingo
50	La Troncal	Reducción	69	13,8	10	12	12	La Troncal
					240	300,75		

Tabla 1-3: Subestaciones de la CENTROSUR

Fuente: Ing. Fabián Castillo; CENTROSUR; DET-PQ/FC

LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN

Las subestaciones están interconectadas entre sí por medio de 30 líneas de subtransmisión, en su mayoría a un nivel de tensión de 69 kV. Existen tres anillos en operación: el anillo sur conformado por las subestaciones El Arenal (S/E 05), Lentag (S/E 14) y Turi (S/E 08); el anillo central conformado por: Cuenca (SNT), Monay (S/E 03), Turi (S/E 08), El Arenal (S/E 05), Sinincay (SNT), P. Industrial (S/E 04) y Ricaurte (S/E 07); y el anillo norte por: Sinincay (SNT), Cañar (S/E 18), Azogues (S/E 09), El Descanso (S/E 12), Ricaurte (S/E 07) y P. Industrial (S/E 04). La longitud total de las líneas del sistema de subtransmisión es de 367,53 km.

El sistema La Troncal está servido de manera radial desde la Subestación Milagro, a un nivel de tensión de 69kV, a través de un sistema de subtransmisión conformado por líneas calibre AWG 266.8 MCM, cuya distancia total es aproximadamente 50,2km.

Desde la subestación Cuenca se alimenta a la zona oriental del área de concesión mediante un sistema radial a 138 kV, con una distancia total de 151 km (propiedad de TRANSELECTRIC). Las características de las líneas de subtransmisión se presentan en la tabla siguiente:

	NOMBRE O CÓDIGO DE LA LÍNEA DE SUBTRANSMISIÓN	VOLTAJE	LONGITUD	CONDUCTOR DE FASE		INICIO DE OPERACIÓN
		(kV)	(km)	Material	Calibre (MCM)	
1	SE03 MONAY- SE02Centenario (tramo aéreo)	22	3,25	ACSR	3/0	01/01/1970
2	SE03 MONAY- SE02Centenario (línea subtr.)	22	3,07	CU	250	01/01/1994
3	SE04 P. Industrial - SE01 L. Cordero	22	3,52	ACSR	266,8	01/01/1986
4	SE06 Verdillo - SE01 L. Cordero	22	2,21	ACSR	266,8	16/07/1989
5	SE06 Verdillo - SE04 P. Industrial	22	3,06	ACSR	266,8	01/01/1991
6	SE10 Saymirín - SE06 Verdillo	22	8,98	CU	50mm ²	01/01/1954
7	SE04 P. Industrial - SE06 Verdillo	69	3,17	ACAR	750	01/01/1981
8	SE06 Verdillo - SE05 El Arenal	69	7,23	ACAR	750	01/01/1981
9	SE04 P. Industrial - SE27 Erco	69	2,09	ACSR	266,8	01/01/1983
10	SE05 El Arenal - SE14 Lentag	69	47,09	ACSR	266,8	01/05/1993
11	SE07 Ricaurte - SE04 P. Industrial	69	3,83	ACSR	266,8	01/01/1981
12	SE09 Azogues - SE18 Cañar	69	24,08	ACSR	266,8	26/05/1994
13	SE11 Saymirín - SE19 Corpanche	69	1,32	ACSR	477	11/10/1995
14	SE12 Descanso - SE07 Ricaurte	69	10,15	ACSR	266,8	01/01/1981
15	SE19 Corpanche - SE07 Ricaurte	69	9,89	ACSR	477	01/01/1983
16	SE20 Saucay - SE04 P. Industrial	69	14,11	ACSR	477	01/01/1978
17	SE20 Saucay - SE19 Corpanche	69	4,9	ACSR	477	01/01/1983
18	SECU Rayoloma - SE03 Monay I	69	3,43	ACSR	477	01/01/1981
19	SECU Rayoloma - SE03 Monay II	69	3,01	ACSR	477	22/08/1995
20	SECU Rayoloma - SE07 Ricaurte	69	5,29	ACSR	477	01/01/1981
21	SE12 Descanso - SE09 Azogues	69	11,51	ACSR	477	27/06/2006
22	SE15 Gualaceo - SE23 Limón*	138	5,33	ACSR	266,8	01/09/1993
23	SE23 Limón - SE22 Méndez*	69	33,02	ACSR	266,8	01/09/1993
24	SE22 Méndez - SE21 Macas*	69	51,67	ACSR	266,8	01/09/1993
25	SE Sinincay - SE06 Verdillo I	69	7,97	ACAR	750	01/01/2010
26	SE Sinincay - SE06 Verdillo II	69	8,15	ACAR	750	01/01/2010
27	SE03 Monay - SE08 Turi	69	4,47	ACSR	477	02/02/1990
28	SE05 El Arenal - SE08 Turi	69	4,47	ACSR	477	02/02/1990
29	SE08 Turi - SE14 Lentag	69	45,59	ACAR	750	01/11/2012
30	SE Sinincay - SE18 Cañar	69	31,67	ACAR	750	28/03/2013
31	SE El triunfo - SE50 La troncal	69	14	ACSR	266,8	01/01/1984

Nota: (*) Líneas de TRANSELECTRIC

Tabla 1-4: Líneas de subtransmisión de la CENTROSUR
Fuente: Ing. Fabián Castillo; CENTROSUR; DET-PQ/FC

ALIMENTADORES PRIMARIOS

A junio del 2014 el sistema de distribución de media tensión de la CENTROSUR cuenta con 64 alimentadores cuya longitud es 8.495,71 km de línea, repartidos en 43 alimentadores con 6.482,65 km a 22 kV, 12 con 1.962,52 km a 13,8 kV y 9 con 50,54 km a 6,3 kV. Además existen alimentadores expresos que sirven a las industrias Cartopel (Alim 0425, 22kV), Graitman (Alim 0426, 22kV) y ERCO (Alim 0461, 69kV).

ALIMENTADORES PRIMARIOS		
VOLTAJE (kV)	DISTANCIA DE COBERTURA DE LA LÍNEA (KM)	CANTIDAD
22	6482,65	43
13,8	1962,52	12
6,3	50,54	9
Total	8.495,71	64

Tabla 1-5: Alimentadores de la CENTROSUR

Fuente: Ing. Fabián Castillo; CENTROSUR; DET-PQ/FC

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

La CENTROSUR tiene instalado en todo su sistema de distribución 18.997 transformadores, 15.362 Monofásicos y 3.635 Trifásicos, con una potencia de 560.395 kVA; distribuidos 329.035,50 kVA en transformadores trifásicos y 231.359,50 kVA en transformadores monofásicos.

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN		
MONOFÁSICO	TRIFÁSICO	TOTAL
15.362	3.635	18.997
Potencia (KVA)	Potencia (KVA)	Potencia (KVA)
231.359,50	329.035,50	560.395

Tabla 1-6: Transformadores de distribución de la CENTROSUR

Fuente: Ing. Fabián Castillo; CENTROSUR; DET-PQ/FC

LONGITUD DE REDES SECUNDARIAS Y ACOMETIDAS.

Las redes secundarias suman una longitud de 10.946,36 Km, compuesta por un 94,85% de líneas aéreas; 1,60% de redes preensambladas y el 3,55% de redes subterráneas. La longitud total de acometidas es 5.785,52 Km, repartidas en 98,83% que corresponden a acometidas aéreas y 1,17% a subterráneas.

LONGITUD REDES SEGUNDARIAS (Km)					
INSTALACIÓN	MONOFÁSICAS	BIFÁSICAS	TRIFÁSICAS	TOTAL	%
Aérea	9604,46	89,72	688,56	10.382,74	94,85
Preensamblada	151,12	0,41	23,70	175,22	1,60
Subterránea	193,49	87,07	107,84	388,39	3,55
Sub total	9.949,07	177,20	820,09	10.946,36	100,00%

Tabla 1-7: Redes secundarias de la CENTROSUR

Fuente: Ing. Fabián Castillo; CENTROSUR; DET-PQ/FC

LONGITUD DE ACOMETIDAS (Km)					
INSTALACIÓN	MONOFÁSICAS	BIFÁSICAS	TRIFÁSICAS	TOTAL	%
Aérea	5.336,56	94,95	286,12	5.717,63	98,83
Subterránea	41,44	3,98	22,47	67,89	1,17
Sub total	5.378,01	98,93	308,59	5.785,52	100,00%

Tabla 1-8: Acometidas de la CENTROSUR

Fuente: Ing. Fabián Castillo; CENTROSUR; DET-PQ/FC

ALUMBRADO PÚBLICO

La CENTROSUR mantiene un programa de reemplazo de luminarias de mercurio por sodio, lo cual ha permitido que posea una cantidad menor al 3% sean de mercurio. Además la Empresa ha instalado luminarias con doble nivel de potencia y LED, particularmente en la ciudad de Cuenca. A junio del 2014, en el sistema eléctrico cuenta con 104.054 luminarias instaladas, con una potencia de 17.563 kW, sin considerar la potencia de los accesorios.

NÚMERO DE ACOMETIDAS Y MEDIDORES

En lo referente al número de acometidas, se cuenta con un total de 288.538 unidades, con una participación del 96,39% de acometidas aéreas. De igual forma se tiene 353.972 medidores instalados, el 86,14% corresponde a medidores monofásicos.

NÚMERO DE ACOMETIDAS					
TIPO	MONOFÁSICAS	BIFÁSICAS	TRIFÁSICAS	TOTAL	%
Aérea	249.323	6.855	21.953	278.131	96,39
Subterránea	5.962	483	3.962	10.407	3,61
Sub total	255.285	7.338	25.915	288.538	100,00

Tabla 1-9: Número de acometidas de la CENTROSUR

Fuente: Ing. Fabián Castillo; CENTROSUR; DET-PQ/FC

NÚMERO DE MEDIDORES					
TIPO	BAJA TENSIÓN	MEDIA TENSIÓN	ALTA TENSIÓN	TOTAL	%
Monofásicos	294.189	10.734	0	304.923	86,14
Bifásicos	32.767	4.746	0	37.513	10,60
Trifásicos	9.117	2.417	2	11.536	3,26
Sub total	336.073	17.897	2	353.972	100,00

Tabla 1-10: Número de medidores de la CENTROSUR
Fuente: Ing. Fabián Castillo; CENTROSUR; DET-PQ/FC

CLIENTES Y ENERGÍA FACTURADA

La CENTROSUR, al mes de junio del 2014 posee un registro de 356.060 clientes, con una facturación de 79.163,23 MWh. El sector residencial representa el 87,76% en el total de clientes y un 38,08% en la energía total consumida.

CLIENTES Y ENERGÍA FACTURADA						
Tarifa	CLIENTES		CONSUMOS		FACTURACIÓN	
	U	%	MWh	%	US \$	%
Residencial	312.463	87,76%	30.147,68	38,08%	3.311.340,30	42,08%
Comercial	31.562	8,86%	12.479,92	15,76%	1.250.900,13	15,90%
Industrial	6.772	1,90%	25.733,49	32,51%	2.241.123,89	28,48%
A. Publico	-	0,00%	6.346,04	8,02%	720.929,87	9,16%
Otros	5.263	1,48%	4.456,11	5,63%	345.061,65	4,38%
Total	356.060	100,00%	79.163,23	100,00%	7.869.355,84	100,00%

Tabla 1-11: Clientes y energía facturada de la CENTROSUR (Junio 2014)
Fuente: Ing. Fabián Castillo; CENTROSUR; DET-PQ/FC

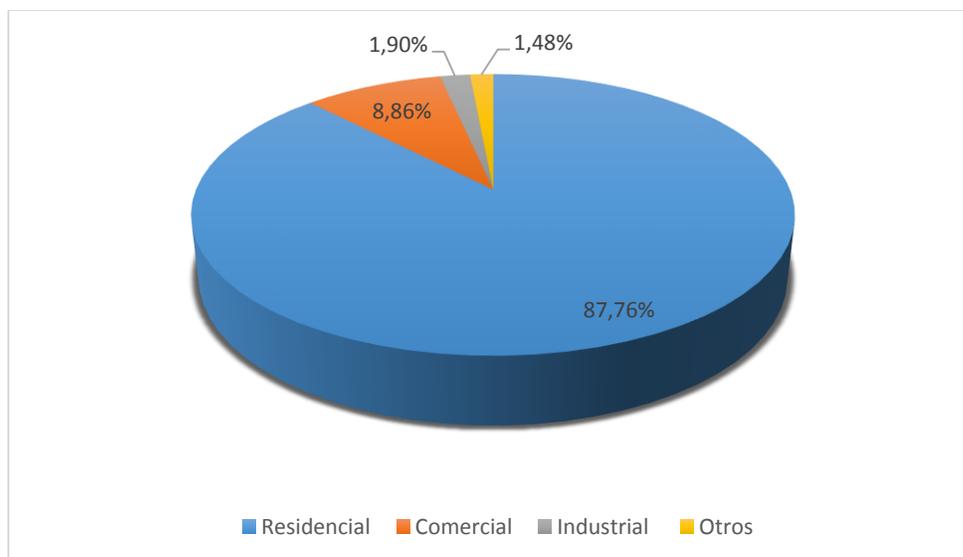


Ilustración 1-6: Distribución de los clientes de la CENTROSUR
Fuente: Ing. Fabián Castillo; CENTROSUR; DET-PQ/FC

1.10. ESTUDIO DE LA CARGA ELÉCTRICA

1.10.1. INTRODUCCIÓN

En el análisis, planificación y operación de un sistema de distribución intervienen diversos parámetros, siendo “la carga” uno de los aspectos más importantes y decisivos al momento de diseñar un sistema. Por ello es conveniente la presentación de conceptos y parámetros que son de gran importancia para el análisis del sistema, haciendo énfasis en los factores que están directamente relacionados con la determinación de la demanda.

Carga: Se puede entender como carga a cada elemento del sistema eléctrico que requiere ser alimentado o que demanda una potencia eléctrica. Desde el punto de vista del sistema de distribución, carga se denomina a los consumidores y usuarios conectados al sistema.

1.10.2. CLASIFICACIÓN DE LAS CARGAS [12]

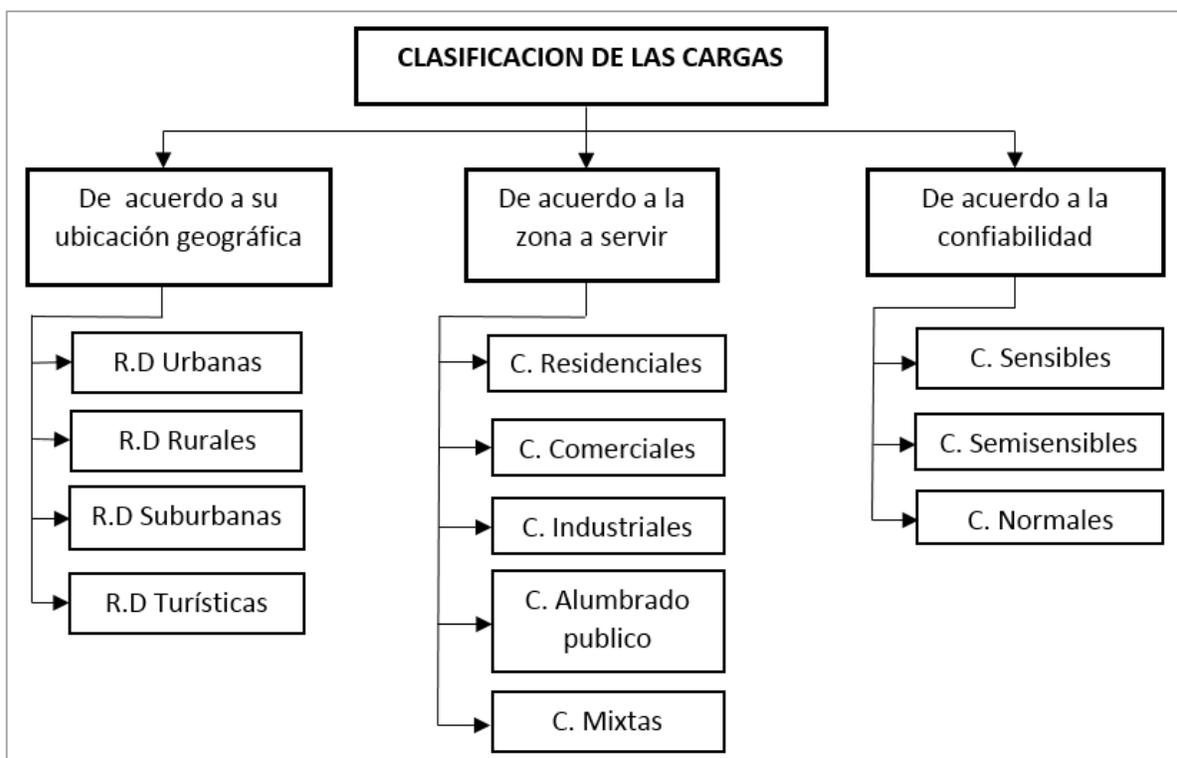


Ilustración 1-7: Clasificación de las cargas

Fuente: Ing. Salgado Modesto, *Sistemas de Distribución Eléctrica*

1.10.2.1. DE ACUERDO A SU UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Redes de Distribución Urbana: Los programas de distribución urbana son desarrollados individualmente por cada empresa concesionaria y la mayoría de las veces son planes de remodelación de redes y disminución de pérdidas. Las principales características de las redes de distribución urbana son las siguientes:

- Usuarios muy concentrados.
- Cargas monofásicas, bifásicas y trifásicas.
- Facilidad de acceso.
- Se usa postes de concreto y el trabajo puede ser mecanizado.
- Es necesario coordinar los trazados de la red eléctrica con las redes telefónicas, redes de acueducto, alcantarillados y otras redes, igualmente tener en cuenta los parámetros de las edificaciones.
- Se usan conductores de aluminio, ACSR y cobre.
- Facilidad de transporte desde los proveedores de materiales y equipos al sitio de la obra.
- Transformadores generalmente trifásicos en áreas de alta densidad de carga y monofásicos 3-H en áreas de carga moderada.
- La separación entre conductores y estructuras de baja tensión y media tensión son menores.
- En caso de remodelaciones y arreglos es necesario coordinar con las empresas de energía los cortes del servicio.

Redes de Distribución Rurales: Se utilizan en extensiones territoriales distintas a las aglomeraciones urbanas, comprendiendo zonas agrícolas, pecuarias o forestales. Estas redes de distribución deben suministrar energía eléctrica con cierto grado de seguridad y eficiencia, satisfaciendo sobre todo necesidades como el alumbrado de viviendas y otras que mejoran la calidad de vida como son los aparatos eléctricos y maquinaria agrícola.

Las principales características de las redes de distribución rural son:

- Usuarios muy dispersos.
- Cargas generalmente monofásicas.
- Dificultades de acceso en las zonas montañosas lo que implica extra costos en el transporte y manejo de materiales
- En zonas accesibles se usa postes de concreto.
- En zonas de difícil acceso se usa postes de madera tratada o fibra de vidrio.
- Los transformadores por lo general son monofásicos 2H o 3H.

Redes de distribución Suburbanas: Las redes de distribución suburbana tienen características intermedias ya que en muchos casos poseen una gran cantidad de consumidores, los cuales presentan bajos consumos eléctricos.

Redes de distribución turísticas: Se caracteriza por los ciclos de carga que están relacionados con las temporadas vacacionales, y donde se impone la construcción subterránea para armonizar con el entorno.

1.10.2.2. DE ACUERDO A LA ZONA A SERVIR

Residenciales: Se denominan cargas residenciales a las cargas predominantemente resistivas, dentro de estas están, las cargas de alumbrado, calefacción y de los electrodomésticos. Teniendo estas características los edificios de apartamentos, condominios, multifamiliares, urbanizaciones, etc.

Los abonados residenciales pueden clasificarse de acuerdo a sus hábitos y a las clases socioeconómicas en:

- *Zona Clase Alta:* Usuarios con un alto consumo eléctrico.
- *Zona Clase Media:* Está conformada por usuarios con un moderado consumo.
- *Zona Clase Baja:* Son considerados los barrios populares y tienen un nivel bajo de consumo.
- *Zona Tugurial:* En esta zona se encuentran los que poseen niveles muy bajos de consumo.

Comerciales: Caracterizadas por ser resistivas y se localizan en áreas céntricas de las ciudades donde se realizan actividades comerciales (centros comerciales y edificios de oficinas). Tienen algún componente inductivo que bajan un poco el factor de potencia.

Industriales: Tienen un componente importante de energía reactiva debido a la gran cantidad de motores instalados, con frecuencia se hace necesario corregir el factor de potencia.

Además de las redes independientes para fuerza motriz es indispensable distinguir otras para calefacción y alumbrado. A estas cargas se les controla el consumo de reactivos por lo que se les realiza gestión de carga, es por ello que poseen doble tarifa (alta y baja) para evitar que su pico máximo coincida con el de la carga residencial.

Alumbrado público: Son de gran uso y su función primordial es el de contribuir a la seguridad ciudadana en las horas nocturnas.

Mixtas: Este tipo de redes no son muy deseables debido a que tienen varias de estas cargas en una misma red de distribución dificultando de esta manera el control de pérdidas.

1.10.2.3. DE ACUERDO A LA CONFIABILIDAD

Sensibles: Son aquellas en las que una interrupción muy corta en el suministro de energía eléctrica causa importantes perjuicios al consumidor (riesgo de muerte, daños en procesos de fabricación en línea, daños a equipos costosos, etc.). Estas cargas deben tener sistemas alternos de alimentación con conmutación automática y plantas de emergencia (autogeneración).

Semisensibles: Bajo esta categoría se clasifican todas las cargas en las que una pequeña interrupción (no mayor de 10 minutos), no causa grandes problemas al consumidor. Pertenecen a este grupo las fábricas medianas que no tienen complicados y delicados procesos de fabricación pero que causan desocupación de empleados y obreros, etc.

Normales: Dentro de estas están el resto de cargas o consumidores, las cuales pueden tener un tiempo de interrupción que va desde 1 a 5 horas, sin causar mayores problemas a sus usuarios, pertenecen a este grupo por ejemplo: los usuarios residenciales, las poblaciones rurales, las pequeñas fábricas, etc.

1.10.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS CARGAS [13]

Es necesario conocer las características de las cargas, ya que éstas expresan el comportamiento de los usuarios frente al sistema de distribución, a su vez éstas características influyen en los sistemas de potencia y distribución, pudiendo causar efectos adversos durante la operación del sistema, por este motivo las empresas distribuidoras de energía eléctrica pueden realizar control sobre algunas cargas para evitar que el sistema colapse.

Densidad de carga: La densidad de carga se expresa como la relación entre la carga instalada y el área de la zona del proyecto.

$$\text{Densidad de carga} = \frac{\text{Carga instalada}}{\text{Área de la zona}} \frac{kVA}{km^2} \text{ ó } \frac{kW}{km^2}$$

Carga instalada C_i : Se expresa mediante la suma de todas las potencias nominales de los aparatos conectados a un sistema o parte de él, y viene expresado en (kVA, MVA, kW, MW). Matemáticamente se expresa de la siguiente forma. Ver ilustración 1-8.

$$C_i = \sum \text{cada una de las cargas conectadas}$$

Capacidad instalada C_{INS} : Corresponde a la suma de todas las potencias nominales de los equipos (transformadores, generadores), instalados a líneas que suministran la potencia eléctrica a las cargas o aparatos conectados. Se la conoce también como la capacidad nominal del sistema. Ver ilustración 1-8.

$$C_{INS} = \sum (kW) \text{ de cada una de los equipos conectados}$$

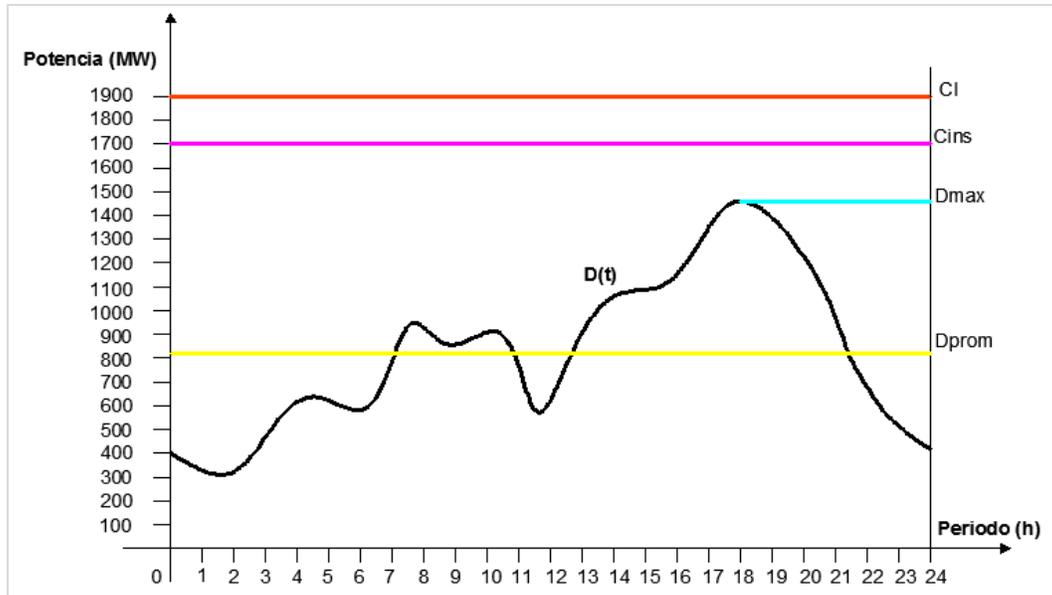


Ilustración 1-8: Curva de carga

Fuente: Castaño Samuel; Redes de Distribución de Energía

Carga máxima C_M : Se conoce como la demanda máxima que corresponde a la carga mayor que se presenta en un sistema en un periodo de trabajo previamente establecido. La carga máxima es la que se presenta a la hora 18 como se puede observar en la ilustración 1-8.

Esta demanda es de suma importancia, ya que en este intervalo de tiempo es donde se presenta la mayor caída de tensión en el sistema y por ende mayores pérdidas de energía y potencia.

Número de horas de carga equivalente EH : Se define como el número de horas que requeriría la carga máxima para que se consuma la misma cantidad de energía que la consumida por la curva de carga real sobre el periodo de tiempo especificado.

$$EH = \frac{\text{Energía total consumida en el periodo (kWh)}}{\text{Carga máxima (kW)}}$$

Demanda eléctrica (D): La demanda eléctrica es una medida de la tasa promedio del consumo eléctrico en un lapso específico en las terminales de entrada de una instalación eléctrica. Dicho de otra forma la demanda se representa como la cantidad de potencia que un consumidor utiliza en cualquier momento.

El periodo durante el cual se toma el valor medio se denomina intervalo de demanda, pudiendo ser de (15-20-30 minutos, o más) dependiendo del análisis que se requiera. Para establecer una demanda es primordial establecer el intervalo de demanda, ya que sin él, la demanda no tendría sentido.

Demanda máxima D_{MAX} : La demanda máxima de un sistema es el valor mayor valor de la potencia consumida en un periodo especificado de tiempo (diario, semanal, anual, etc.) como se puede apreciar en la ilustración 1-8.

Cálculo de la demanda: Para determinar la demanda en un intervalo de tiempo debemos calcular la energía consumida en el periodo y dividir para dicho intervalo.

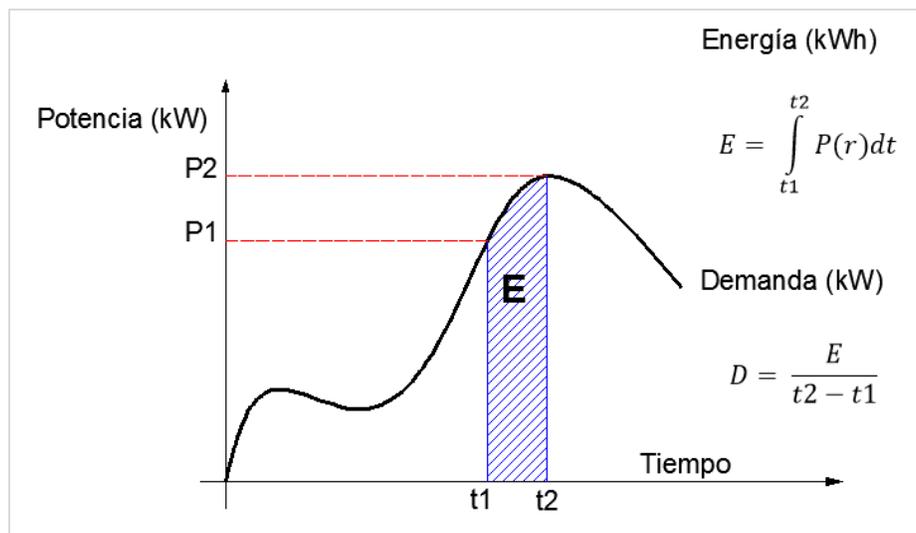


Ilustración 1-9: Curva de demanda

Fuente: Salgado Modesto; Sistemas de Distribución

El comportamiento de la demanda de un Sistema Eléctrico es variable, debido a que el consumo eléctrico depende de ciertos factores como:

- Horas del día
- Día de la semana
- Mes del año
- Estación del año
- Ubicación geográfica
- Costumbre de los consumidores

Estas variaciones pueden ser observadas y analizadas mediante curvas de carga, las cuales representan gráficamente (Demanda vs periodo de tiempo), este periodo de análisis puede ser establecido según requerimientos específicos.

Curva de carga diaria: Están formadas por los picos obtenidos en intervalos de una hora, para cada hora del día. Este tipo de curvas dan un indicación de las características de la carga en el sistema, sean estas predominantemente residenciales, industriales o comerciales y la forma en que estas se combinan para producir el pico.

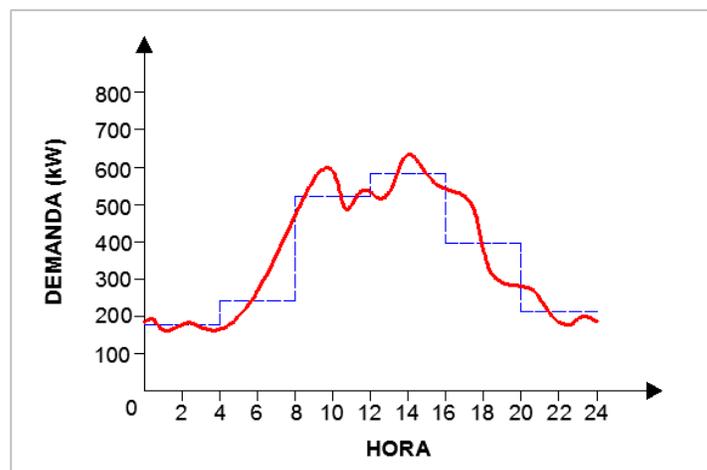


Ilustración 1-10: Curva de carga diaria

Fuente: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1895>

Curva de carga semanal: Es la representación de los picos obtenidos en cada día durante el periodo (semana) de análisis.

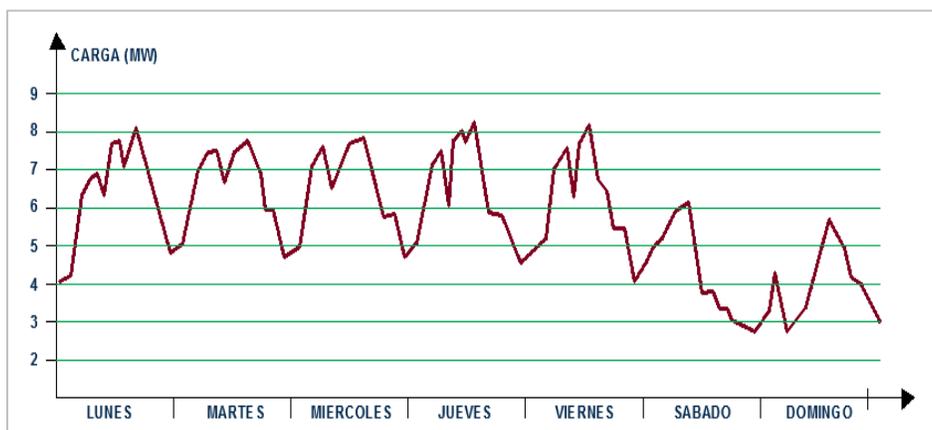


Ilustración 1-11: Curva de carga semanal

Fuente: http://www.editores-srl.com.ar/revistas/ie/263/efecto_del_cambio_climatico

Curva de carga anual: Estas curvas se deben dibujar en lo posible para el número de años del periodo estadístico de interés (2, 3, 4 años). Estas curvas están formadas por los valores de la demanda máxima de cada mes, y permiten una visualización de los crecimientos y variaciones de los picos mensuales y anuales.

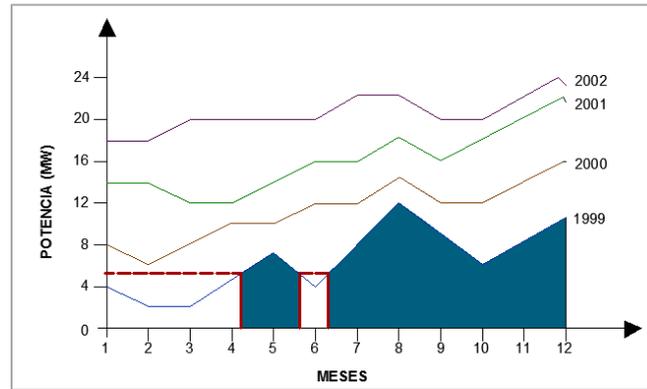


Ilustración 1-12: Curva de carga anual

Fuente: Castaño Samuel; Redes de Distribución de Energía

Curva de Duración de carga: Este tipo de curva indica la duración de cada una de las demandas durante el intervalo de tiempo especificado. Es decir “La curva de duración muestra la cantidad del tiempo en que la demanda se encuentra por sobre un cierto valor”.⁶ Esta curva puede ser considerada como la probabilidad de que la demanda se supere y puede ser calculada para distintos horizontes de tiempo (diario, mensual o anual) según el análisis que se requiera. [14]

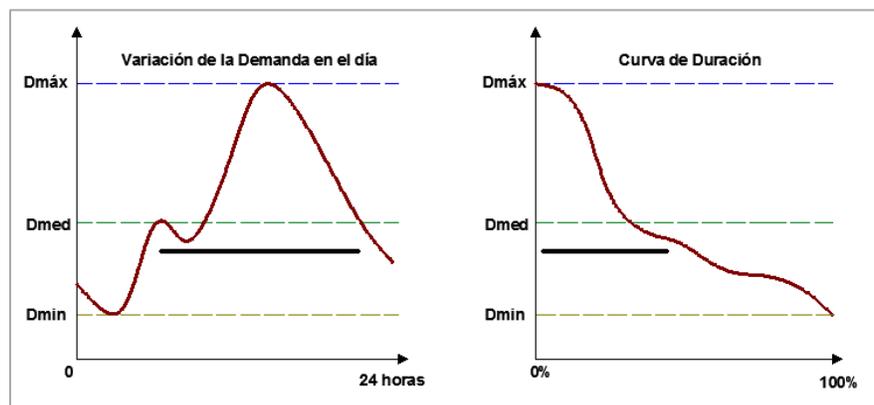


Ilustración 1-13: Curva de duración de carga

Fuente: Aranda Eduardo, Impacto de la Generación Distribuida en la Estimación Diaria de Demanda de Energía Eléctrica

⁶ Aranda Eduardo; Impacto de la generación distribuida en la estimación diaria de demanda de energía eléctrica; pág. 40

Cuando los datos no son suficientes, la curva de duración se puede simplificar a curvas sencillas como una recta lineal, una parábola o un polinomio usando por lo general el factor de carga asociado.

1.10.4. DEFINICIÓN DE FACTORES [15]

Factor de demanda (F_d): El factor de demanda de un sistema o parte de un sistema con un intervalo de tiempo t , es la relación entre la demanda máxima y la carga total instalada.

A través del factor de demanda conocemos el porcentaje máximo de potencia instalada que está siendo utilizada en una instalación. Generalmente el factor de demanda es menor que 1, éste es 1 cuando en el intervalo considerado, estuviesen todos los aparatos consumiendo sus potencias nominales, lo que es improbable.

$$F_d = \frac{C_m}{C_i} = \frac{D_m}{C_i} \leq 1$$

Donde:

C_m = Carga máxima

C_i = Carga instalada

D_m = Demanda máxima

Factor de utilización (F_u): El factor de utilización de un sistema en un intervalo de tiempo determinado se define como la relación entre la demanda máxima y la capacidad nominal del sistema (carga instalada).

$$F_u = \frac{C_m}{C_{INS}} = \frac{D_m}{C_{INS}} = \frac{\text{Demanda máxima}}{\text{Capacidad instalada}}$$

El factor de utilización nos indica el porcentaje de la capacidad de la instalación que está siendo utilizada en el instante de la demanda máxima.

Factor de carga (F_c): El factor de carga se define como la relación entre la demanda promedio y la demanda máxima obtenida para el mismo intervalo de tiempo analizado.

$$F_c = \frac{\text{Demanda promedio}}{\text{Demanda máxima}} = \frac{D_P}{D_M} \quad \text{con limites } 0 < F_c \leq 1$$

Es necesario especificar el intervalo de la demanda, ya que para una misma carga, un periodo establecido mayor, da como resultado un factor de carga más pequeño es decir:

$$F_c \text{ anual} < F_c \text{ mensual} < F_c \text{ semanal} < F_c \text{ diario}$$

El factor de carga nos indica el grado al cual el pico de la carga es sostenido durante el periodo.

Factor de diversidad o de grupo (F_{div}): Se define el factor de diversidad de un conjunto de cargas como la relación entre las sumatorias de las demandas máximas individuales y la demanda máxima del conjunto.

$$F_{div} = \frac{\sum \text{Demandas máximas individuales}}{\text{Demanda máxima del conjunto}} = \frac{\sum_{i=1}^N D_{\max i}}{D_M(\text{conjunto})}$$

Factor de simultaneidad o coincidencia (F_{co}): Este factor es el inverso del factor de diversidad, y se define como la relación entre la demanda máxima coincidente de un grupo de consumidores y la suma de las demandas de potencia máxima de consumidores individuales que conforman el grupo, ambos tomados en el mismo punto de alimentación para el mismo tiempo.

$$F_{co} = \frac{\text{Demanda máxima del conjunto}}{\sum \text{Demandas máximas individuales}} = \frac{D_M(\text{conjunto})}{\sum_{i=1}^N D_{\max i}}$$

$$F_{co} = \frac{1}{F_{div}}$$

Este factor constituye un elemento muy importante en la planificación del sistema, ya que mediante el factor de coincidencia se realiza la corrección de la demanda máxima, con la cual se eligen los equipos y materiales para el dimensionamiento de la instalación.

Factor de contribución (F_{cont}): Definimos el factor de contribución de una carga dentro de un conjunto, como la relación entre la contribución de esta carga al instante de la demanda máxima del conjunto y la demanda máxima individual de esta carga.

$$F_{cont} = \frac{\text{contribucion de la carga (i) al instante de la demanda máxima}}{\text{Demanda máxima del conjunto}}$$

$$F_{cont} = \frac{D_i}{D_{\max(\text{conjunto})}}$$

Factor de pérdidas (F_p): El factor de pérdidas para un sistema o parte del sistema como la relación entre los valores medio y máximo de la potencia disipada en pérdidas para un intervalo de tiempo determinad (t).

$$F_p = \frac{P_{med}}{P_{max}} = \frac{\text{Pérdidas medias}}{\text{Pérdidas máximas}}$$

CAPÍTULO 2

2. ANÁLISIS DEL ENTORNO

2.1. ANÁLISIS DEL ENTORNO

Se revisarán los procedimientos para dimensionar el sistema de distribución en empresas del sector eléctrico. Específicamente se analizarán los procedimientos actuales para determinar la DD y la DMU. Se establecerá valores de referencia sobre los cuales se incorporará el incremento de la carga debido al plan nacional de cocción eficiente.

2.2. METODOS DE ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA

Existen diversos métodos para la estimación de la DMU y la DD, que son actualmente utilizados por las empresas distribuidoras de energía eléctrica del país.

Estos procedimientos de estimación, han sido realizados tomando en consideración ciertos factores como:

- Información histórica de la zona de estudio
- Área de construcción por cliente
- Potencia instalada por cliente
- Consumo mensual promedio por cliente

Es decir se pueden clasificar en dos grupos:

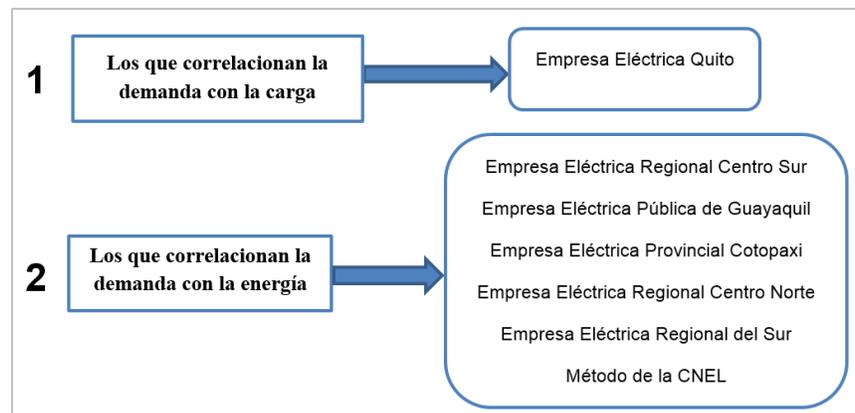


Ilustración 2-1: Métodos de estimación de la demanda

2.3. MÉTODO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A. [16]

Para la proyección de la demanda eléctrica, la Empresa Eléctrica Quito S.A. considera diversos parámetros como, localización del proyecto en relación a centros urbanos desarrollados, división y uso del suelo que se encuentra detallado en la tabla 2-1, características de las obras de infraestructura previstas, área y características de los edificios a construir, etc.

EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A.	PARÁMETROS DE DISEÑO				FECHA	
	DIVISIÓN DEL SUELO Y TIPO DE VIVIENDA			FECHA		
	USUARIO TIPO	ZONA TIPO	AREA/LOTE MÍNIMA (m ²)	VIVIENDA TIPO	CUS (%)	FRENTE MÍNIMO (m)
A	R.1	1500	Unifamiliar aislada	50	35	
	R.2	800	Unifamiliar aislada	70	25	
	R.3A	450	Unifamiliar aislada	80	16	
B	R.3B	500	Bifamiliar aislada	80	16	
		300	Unifamiliar aislada	80	14	
	R.4A	300	Unifamiliar aislada	80	10	
	R.4B	300	Bifamiliar aislada	100	14	
C	R.4C	300	Bifamiliar aislada	100	10	
	R.5A	180	Unifamiliar aislada	100	10	
	R.5B	150	Unifamiliar aislada	100	8	
D	R.5C	200	Bifamiliar aislada	100	10	
	R.5D	200	Bifamiliar aislada	100	8	
	R.5E	180	Bifamiliar aislada	100	8	

Notas:

- CUS: COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN DEL SUELO
- PARA VIVIENDAS BIFAMILIARES DEBEN CONSIDERARSE DOS CONSUMIDORES POR LOTE

Tabla 2-1: División del suelo y tipo de vivienda

Fuente: Análisis Comparativo de Normas de Distribución de Energía Eléctrica

2.3.1. DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA MÁXIMA UNITARIA

Para el cálculo de la demanda máxima unitaria se procede de la siguiente manera:

a)- **Determinación de la carga instalada del consumidor con máximos requerimientos.**

Se establece un listado de los posibles artefactos eléctricos del usuario con máximos requerimientos dentro de un grupo, detallando la descripción, cantidad y potencia nominal de cada uno de ellos. En el ANEXO A2.1 se establece una lista de los mismos.

Para el efecto se puede emplear el formato de la tabla 2-2, con el fin de calcular la demanda máxima unitaria y demanda de diseño.

EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A.	PARÁMETROS DE DISEÑO						
	PLANTILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS UNITARIAS DE DISEÑO						FECHA
NOMBRE DEL PROYECTO _____ N° DEL PROYECTO _____ LOCALIZACIÓN _____ USUARIO TIPO _____							
RENLÓN	APARATOS ELÉCTRICOS Y DE ALUMBRADO			FUn	CIR	FSn	DMU
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	Pn(W)	(%)	(W)	(%)	(W)
1	2	3	4	5	6	7	8
TOTALES							
FACTOR DE POTENCIA DE LA CARGA FP = _____ DMU(kVA) = _____ DD(kVA) = _____				FACTOR DE DEMANDA: $FDM = \frac{DMU}{CIR} =$ _____			

Tabla 2-2: Plantilla para la determinación de demandas unitarias de diseño

Fuente: Normas para sistemas de distribución; EEQ S.A.

b)- Determinar la carga instalada del consumidor representativo.

Para cada una de las cargas individuales se establece un factor denominado “factor de frecuencia de uso” (FFU_n) que determina la incidencia, en porcentaje de la carga correspondiente al consumidor con máximos requerimientos, sobre aquel consumidor que posee condiciones promedio y que se adopta como representativo del grupo para propósitos de estimación de la DD.

El FFU_n expresado en porcentaje, será determinado para cada una de las cargas instaladas en función del número de usuarios que se considera que disponen del equipo correspondiente dentro del grupo de consumidores; vale decir que aquellos equipos de los cuales dispondrán la mayor parte de los usuarios tendrán un factor cuya magnitud se ubicará en el rango superior y aquellos cuya utilización sea limitada tendrán un factor de magnitud media y baja.

El valor de la carga instalada por consumidor representativo (CIR) se halla mediante la siguiente expresión:

$$CIR = P_n \times FFU_n \times 0.01$$

Dónde:

CIR = Carga instalada por consumidor representativo

P_n = Potencia o carga nominal de los artefactos individuales

FFU_n = Factor de frecuencia de uso de la carga individual.

c) – Determinación de la demanda máxima unitaria (DMU).

La demanda máxima unitaria se define como el valor máximo de la potencia que, en un intervalo de tiempo de 15 minutos, es suministrado por la red al consumidor individual, durante el período de máxima solicitud.

La DMU se obtiene a partir de:

$$DMU = CIR \times FS_n \times 0.01$$

Dónde:

$DMU =$ Demanda máxima unitaria

$CIR =$ Carga instalada por consumidor representativo

$FS_n =$ Factor de simultaneidad para cada una de las cargas instaladas

La demanda máxima unitaria obtenida, expresada en vatios (W) es convertida a kilovatios (kW) y kilo voltamperios (kVA), mediante la reducción correspondiente y la consideración del factor de potencia, que en general para instalaciones residenciales varía de 0.8 a 0.85.

El factor de demanda (FDM) definido por la relación entre la (DMU) y (CIR), indica la fracción de la carga instalada que es utilizada simultáneamente en el período de máxima solicitud y permite evaluar los valores adoptados por comparación con aquellos en instalaciones existentes similares.

d) - Determinación de la demanda de diseño.

El valor obtenido de la DMU es válido para las condiciones iniciales del proyecto, para efectos del diseño debe considerarse los incrementos de la demanda que tendrá durante su vida útil, y se calcula por la siguiente ecuación:

$$DMU_p = DMU \left(1 + \frac{T_i}{100} \right)^n$$

Dónde:

$DMU_p =$ Demanda máxima unitaria proyectada.

$DMU =$ Demanda máxima unitaria.

$T_i =$ Tasa de crecimiento anual de la demanda.

$n =$ Número de años de proyección de la demanda.

El factor $\left(1 + \frac{T_i}{100} \right)^n$, se encuentra tabulado en el Anexo A2.2.

En consecuencia, el valor de la demanda a considerar para el dimensionamiento de la red en un punto dado es:

$$DD = DMU_p \times \frac{N}{FD}$$

Dónde:

DD = Demanda de diseño.

DMU_p = Demanda máxima unitaria proyectada.

N = Número de abonados.

FD = Factor de diversidad, que depende del número de abonados y del tipo de consumidor. (Anexo A2.3).

2.4. MÉTODO DE LA CENTROSUR [17]

En la actualidad, la CENTROSUR utiliza el método planteado en los "Estudios de Distribución de Energía Eléctrica y Alumbrado Público para Cuenca y su Área Metropolitana", realizados por el Consorcio de las Compañías INELIN - COINELCA, vigente desde 1986.

Para el dimensionamiento de redes secundarias o de baja tensión, así como transformadores de distribución, es necesario determinar la demanda, la misma que se basa en las características de carga de los distintos tipos de clientes. (Residenciales, Comerciales, Industriales).

Para los clientes residenciales por lo general se aplican los siguientes criterios generales:

- Los alimentadores primarios de media tensión se proyectarán para 15 años.
- Las redes de baja tensión y transformadores de distribución deben dimensionarse para un período de 10 años.
- En función del área promedio de los lotes, se realiza una clasificación del tipo de cliente y su demanda máxima unitaria promedio proyectada (*DMU_p*), estableciéndose lo siguiente:

Área promedio de lotes (m^2)	Cliente Tipo	DMU_p (kVA) ₁₀	DMU_p (kVA) ₁₅
Área>400	A	7.47	7.99
300<Área<400	B	3.93	4.29
200<Área<300	C	2.23	2.48
100<Área<200	D	1.36	1.55
Área<100	E	0.94	1.09

Tabla 2-3: Clientes de sectores urbanos o centros cantonales

 Fuente: <http://www.centrosur.com.ec/?q=revisión>

Área promedio de lotes (m^2)	Cliente Tipo	DMU_p (kVA) ₁₀	DMU_p (kVA) ₁₅
Área>400	F	1.02	1.16
300<Área<400	G	0.84	0.98
200<Área<300	H	0.65	0.76

Tabla 2-4: Clientes de sectores rurales

 Fuente: <http://www.centrosur.com.ec/?q=revisión>

La demanda de diseño para la red de baja tensión y transformadores de distribución para un punto dado de la red se calcula mediante la siguiente expresión:

$$DM_p = DMU_p \times N \times F_{coin} \quad [kVA]$$

Donde:

DMU_p = Demanda máxima unitaria proyectada (kVA)

N = Número de clientes

F_{coin} = Factor de coincidencia

DM_p = Demanda máxima en el punto dado

El factor de coincidencia está en función del número de clientes conectados a la red y está dado por la siguiente expresión:

$$F_{coin} = N^{-0.0944}$$

Las tablas que contienen los valores de demanda diversificada (demanda máxima proyectada) por categorías y número de clientes se encuentran detallada en el Anexo A2.4.

Además de la demanda de los clientes, debe considerarse, de ser el caso, las demandas de las cargas especiales, como el alumbrado público.

$$D = DM_p + A + C_e$$

Donde:

D = Demanda de diseño (kVA)

A = Cargas de alumbrado público (kVA)

C_e = Cargas especiales (puntuales) (kVA)

Para determinar la capacidad de los transformadores de distribución, a los valores de la demanda establecidos, se deberán aplicar los siguientes factores, por concepto de sobrecarga:

Categoría	Factor
A	0.9
B y C	0.8
D...H	0.7

Tabla 2-5: Factor de coincidencia para determinar la capacidad de transformadores de distribución

Fuente: <http://www.centrosur.com.ec/?q=revision>

2.5. MÉTODO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA PÚBLICA DE GUAYAQUIL

Para determinar la demanda máxima unitaria la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil emplea las fórmulas de REA (Rural Electrification Administration), tal como se presenta a continuación.

2.5.1. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO REA [18]

El método REA estima la capacidad para cargas futuras basándose en curvas, las cuales relacionan la demanda en kW según el número de consumidores y los kWh promedio utilizados.

Este método emplea dos factores (A y B), los cuales corresponden al número de clientes y kWh usados. El producto de estos dos factores determinan la demanda diversificada para n consumidores y su consumo promedio.

El factor A se puede encontrar a partir de la ilustración 2-2 y el factor B en la ilustración 2-3.

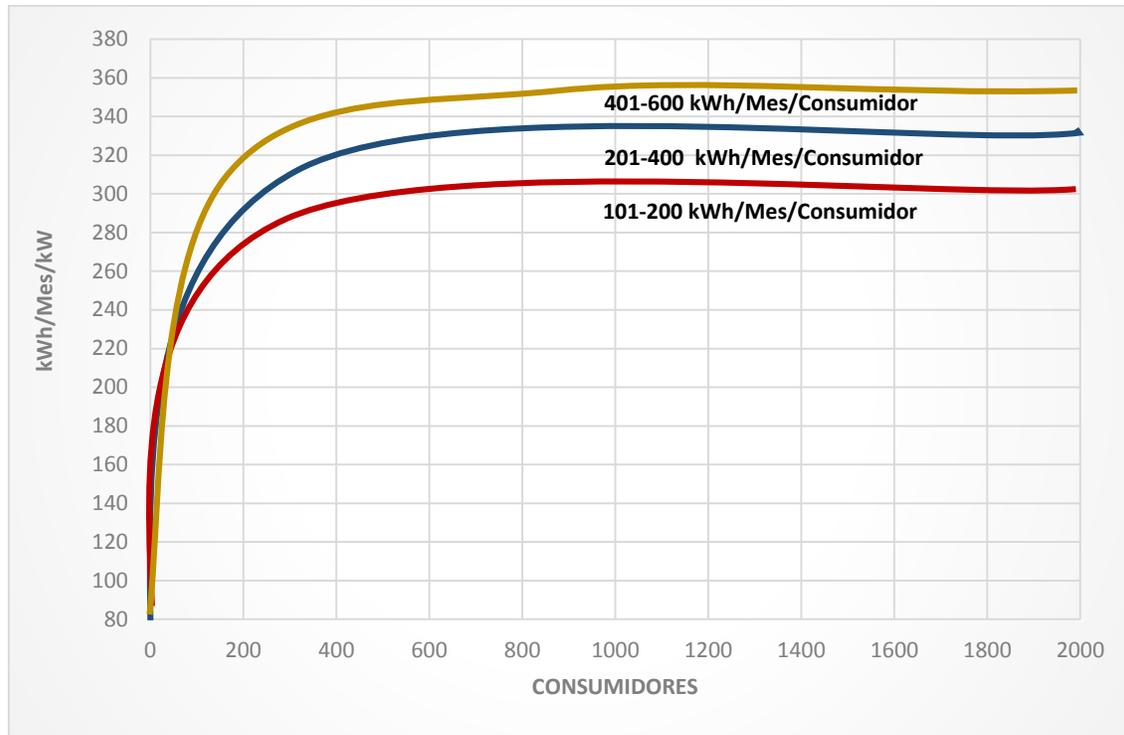


Ilustración 2-2: kWh/mes/consumidor vs Número de consumidores

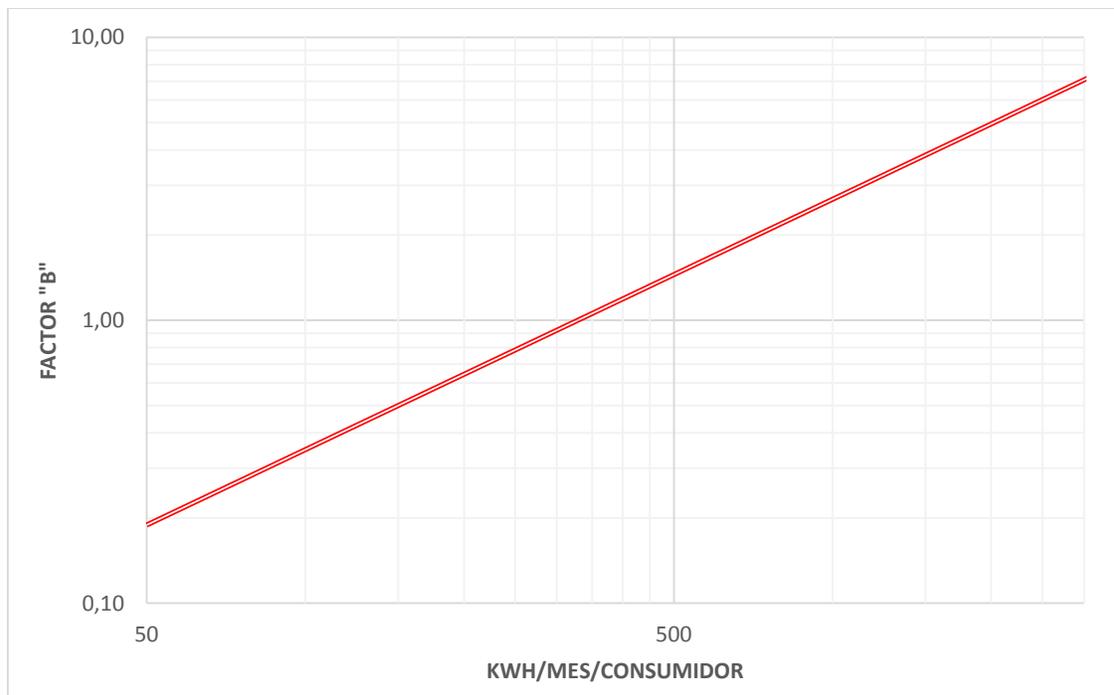


Ilustración 2-3: Factor B vs kWh/mes/consumidor

El factor A refleja el mejoramiento de la diversidad debido al incremento en el número de consumidores y también puede ser evaluado a partir de la siguiente ecuación:

$$\mathbf{Factor\ A} = N[1 - 0,4N + 0,4(N^2 + 40)^{0,5}]$$

Dónde:

Factor A = factor de abonados

N = número de abonados

A partir del Factor A se puede calcular el factor de diversidad y se expresa de la siguiente manera.

$$f_{div} = \frac{3.29 \times N}{\mathbf{Factor\ A}}$$

Dónde:

N = número de abonados

El factor B indica la tendencia en el factor de carga al presentarse un mayor consumo. Este factor también puede ser calculado para cualquier valor de consumo de energía utilizando la siguiente ecuación:

$$\mathbf{Factor\ B} = 0,005925(kWH / mes / abonado)^{0,885}$$

Dónde:

Factor B = demanda en kW de un abonado

kWh/mes/abonado = consumo de energía mensual por abonado

Por lo tanto la demanda diversificada para n consumidores queda expresada en la siguiente ecuación:

$$\mathbf{kWn} = \mathbf{FactorB} \times \mathbf{Factor\ A}$$

Dónde:

$$kWn = \text{Demanda en kW de "n" abonados.}$$

Las ecuaciones no son exactas y sirven a partir de cinco consumidores, sin embargo se aproxima mucho a los valores de las curvas presentadas.

2.6. MÉTODO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI ELEPCO S.A. [19]

Dado que los parámetros para el diseño de redes de distribución de energía eléctrica en medio y bajo voltaje, se dan en función de la utilización de la energía eléctrica y asociada a la demanda por usuario, es necesario establecer una clasificación de los consumidores, de acuerdo a factores que determinan, en forma general, la incidencia de la demanda sobre la red de distribución.

Categoría	Consumo mensual (KWh)	Descripción
A	$\text{Consumo} \geq 351$	Zonas urbanísticas centrales, cabeceras cantonales
B	$111 < \text{consumo} < 350$	Zonas periféricas de las ciudades y cantones
C	$51 < \text{consumo} < 110$	Zona rural
D	$\text{Consumo} \leq 50$	Zona rural

Tabla 2-6: Clasificación de los consumidores de ELEPCO S.A.

Fuente: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/603>

Para determinar la demanda máxima unitaria la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi emplea las fórmulas de REA, presentadas anteriormente.

Para el cálculo de la demanda máxima unitaria proyectada emplea la expresión obtenida de las guías de diseño de la Empresa Eléctrica Quito.

2.7. MÉTODO DE LA CNEL (CORPORACIÓN NACIONAL DE ELECTRICIDAD) GUAYAS – LOS RÍOS [20]

Para fines de diseño la CNEL Guayas - Los Ríos (Ex Empresa Eléctrica Guayas - Los Ríos), se ha encargado de hacer también los estudios para estimar la demanda, y ha elaborado un cuadro con valores estadísticos en base a experiencias ya realizadas de las plantillas de consumo mensual, en áreas establecidas (parte urbana), y los ha clasificado de la siguiente forma:

CATEGORÍA Y CÓDIGO DE ÁREA	CONSUMO INICIAL kWh/Ab	TASA (kWh/Ab) (p.u.)	CONSUMO FINAL kWh/Ab	FC (factor de carga p.u.)
RESIDENCIAL				
RA	315	0.020	384	0.40
RMB	160	0.025	295	0.35
RB	156	0.020	190	0.30
COMERCIAL				
C	283	0.040	419	0.45
CR	204	0.035	268	0.40
INDUSTRIAL				
I	2188	0.050	3565	0.50

Tabla 2-7: Clasificación de los consumidores de CNEL GUAYAS – LOS RÍOS
Fuente: Análisis Comparativo de Normas de Distribución de Energía Eléctrica

Dónde:

RA = RESIDENCIAL ALTO

RMB = RESIDENCIAL MEDIO BAJO

RB = RESIDENCIAL BAJO

C = COMERCIAL

CR = COMERCIAL RESIDENCIAL

I = INDUSTRIAL

Para estimar la demanda se utiliza la siguiente fórmula:

$$kW = \frac{kWh/mes/Ab}{FC \times \#horas}$$

Dónde:

$kWh/mes/Ab = consumo\ específico$

$FC = factor\ de\ carga$

$kW = demanda\ máxima\ unitaria\ en\ kW$

Para la estimación de la demanda en el sector rural se utiliza la metodología de UNEPER-INECEL.⁷

2.8. MÉTODO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO NORTE AMBATO [21]

Para fines de diseño la Empresa Eléctrica Regional Centro Norte Ambato, ha normalizado el siguiente procedimiento para el cálculo de la demanda.

a) Primer Paso:

Se define la ubicación del usuario, y de acuerdo a la tabla 2-8, se determina la zona a la que pertenece.

ZONA	SECTOR
1	Miraflores, Ficoa
2	Ciudadelas España, Bellavista, El Recreo, Ingahurco Alto y Bajo, Atocha
3	Letamendi, Nuevo Ambato, Sector Tanques de CEPE, Quillan
4	El Tropezón, El Rosario, American Park, Pinllo
5	Los demás sectores alejados del centro de la ciudad.

Tabla 2-8: Sectores correspondientes a las zonas de las normas de la EEAARCN

Fuente: Actualización de las guías de diseño de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte SA

b) Segundo Paso:

Una vez establecida la zona, el proyectista debe definir a partir de la tabla 2-9 la categoría de usuario a ser considerado en el diseño, tomando en cuenta características como el área de lote y la posible área de construcción del usuario tipo.

⁷ El Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL), por medio de la Unidad Ejecutora del Programa Nacional de Electrificación Rural (UNEPER), ha establecido un conjunto de normativas para el diseño y construcción de redes secundarias, enfocadas en el sector rural.

DETERMINACIÓN DEL TIPO DE USUARIO				
ZONAS	ÁREA DE LOTE (m^2)	TIPO DE USUARIO POR ÁREA DE CONSTRUCCIÓN		
		C	B	A
1	0 a 100	0 – 100	101 – 200	201 o más
	101 a 200			100 o más
	201 o mas			0 o más
2	0 a 150	0 – 100	101 – 200	201 o más
	151 a 300			101 o más
	301 o mas			0 o más
3	0 a 200	0 – 100	101 – 200	201 o más
	201 a 400			101 o más
	401 o mas			0 o más
4	0 a 250	0 – 100	101 – 200	201 o más
	251 a 500			101 o más
	501 o mas			0 o más
5	0 a 300	0 – 100	101 – 200	201 o más
	301 a 600			101 o más
	601 o mas			0 o más

Tabla 2-9: Determinación del tipo de usuario

Fuente: Actualización de las guías de diseño de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte SA

c) Tercer Paso:

Una vez definida la categoría de usuario representativo, se utiliza la tabla 2-10, que muestra las demandas máximas unitarias para cada una de las categorías existentes.

CATEGORÍA	DEMANDA MÁXIMA UNITARIA (kVA)		
	ACTUAL	PROYECTADAS	
		10 AÑOS	15 AÑOS
A	5.7	6.6	7.2
B	3.6	4.9	5.8
C	2	3	3.7
D	1.2	2.2	2.9
E	0.7	1.5	2.2

Tabla 2-10: Demanda máxima unitaria para cada categoría

Fuente: Actualización de las guías de diseño de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte SA

d) Cuarto Paso:

Como complemento, las guías de diseño definen valores de factores de diversidad para cada n usuarios (Anexo A2.5), los cuales adjuntos a la información obtenida en los pasos anteriores permiten determinar la demanda diversificada para n usuarios, usando la ecuación.

$$D_{div} = \frac{DMU \times n}{F_{div}}$$

Dónde:

D_{div} = Demanda diversificada para n usuarios

DMU_p = Demanda máxima unitaria proyectada

n = Número de usuarios

F_{div} = Factor de diversidad que depende de n

2.9. DEMANDA MÁXIMA UNITARIA PROYECTADA, URBANIZACIONES, LOTIZACIONES Y PROYECTOS RURALES EN LA CIUDAD DE LOJA [22]

Las demandas máximas unitarias proyectadas serán consideradas tomando en consideración el área de los lotes para el sector urbano y el tipo de usuarios para el sector rural. Se establece la siguiente clasificación:

Sector Urbano

ÁREA PROMEDIO DE LOTES (m^2)	TIPO DE USUARIO	DMU_p (kVA) ₁₀
A>400	A	4,48
300<A<400	B	2,35
200<A<300	C	1,33
100<A<200	D	0,82
A<100	E	0,56

Tabla 2-11: Tipo de usuarios por área promedio sector urbano

Fuente: Normas Técnicas Para El Diseño De Redes Eléctricas Urbanas y Rurales

Sector Rural

TIPO DE SECTOR	TIPO DE CLIENTE	DMU_p (kVA) ₁₀
Periferia Ciudad	F	0,60
Centro Parroquial	G	0,50
Rural	H	0,40

Tabla 2-12: Tipo de usuarios por área promedio sector rural

Fuente: Normas Técnicas Para El Diseño De Redes Eléctricas Urbanas y Rurales

En un punto considerado, se determina de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$DMP = DMU_p \times N \times FC$$

Dónde:

DMP = Demanda máxima proyectada en el punto dado [kVA]

DMU_p = Demanda máxima unitaria proyectada [kVA]

N = Número de usuarios

FC = Factor de coincidencia

$$FC = N^{-0,0944}$$

En el Anexo A2.6, se presenta el desarrollo numérico de la ecuación de la DMP (KVA), para cada una de las categorías mencionadas en el punto 2.9. Esta demanda corresponde exclusivamente al conjunto de usuarios típicos, además, deberá incorporarse la demanda de las cargas especiales como las de alumbrado público y otras que sean incidentes para el cálculo.

$$DMD = DMU_p + AP + Ce$$

Dónde:

DMD = Demanda Máxima de Diseño [kVA]

AP = Carga de alumbrado público [kVA]

Ce = Cargas Especiales (puntuales) [kVA]

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA PARA LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO [23]

Morona Santiago es una de las 24 provincias de la República del Ecuador, la capital es la ciudad de Macas, la cual además, es su urbe más poblada. “*La provincia de Morona Santiago se encuentra ubicada en el centro sur de la región amazónica entre las coordenadas geográficas 1°10 latitud sur y 78°10 de longitud oeste; 2°35 de latitud sur y 76°40 de longitud oeste*”.⁸

3.1.1. LÍMITES PROVINCIALES

- **Norte:** Provincia de Tungurahua y Pastaza
- **Sur:** Provincia de Zamora Chinchipe y límite internacional con Perú
- **Este:** Límite internacional con Perú
- **Oeste:** Provincias de Chimborazo, Cañar y Azuay

Esta extensión abarca una superficie aproximada de 24052 km^2 y representa alrededor del 9,4% de la superficie nacional (segunda provincia más extensa del país).

3.1.2. DIVISIÓN POLÍTICA ADMINISTRATIVA [24]

Morona Santiago se divide en 12 cantones, 58 parroquias: 13 urbanas, 45 rurales y 1052 comunidades.

Cantón	Población	Cabecera Cantonal	Cantón	Población	Cabecera Cantonal
Gualaquiza	17162	Gualaquiza	Palora	6936	Palora
Huamboya	8466	Huamboya	San Juan Bosco	3908	San Juan Bosco
Limón Indanza	9722	Gral. Leonidas Plaza	Santiago	9295	Santiago de Méndez
Logroño	5723	Logroño	Sucúa	18318	Sucúa
Morona	41155	Macas	Taisha	18437	Taisha
Pablo Sexto	1823	Pablo Sexto	Tiwintza	6995	Santiago

Tabla 3-1: División política administrativa
Fuente: INEC - Censo de Población y Vivienda 2010

⁸ Tomado de: <http://es.scribd.com/doc/47277834/Datos-Generales-de-Morona-Santiago>



Ilustración 3-1: División política administrativa
Fuente: <http://moronasantiago.gob.ec>

3.1.3. OROGRAFÍA [25]

“La provincia de Morona Santiago abarca altitudes desde los 200 hasta 5200 msnm (metros sobre el nivel del mar)”.⁹ La cordillera Central de los Andes es la más alta y está situada al oeste de la provincia; de ella se desprenden grandes ramales o pequeñas cordilleras como las de: Cóndor, Huamboya, Cruzado y Patococha.

3.1.4. CLIMA

Por su posición geográfica esta provincia posee 3 climas:

- Frio subtropical
- Húmedo
- Tropical húmedo

La temperatura anual promedio oscila entre los 24 y 25 °C. En las vertientes andinas y sub andinas las temperaturas medias son de 24 °C a 1.200 msnm, 17 °C a 2.500 msnm y 10 °C a 3.800 msnm.

⁹ Tomado de: <http://www.eqguia.com/provinciasciudades.php?provincia=15>

3.1.5. DEMOGRAFÍA [26]

La población de Morona Santiago se caracteriza por ser una población mayoritariamente rural (98.281 personas, el 66,43% de la población total). Estando esta población integrada por diferentes grupos culturales:

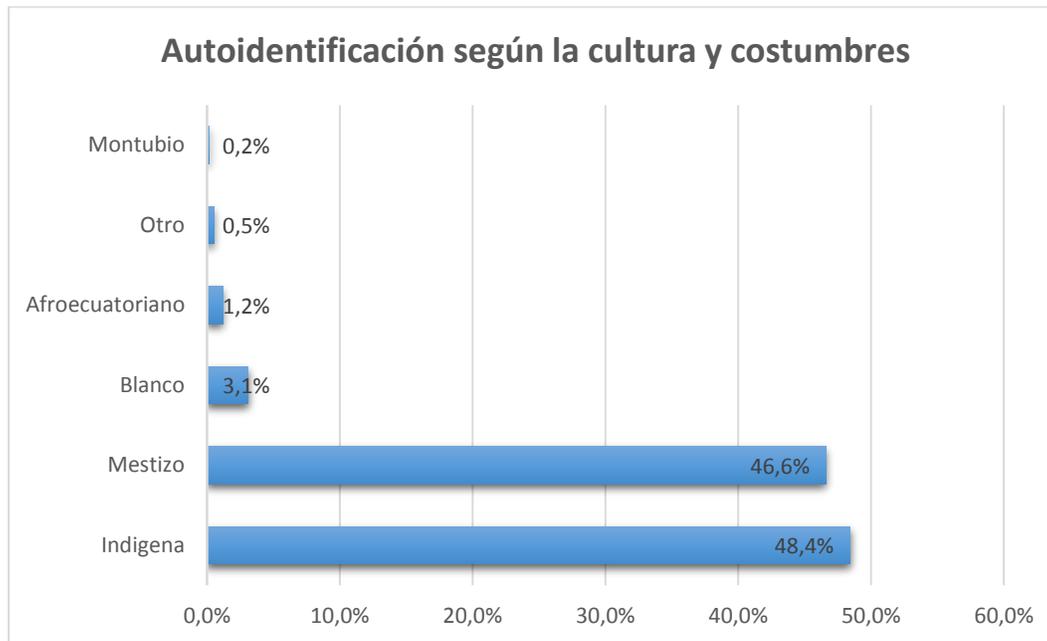


Ilustración 3-2: Autoidentificación según la cultura y costumbres

Fuente: INEC - Censo de Población y Vivienda 2010

La provincia presenta bajas densidades poblacionales consecuencia de las características del medio físico natural y sociocultural de la población que la habita. De hecho, la densidad poblacional promedio de la provincia es de $4,8 \text{ hab/km}^2$, pero existen grandes variaciones entre los distintos cantones.

- Taisha : $4 - 5 \text{ hab/km}^2$
- Tiwinza: $2 - 3 \text{ hab/km}^2$
- Sucua: 10 hab/km^2

En la provincia de Morona Santiago el 48,4% es población indígena. Está distribuida en todos los cantones, sin embargo: Taisha, Huamboya, Tiwintza y Logroño poseen un mayor porcentaje de población indígena, siendo ésta la mayor parte de su población.

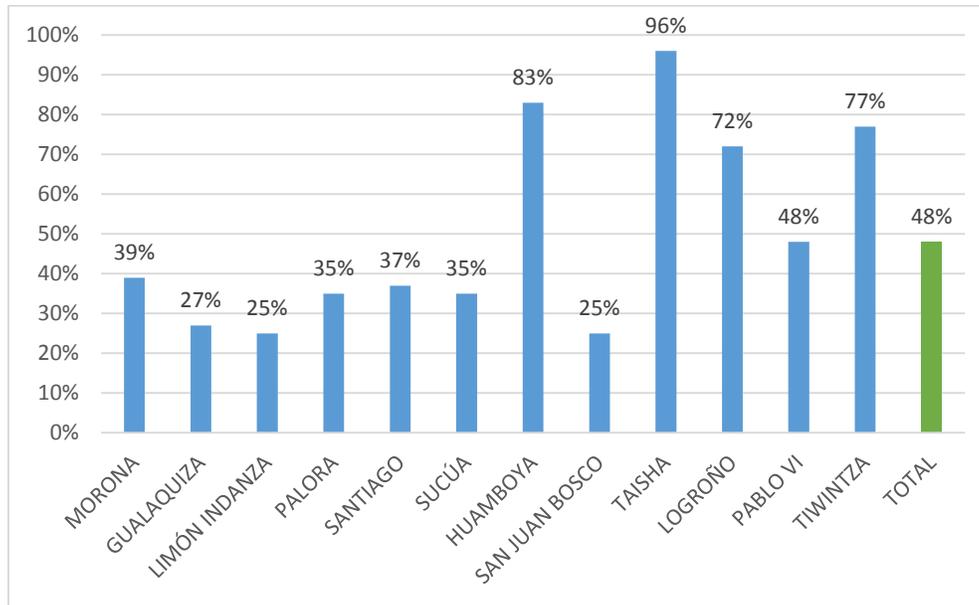


Ilustración 3-3: Porcentaje de población indígena de Morona Santiago

Fuente: <http://www.observatorioenergetico.info/index.php/es/morona/datos-socioeconomicos/demografia>

3.1.6. CULTURA

En Morona Santiago se identifican dos principales grupos culturales con características y dinámicas diferenciadas: el sector surgido a raíz de los procesos de colonización con una cultura campesina propia de la sierra ecuatoriana; y el sector constituido por las nacionalidades Shuar y Achuar, habitantes ancestrales del territorio.

Los Shuar y Achuar tienen sus propios conceptos de territorio y normas de gestión territorial basadas en su perspectiva étnica y cultural. Se calcula que la nacionalidad Shuar está conformada por unas 120.000 personas y la Achuar por 6.500.

3.1.7. GASTRONOMÍA

La gastronomía de la Amazonía Ecuatoriana se caracteriza por encontrar en la naturaleza su fuente alimenticia, usando plantas y animales que sus antepasados usaban para su nutrición.

Se presenta algunos de sus platos singulares en gran parte introducidos desde la serranía pero adoptando ingredientes de la región, lo que los hace diferentes.

- *Rambuela*: es exclusiva de la provincia, a base de yuca y costilla de res.
- *El ayampaco de pollo*: es una preparación tradicional a base de pollo, palmito y manteca de chanco
- *Ayampaco de pescado*: Carachama, bocachico o bagre cocido a vapor en hojas de bijao.
- *Cato*: Preparado con pescado o carne de animales, plátano verde rallado y sal.

Otras comidas representativas son la carne asada, tamal de cuica, buñuelos, tortilla de yuca, carne sudada. Además, existen otros que en la actualidad son muy escasos, entre estos se mencionan el caldo de novios, remola, majado de pelma, entre otros.

3.1.8. CARACTERÍSTICAS DEL HOGAR

Según los datos proporcionados por el censo del año 2010 de población y vivienda en el Ecuador, la tenencia de vivienda de los habitantes de Morona Santiago está compuesta por:

VIVIENDA	CASOS	%
Propia y totalmente pagada	16995	51,00%
Arrendada	6061	18,20%
Prestada o cedida (no pagada)	3694	11,10%
Propia (regalada, donada, heredada o por posesión)	4789	14,40%
Propia y la está pagando	1200	3,60%
Por servicios	583	1,70%
Anticresis	30	0,10%
TOTAL	33352	100,00%

Tabla 3-2: Tenencia de la vivienda en Morona Santiago
Fuente: INEC - Censo de Población y Vivienda 2010

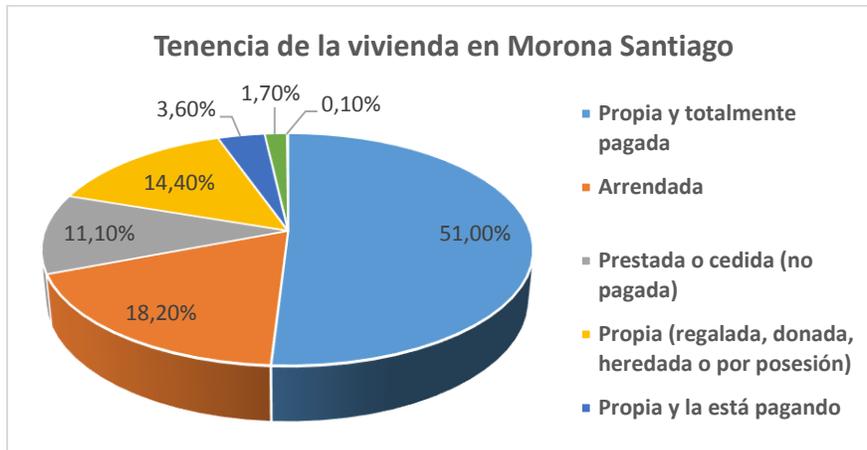


Ilustración 3-4: Tenencia de la vivienda en Morona Santiago
Fuente: INEC - Censo de Población y Vivienda 2010

El 70,8% de los habitantes de Morona Santiago utiliza gas para la cocción de alimentos siendo este el más utilizado. En la tabla 3-3 se presenta el tipo de combustible empleado para la cocción de alimentos.

COMBUSTIBLE	CASOS	%
Gas	23607	70,80%
Leña, Carbón	9105	27,30%
No cocina	597	1,80%
Electricidad	35	0,10%
Otro (Ej. Gasolina, Kerex o Diésel)	6	0,00%
Residuos vegetales y/o animales	2	0,00%
TOTAL	21371	100,00%

Tabla 3-3: Tipo de combustible empleado para la cocción
Fuente: INEC - Censo de Población y Vivienda 2010

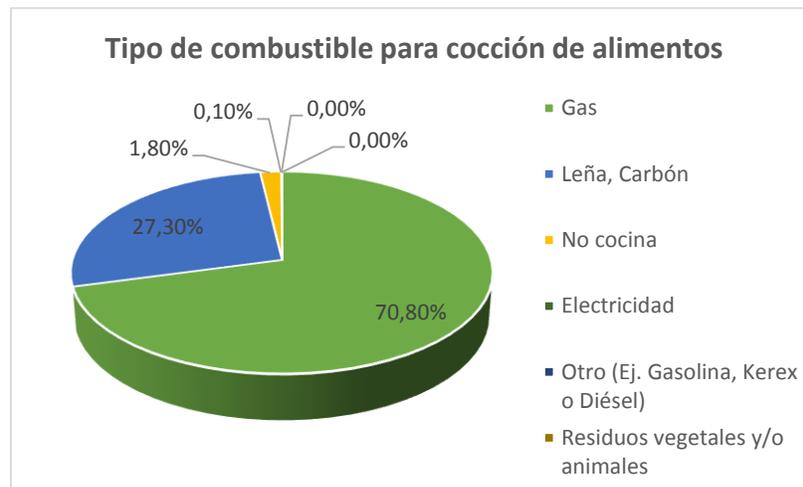


Ilustración 3-5: Tipo de combustible empleado para la cocción
Fuente: INEC - Censo de Población y Vivienda 2010

3.2. SISTEMA ELÉCTRICO DE MORONA SANTIAGO

La provincia de Morona Santiago a diciembre del 2013 cuenta con una cobertura eléctrica del 85,25%. [27]

REGIÓN Y PROVINCIA	CLIENTES RESIDENCIALES	VIVIENDAS CON SERVICIO	TOTAL DE VIVIENDAS	% COBERTURA
REGIÓN AMAZÓNICA	163,361	186,258	203,694	91.44%
MORONA SANTIAGO	32,301	33,700	39,531	85.25%
NAPO	24,703	23,124	26,211	88.22%
PASTAZA	16,05	18,966	23,245	81.59%
ZAMORA CHINCHIPE	22,033	25,107	26,128	96.09%
SUCUMBÍOS	38,157	49,597	52,064	95.26%
ORELLANA	30,117	35,764	36,515	97.94%

Tabla 3-4: Cobertura del servicio eléctrico a diciembre del 2013
Fuente: <http://www.conelec.gob.ec/contenido.php?cd=10275&l=1>

“La Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, cubre una extensión de 18.726,80 Km² que corresponde al 64% del área total concesionada. Mientras que el índice de cobertura eléctrica para clientes residenciales de la provincia de Morona Santiago es aproximadamente el 76,84 %”.¹⁰ [28]

En toda la provincia existen sin electrificar un total de 7.500 viviendas (7.321 del sector rural).

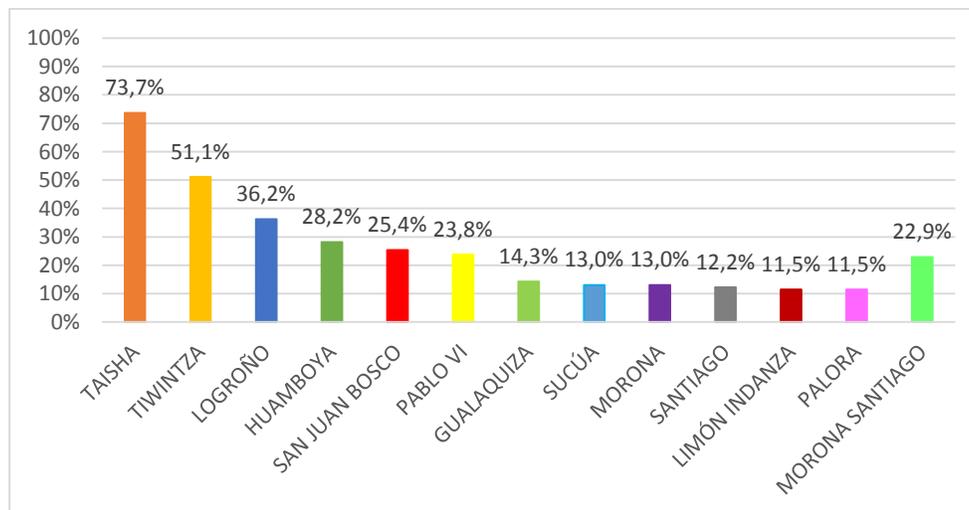


Ilustración 3-6: Viviendas sin electrificar en Morona Santiago

Fuente: <http://www.observatorioenergetico.info/index.php/es/morona/acceso-a-la-energia-electrica>

¹⁰ Tomado de: <http://www.observatorioenergetico.info/index.php/es/morona/datos-y-organizaciones/empresa-electrica-regional-centrosur-c-a>

El sistema eléctrico de la provincia de Morona Santiago está constituido por tres subestaciones, la subestación N° 21 ubicada en Macas, la subestación N° 22 ubicada en Santiago y la subestación N° 23 ubicada en Limón-Indanza. [29]

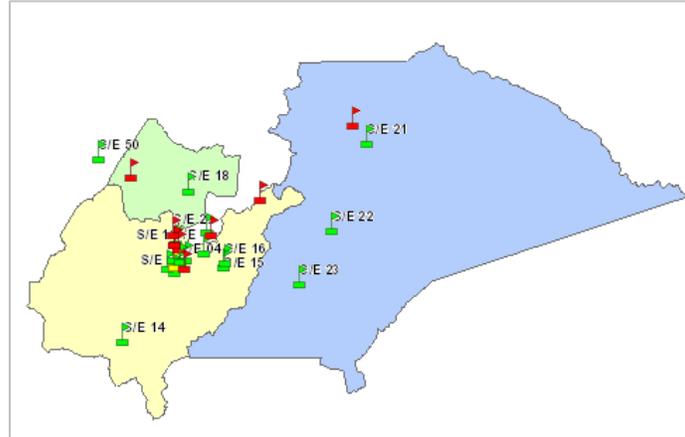


Ilustración 3-7: Subestaciones en Morona Santiago

Fuente: <http://geoportal.centrosur.com.ec/viewerEERCS/Default.aspx>

De estas subestaciones parten alimentadores que distribuyen la energía eléctrica a los diferentes sectores de la provincia, como se observa en el diagrama

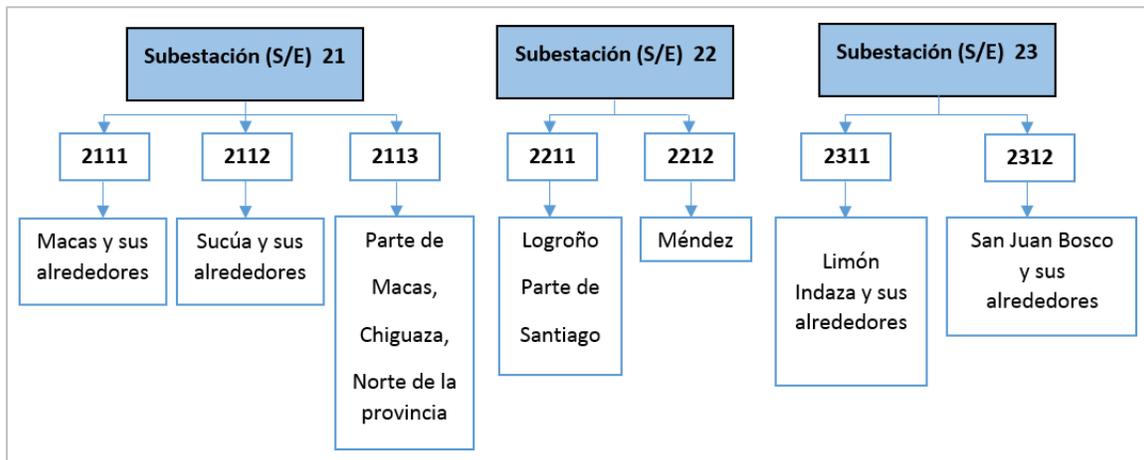


Ilustración 3-8: Distribución de energía eléctrica en la provincia de Morona Santiago

Desde la Subestación 21, parten tres alimentadores denominados 2111 que brinda energía a la ciudad de Macas y sus alrededores, 2112 que brinda energía a la ciudad de Sucúa y sus alrededores, y el alimentador 2113 que brinda energía a parte de la ciudad de Macas, el sector de Chiguaza y los cantones del norte de la provincia.

Desde la Subestación 22 parten dos alimentadores, el 2211 que brinda energía eléctrica al cantón Logroño y parte de Santiago, y el alimentador 2212 que brinda energía a la ciudad de Méndez.

Desde la Subestación 23 parten dos alimentadores, el 2311 que brinda energía al cantón Limón Indanza y sus alrededores, y el alimentador 2312 que brinda energía al cantón San Juan Bosco y sus alrededores. [30]

El sistema eléctrico de Morona Santiago además contempla un modelo de gestión de la CENTROSUR para sistemas solares fotovoltaicos individuales y aislados en comunidades rurales en selva. Para la implementación de los proyectos de electrificación rural con energía solar fotovoltaica, la CENTROSUR ha elaborado su propio modelo de gestión para la inclusión de los sistemas fotovoltaicos domiciliarios como sus clientes.

3.3. ESPACIO MUESTRAL Y LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

3.3.1. PARÁMETROS BASE PARA EL MUESTREO [31]

Antes de describir el método de muestreo utilizado y el procedimiento para el cálculo del número de muestras, se describe de forma breve algunos parámetros básicos e importantes para el muestreo.

Media muestral (\tilde{x}): Uno de los parámetros que permite encontrar un valor en torno al cual se concentra la mayoría de un grupo de mediciones o la mayoría de ellas, se denomina media muestral.

La media muestral o promedio de un conjunto de n mediciones $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ es igual a la suma de sus valores dividido entre n .

$$\tilde{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Varianza muestral (s^2): Es una medida de la variabilidad que da cuenta del grado de homogeneidad de un grupo de observaciones, definida como el valor esperado del cuadrado de la desviación de dicha variable respecto a su media.

La varianza muestral está expresada matemáticamente de la siguiente forma:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \tilde{x})^2}{n - 1}$$

Desviación estándar (s): Es un índice numérico de la dispersión de un conjunto de datos (o población). La desviación estándar de un conjunto de n mediciones $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ es igual a la raíz cuadrada de la varianza.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \tilde{x})^2}{n - 1}}$$

Elemento: Es un objeto en el cual se toman las mediciones.

Población: Es una colección de elementos acerca de los cuales se desea hacer alguna inferencia.

Muestra: Es una representación significativa de las características de una población, que bajo, la asunción de un error (generalmente no superior al 5%) estudia las características de un conjunto poblacional mucho menor que la población global.

Muestreo: Es una herramienta de la investigación científica, cuya función básica es determinar que parte de una población debe examinarse, con la finalidad de hacer inferencias sobre dicha población.

3.3.2. MÉTODOS DE MUESTREO [32]

Existen métodos estadísticos que permiten determinar un tamaño de muestra de tal forma que los resultados reflejen apropiadamente las características del total de la población.

Con la ayuda de estos métodos y mediante la definición de una característica adecuada, es decir, una cualidad común a todos los elementos de la población, se diseña el tamaño más apropiado de la muestra. La característica escogida deberá ser tal que presente la menor variabilidad respecto a los datos que se vayan a obtener y derivar del estudio.

En general los métodos de muestreo pueden ser divididos en dos grupos:

- Probabilísticos
- No probabilísticos

Muestreo probabilístico

Son aquellos en los que todos los individuos tienen la misma probabilidad de ser elegidos para formar parte de una muestra y, consiguientemente, todas las posibles muestras de tamaño n tienen la misma probabilidad de ser seleccionadas.

a- Muestreo aleatorio simple: El procedimiento empleado es el siguiente:

- Se asigna un número a cada individuo de la población
- A través de un medio se eligen tantos sujetos como sea necesario para completar el tamaño de la muestra requerido.

Debido a la simplicidad, tiene poca o nula utilidad práctica cuando la población que se maneja es muy grande.

b- Muestreo aleatorio sistemático: Este procedimiento exige, como el anterior, numerar todos los elementos de la población, pero en lugar de extraer n números aleatorios sólo se extrae uno. Se parte de ese número aleatorio i , que es un número elegido al azar, y los elementos que integran la muestra son los que ocupan los lugares $i, i + k, i + 2k, i + 3k, \dots, i + (n - 1)k$, es decir se toman los individuos de k en k , siendo k el resultado de dividir el tamaño de la población entre el tamaño de la muestra: $k = \frac{N}{n}$.

- c- Muestreo aleatorio estratificado: Establece que previo a la selección de la muestra se deberá dividir a la población en subconjuntos, tales que cada uno de ellos abarque a elementos que posean características similares entre si, considerando a cada subgrupo como un universo independiente. El muestreo estratificado es preferible porque permite homogenizar a los elementos a partir de la estratificación con lo que se consigue mayor versatilidad en los procedimientos de la investigación y por ende, mejores resultados.
- d- Muestreo aleatorio por conglomerados: Cuando la población se encuentra dividida, de manera natural en grupos que se suponen contienen toda la variabilidad de la población se puede seleccionar aleatoriamente un cierto número de conglomerados (el necesario para alcanzar el tamaño muestral establecido) e investigar después todos los elementos pertenecientes a los conglomerados elegidos.

Muestreo no probabilístico: Consistente en que el investigador selecciona la muestra que supone es la más representativa, utilizando un criterio subjetivo en función de la investigación que se va a realizar.

En este tipo de muestreo:

- Los elementos de la población no tienen la misma probabilidad de ser elegidos.
- No se tiene certeza de que la muestra extraída sea representativa.
- No permite generalizar sus resultados a toda la población.

Debido a los inconvenientes presentados, no se describirá ningún método de este tipo de muestreo.

3.3.3. TAMAÑO DE LA MUESTRA [33]

El tamaño de la muestra es el número de sujetos que componen la muestra extraída de una población, y al momento de estimarla se debe procurar que ésta información sea representativa, válida y confiable.

Para calcular el tamaño de una muestra hay que tener en cuenta los siguientes factores: tipo de muestreo, parámetro a estimar, error muestral admisible, varianza poblacional, nivel de confianza, carácter finito o infinito de la población.

Error Muestral: Es una medida de la variabilidad de las estimaciones de muestras repetidas en torno al valor de la población, nos da una noción clara de hasta dónde y con qué probabilidad una estimación basada en una muestra se aleja del valor que se hubiera obtenido por medio de un censo completo.

Nivel de confianza: Es la probabilidad de que la estimación efectuada se ajuste a la realidad.

Varianza poblacional: Cuando una población es más homogénea la varianza es menor y el número de entrevistas necesarias de la población será más pequeño. Generalmente es un valor desconocido y hay que estimarlo a partir de datos de estudios previos.

3.3.4. FÓRMULAS PARA DETERMINAR EL TAMAÑO MUESTRAL

3.3.4.1. TAMAÑO DE LA MUESTRA PARA UNA POBLACIÓN FINITA Y CONOCIDA [34]

$$n = \frac{k^2 \cdot N \cdot p \cdot q}{e^2(N - 1) + k^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde:

n = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población

K = Es una constante que depende del nivel de confianza que se asigne

Los valores de k más utilizados y sus niveles de confianza son:

Valor de k	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2,24	2,58
Nivel de confianza	75%	80%	85%	90%	95%	97%	99%

p = probabilidad de éxito del parámetro a evaluar, en caso de desconocerse ($p = 0,5$) lo cual hace mayor el tamaño de la muestra

q = probabilidad de fracaso ($q = 1 - p$)

e = error que se prevé cometer, se puede asumir entre un 1 y 10%.

3.3.4.2. TAMAÑO DE LA MUESTRA PARA POBLACIÓN FINITA – BALESTRINI

Partiendo de la fórmula de muestreo de proporciones para poblaciones finitas o conocidas, es posible determinar el tamaño de la muestra requerido para garantizar la normalidad estadística de los resultados. Para ello se hace uso de un estadístico que pruebe un nivel de confianza de 95%. [35]

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

Donde

n = *Tamaño de la muestra*

N = *Tamaño de la población*

4 = *Estadístico que prueba al 95% de confianza*

E^2 = *Máximo error permisible*

P = *Probabilidad de éxito*

Q = *Probabilidad de fracaso*

3.3.4.3. TAMAÑO DE LA MUESTRA ESTRATIFICADA A PARTIR DE LA POBLACIÓN [36]

$$n_0 = \frac{z^2 \times p \times q}{\varepsilon^2} \qquad n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

Donde:

n_0 = *Cantidad teórica de elementos de la muestra*

n = *Cantidad real de elementos de la muestra*

N = *Número total de elementos que conforman la población*

z = *Valor estandarizado en función del grado de confiabilidad de la muestra calculada*

ε = *Error asumido en el cálculo*

q = *Probabilidad de la población que no presenta las características*

p = *Probabilidad de la población que presenta las características*

El error en la selección del tamaño de la muestra se puede asumir entre un 1 y 10 %; es decir, que se asume en valores de probabilidad correspondientes entre 0,01 y 0,1.

Para $3 \leq N \leq 10$ Se asume $\epsilon = 0,1$ (un error del 10 %)

Para $N > 10$ Se asume $\epsilon = 0,05$ (un error del 5 %)

Un parámetro muy importante es la probabilidad que no representa las características de la población, mediante este parámetro se asume un porcentaje o proporción de la muestra que no puede representar las mismas características de la población. Esta probabilidad se asume entre un 1 y 20%.

Para $3 \leq N \leq 19$ Se asume $q = 0,01$ (un 1%)

Para $20 \leq N \leq 29$ Se asume $q = 0,01$ hasta 0,02 (del 1% al 2%)

Para $30 \leq N \leq 79$ Se asume $q = 0,02$ hasta 0,05 (del 2% al 5%)

Para $80 \leq N \leq 159$ Se asume $q = 0,02$ hasta 0,05 (del 2% al 5%)

Para $N \geq 160$ Se asume $q = 0,05$ hasta 0,20 (del 5% al 20%)

La probabilidad que tiene la muestra en poseer las mismas cualidades de la población (homogeneidad) está determinada por:

$$p = 1 - q$$

3.3.5. APLICACIÓN DE MÉTODOS PARA EL CASO DE ESTUDIO – PROV. MORONA SANTIAGO

El primer paso para realizar el estudio, es identificar a la población, la cual consta de todos los clientes residenciales servidos por la CENTROSUR en la provincia de Morona Santiago.

“Mediante la información proporcionada por la Dirección de Planificación de la CENTROSUR”¹¹ se ha determinado las parroquias urbanas y rurales que pertenecen a la provincia, así como el número de clientes residenciales en cada una de ellas, estos datos se describen en la tabla 3-5. [37]

¹¹ La Dirección de Planificación de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, tiene a su cargo el manejo, control y actualización del manual de procesos y procedimientos de la Empresa

PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO						
CLIENTES URBANOS			CLIENTES RURALES			
Cantón	Cabecera Cantonal	N° Clientes	Parroquia	N° Clientes	Parroquia	N° Clientes
Morona	Macas	4990	Alshi	115	Sinaí	126
			General Proaño	673	Zuña (Zúñac)	56
			San Isidro	238	Cuchaentza	98
			Sevilla Don Bosco	3075	Rio Blanco	548
Gualaquiza	Gualaquiza	72	Bermejos	63		
			Chiguinda	143		
			San Miguel de Cuyes	65		
Limón Indanza	General Leónidas Plaza Gutiérrez (Limón)	1369	Indanza	151	Yunganza	206
			San Antonio	198	San Juan Bosco	119
			San Miguel de Conchay	103	Pan de azúcar	1
Santiago	Santiago de Méndez	748	Copal	206	San Luis del Acho	211
			Chupianza	105	Tayusa	343
			Patuca	274	S. Francisco de Chinimbimi	226
Sucúa	Sucúa	3368	Asunción	245		
			Huambi	544		
			Santa Marianita de Jesús	211		
Huamboya	Huamboya	57	Chiguaza	364		
San Juan Bosco	San Juan Bosco	401	Pan de Azúcar	56	San Jacinto de Wakambeis	202
			San Carlos de Limón	66	Santiago de Pananza	120
Taisha	Taisha	337	Huasaga	453		
			Macuma	202		
			Tuutinentza	1212		
Logroño	Logroño	494	Shimpis	333		
Tiwintza	Santiago	514	San José de Morona	374		
Total Clientes Urbanos		12350	Total Clientes Rurales			11725
TOTAL CLIENTES RESIDENCIALES: 24075						

Tabla 3-5: Número de clientes residenciales urbanos y rurales de Morona Santiago

Fuente: Ing. Patricio Quituisaca; Catastro 07-2014; CENTROSUR

3.3.5.1. CÁLCULO DEL NÚMERO DE LA MUESTRA

Aplicando las fórmulas mencionadas anteriormente para el cálculo del tamaño muestral y haciendo uso de los siguientes valores se obtiene el número de muestras requerido:

NÚMERO DE MUESTRAS PARA POBLACIÓN FINITA Y CONOCIDA		
Datos:		$n = \frac{k^2 \cdot N \cdot p \cdot q}{e^2(N - 1) + k^2 \cdot p \cdot q}$
N=	24075	
p=	0,5	
q=	0,5	
e=	0,05	
k=	1,96	
	n=	379

Tabla 3-6: Número de muestras para población finita y conocida

NÚMERO DE MUESTRAS PARA POBLACIÓN FINITA-BALESTRINI		
Datos:		$n = \frac{4 \cdot P \cdot Q \cdot N}{4 \cdot P \cdot Q + (N - 1)E^2}$
N=	24075	
P=	0,5	
Q=	0,5	
E=	0,05	
	n=	394

Tabla 3-7: Número de muestras para población finita – Balestrini

NÚMERO DE MUESTRAS ESTRATIFICADAS A PARTIR DE LA POBLACIÓN		
Datos		$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$ $n_0 = \frac{z^2 \cdot p \cdot q}{\xi^2}$
N=	24075	
p=	0,8	
q=	0,2	
z=	1,96	
ξ=	0,05	
	n₀ =	245,86
	n=	243,37
	n=	243

Tabla 3-8: Número de muestras estratificadas a partir de la población

3.3.5.2. CÁLCULO DEL NÚMERO DE MUESTRAS TOTALES POR ESTRATOS (URBANAS Y RURALES)

Mediante los resultados obtenidos en los métodos aplicados se determinó un número de muestras de: 379, 393, 243 respectivamente.

Para el cálculo del tamaño muestral se escogió el método para una población finita y conocida, asumiendo un margen de error del 5% y un nivel de confianza del 95% ($k=1,96$) dando como resultado 379 muestras.

Con este tamaño de muestra se puede representar a toda la población (clientes) y obtener una información representativa, válida, confiable y sobre todo que permita representar a todos los clientes residenciales de la provincia de Morona Santiago.

El consumo de energía en kWh de los clientes urbanos y rurales se encuentra concentrado en ciertos rangos, por lo que han sido agrupados en distintos estratos de consumo. El tamaño de la muestra de cada uno de los estratos se realizó de forma proporcional de acuerdo al número de los clientes.

$$n = \frac{N^{\circ} \text{ de clientes del estrato}}{N^{\circ} \text{ total de clientes}} \times N^{\circ} \text{ de muestra total}$$

En las tablas 3-9 y 3-10 se puede apreciar el número de clientes residenciales urbanos y rurales que se encuentran dentro de cada estrato, así como el tamaño de la muestra por cada uno de ellos.

CLIENTES RESIDENCIALES URBANOS			
ESTRATO	CONSUMO (kWh)	Nº CLIENTES	Nº MUESTRAS
E	1-50	3234	51
D	51-110	4027	63
C	111-200	3181	50
B	201-500	1746	27
A	> 500	162	3
TOTAL		12350	194

Tabla 3-9: Estratos de consumo de clientes residenciales urbanos

CLIENTES RESIDENCIALES RURALES			
ESTRATO	CONSUMO (kWh)	Nº CLIENTES	Nº MUESTRAS
H	1-50	7045	111
F	51-110	3064	48
G	> 110	1616	26
TOTAL		11725	185

Tabla 3-10: Estratos de consumo de clientes residenciales rurales

En el sector urbano de Morona Santiago se debe realizar 194 encuestas mientras que para el sector rural 185.

Las encuestas se realizarán en los centros parroquiales urbanos de Macas, Sucúa, Méndez y Limón, donde están incluidos todos los tipos de clientes residenciales, descartando el estudio en los cantones Gualaquiza y Huamboya, que en gran parte están servidos por otras empresas distribuidoras y el cantón Taisha por su dificultad de acceso. Mientras que para los centros parroquiales rurales de acuerdo al mayor número de clientes, menor distancia a los centros parroquiales urbanos y facilidad de acceso se realizará las encuestas en Sevilla Don Bosco, Río Blanco y General Proaño para el cantón Morona; Huambi y Santa Marianita en el cantón Sucúa; Patuca y Tayuza para el cantón Santiago; Indanza y Yunganza en el cantón Limón.

SECTOR URBANO				SECTOR RURAL		
Cantón	Cabecera Cantonal	Clientes	Nº Encuestas	Parroquia Rural	Clientes	Nº Encuestas
Morona	Macas	4990	93	General Proaño	673	21
				Sevilla Don Bosco	3075	94
				Río Blanco	548	17
Limón Indanza	Limón	1369	25	Indanza	151	5
				Yunganza	206	6
Santiago	Santiago de Méndez	748	14	Tayusa	343	11
				Patuca	274	8
Sucúa	Sucúa	3368	62	Huambi	544	17
				Sta. Marianita de Jesús	211	6
TOTAL		10475	194	TOTAL	6025	185

Tabla 3-11: Aplicación de encuestas en los sectores urbanos y rurales de Morona Santiago

3.3.5.3. DETERMINACIÓN DE LA CURVA DE CARGA

En el Anexo A3.1 se presenta el modelo de encuesta utilizada. Las preguntas que destacan algunas de las características y comportamientos más importantes de los clientes y que resultan predominantes en el desarrollo del presente estudio se resumen a continuación.

CLIENTES RURALES

Del total de clientes encuestados en el sector rural, el 30% está compuesto de 1-3 integrantes en el grupo familiar, el 59% está compuesto de 4-7 integrantes y el 11% está compuesto por más de 7 integrantes.

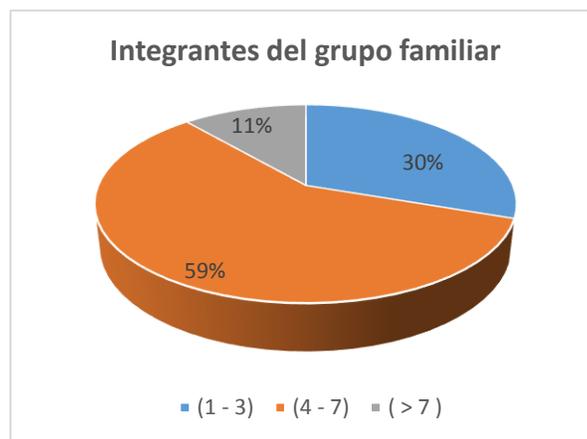


Ilustración 3-9: Integrantes del grupo familiar – sector rural

El 100% de los encuestados tiene al menos 1 cocina a GLP en sus hogares. El número de quemadores de las mismas se presenta a continuación.

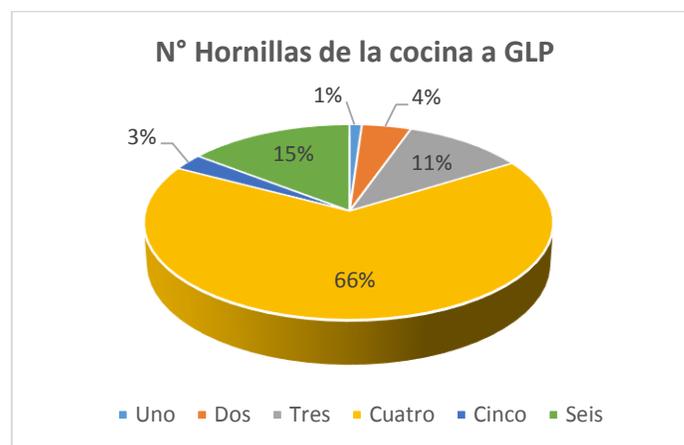


Ilustración 3-10: Número de hornillas de la cocina a GLP – sector rural

El uso de cilindros de GLP de 15kg destinado solamente para cocción de alimentos se divide de la siguiente manera. El 9% de encuestados utiliza 1 cilindro cada dos meses, el 66% utiliza 1 cilindros al mes, el 9% usa 1 cilindro y medio cada mes, el 15% utiliza 2 cilindros al mes y solo el 1% usa más de 2 cilindros al mes.

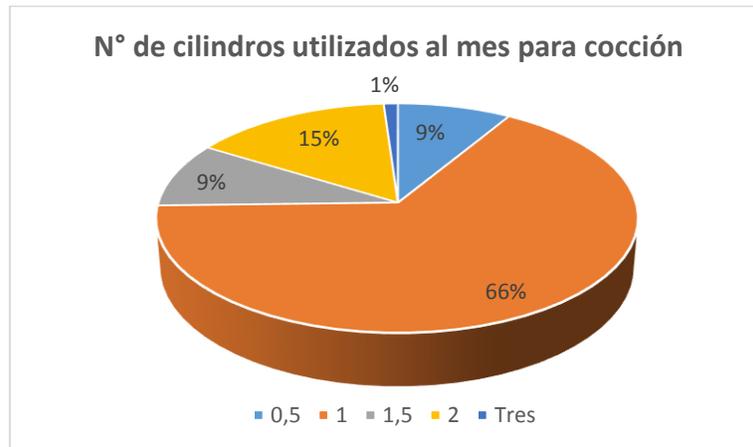


Ilustración 3-11: Número de cilindros utilizados al mes para cocción – sector rural

Respecto al calentamiento de agua solo el 8% de los encuestados utilizan agua caliente, de ellos el 6% usa ducha eléctrica, y el 2% utiliza calefón a GLP, haciendo uso de 1 cilindro de GLP al mes.

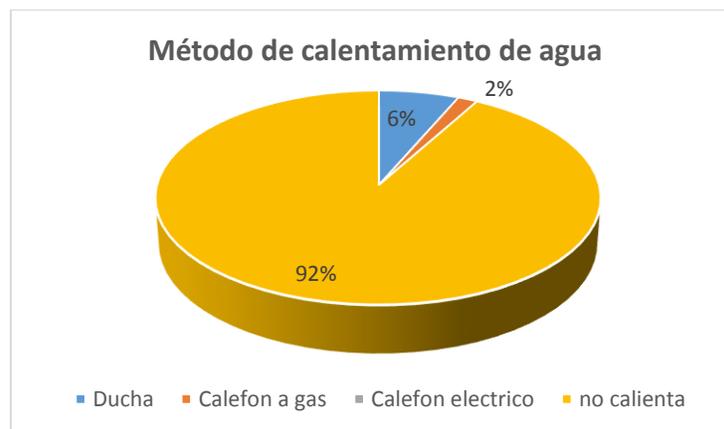


Ilustración 3-12: Método de calentamiento de agua – sector rural

Del número total de encuestados el 60% estaría dispuesto a cambiar la cocina a base de GLP por una cocina de inducción, el 22% no lo haría y el 18% se encuentra indeciso debido a la falta de información sobre la implementación de cocinas de inducción.



Ilustración 3-13: Cambio de cocina GLP por la cocina de inducción – sector rural

3.3.5.3.1. CURVA DE CARGA DIARIA EN EL SECTOR RURAL – USO DE COCINA

La curva que corresponde al uso de la cocina se la obtiene para cada uno de los estratos establecidos, se ha optado por dividir el día en intervalos de 15 minutos, y se ingresan el número total de clientes que dan uso a la cocina en los períodos de tiempo obtenidos en las encuestas. Así la curva representa (Tiempo vs N° de clientes).

Se ingresan los datos de acuerdo a la hora de uso de la cocina, y el tiempo que demora la preparación de alimentos.

Una vez obtenidos los valores de la curva de uso de cocinas a GLP para cada estrato, se procede a multiplicarlos por un factor de corrección cuyo valor es determinado por el número de encuestas realizadas y el total de clientes pertenecientes a dicho estrato.

$$F_{\text{correccion}} = \frac{N^{\circ} \text{ clientes (estrato)}}{N^{\circ} \text{ encuestas (estrato)}}$$

Estrato	N° Total Clientes	N° Total Encuestas	Factor de Corrección
1 - 50	7045	111	63,47
51 - 110	3064	48	63,83
> 110	1616	26	62,15

Tabla 3-12: Factor de corrección por estrato – sector rural

En ilustración 3-14 se presenta la curva de uso de hornillas promedio total por cliente.

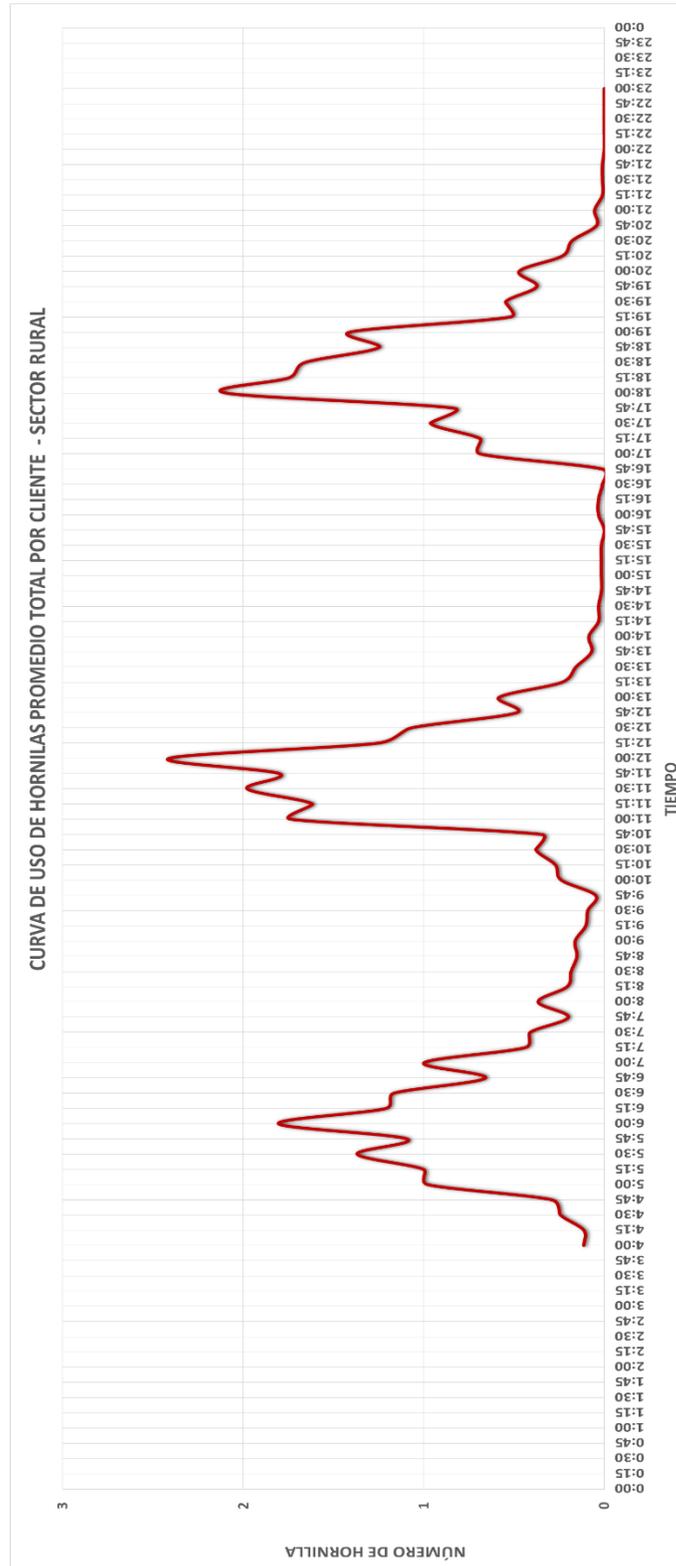


Ilustración 3-14: Curva de uso de hornillas total por cliente – sector rural

La curva de carga diaria del uso de la cocina para el sector rural de la provincia de Morona Santiago, está compuesta por las curvas por cada estrato de consumo (F, G y H).

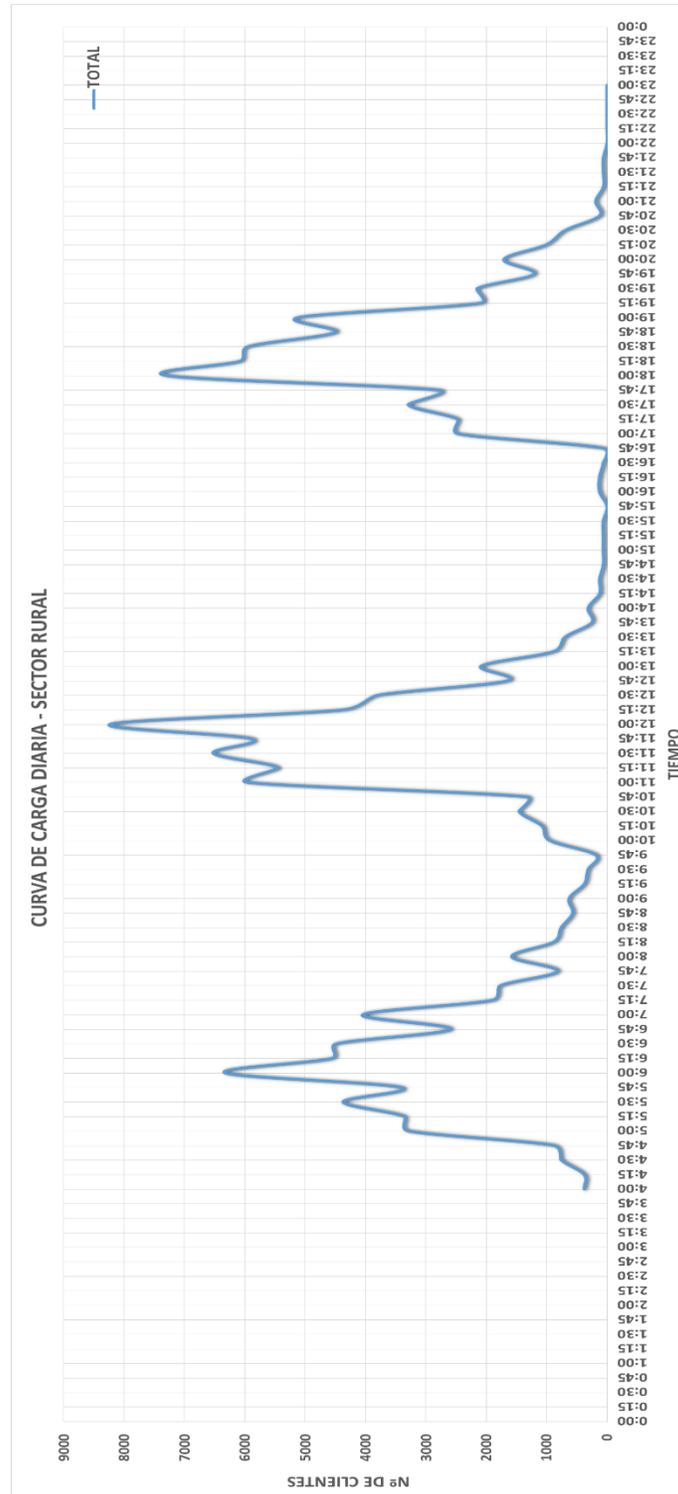


Ilustración 3-15: Curva de carga diaria – sector rural – clientes vs tiempo

En la ilustración 3-16 se presenta el grafico por cada estrato, y la manera en que se complementan para formar los picos en la curva final del uso de la cocina, aunque ésta vez la gráfica depende del número total de hornillas en cada intervalo.

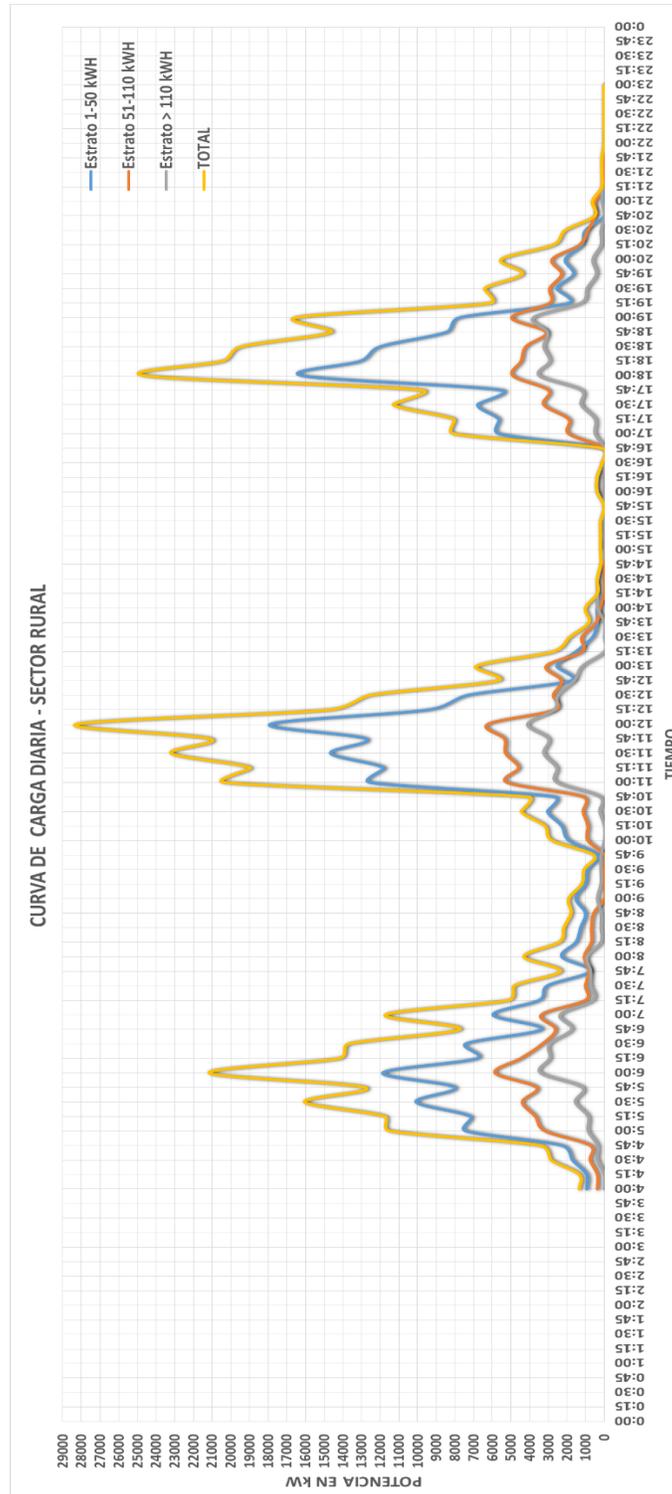


Ilustración 3-16: Curva de carga diaria por estratos – sector rural – potencia vs tiempo

CLIENTES URBANOS

Del total de clientes encuestados en el sector rural, el 60% está compuesto de 4-7 integrantes en el grupo familiar, el 34% está compuesto de 1-3 integrantes y el 6% está compuesto por más de 7 integrantes.

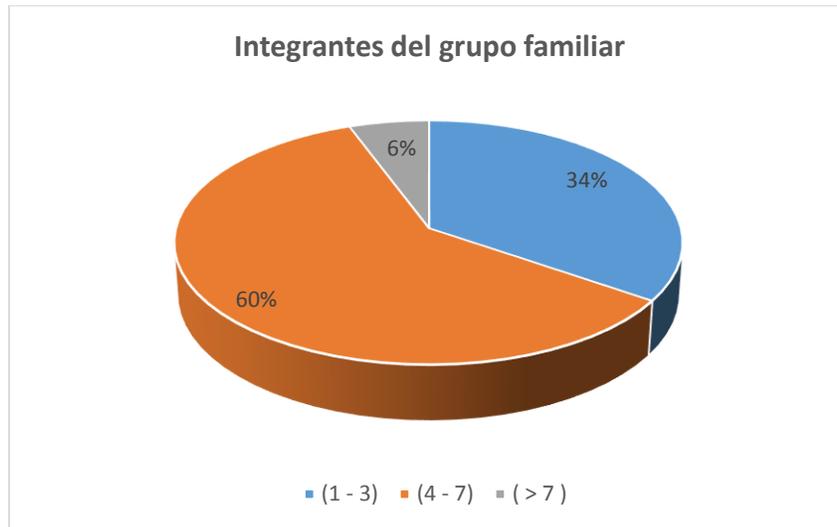


Ilustración 3-17: Integrantes del grupo familiar – sector urbano

El 100% de los encuestados tiene al menos 1 cocina a GLP en sus hogares. El número de quemadores de las mismas se representa a continuación.

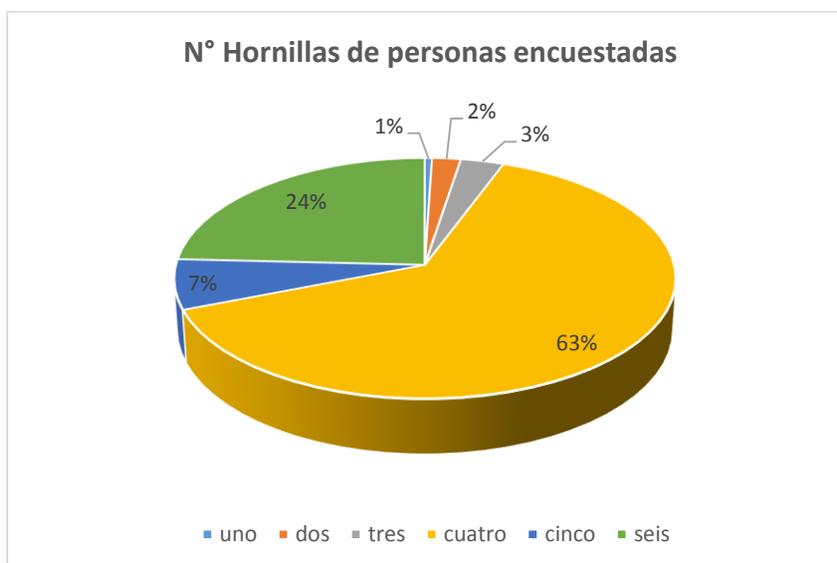


Ilustración 3-18: Número de hornillas de la cocina de GLP – sector urbano

El uso de cilindros de GLP de 15kg destinado solamente para cocción de alimentos se divide de la siguiente manera. El 14% de encuestados utiliza 1 cilindro cada dos meses, el 60% utiliza 1 cilindro al mes, el 7% usa 1 cilindro y medio cada mes, el 19% utiliza 2 cilindros al mes, nadie usa más de 2 cilindros al mes.

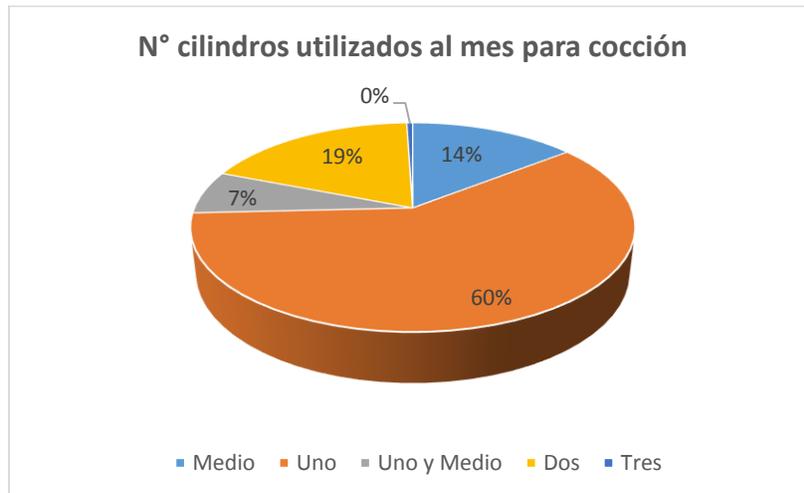


Ilustración 3-19: Número de cilindros utilizados al mes para cocción – sector urbano

Respecto al calentamiento de agua el 41% de los encuestados utilizan agua caliente, de ellos el 33% usa ducha eléctrica, y el 8% utiliza calefón a GLP. Del total de personas que utilizan agua caliente el 80% consume un cilindro al mes, el 13% utiliza 1 cilindro cada 2 meses y el 7% usa un cilindro y medio al mes.

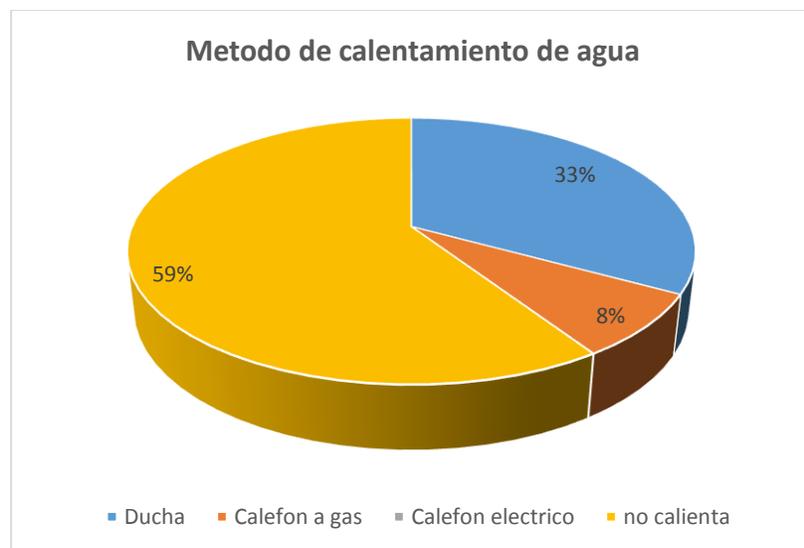


Ilustración 3-20: Método de calentamiento de agua – sector urbano

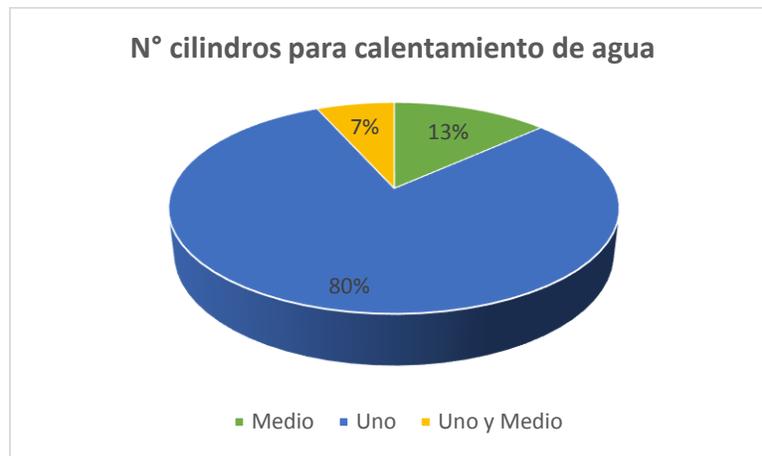


Ilustración 3-21: Número de cilindros utilizados al mes para calentamiento de agua – sector rural

Del número total de encuestados el 48% estaría dispuesto a cambiar la cocina a base de GLP por una cocina de inducción, el 42% no lo haría y el 10% se encuentra indeciso debido a la falta de información sobre la implementación de cocinas de inducción.



Ilustración 3-22: Cambio de cocina de GLP por cocina de inducción – sector urbano

3.3.5.3.2. CURVA DE CARGA DIARIA EN EL SECTOR URBANO – USO DE COCINA

Para obtener la curva correspondiente al uso de la cocina de GLP para el sector urbano se ha seguido los mismos pasos descritos anteriormente para la curva de uso de la cocina en el sector rural. La diferencia radica en los factores de corrección y el número de estratos realizados.

$$F_{\text{correccion}} = \frac{N^{\circ} \text{ clientes (estrato)}}{N^{\circ} \text{ encuestas (estrato)}}$$

En ilustración 3-23 se presenta la curva de uso de hornillas promedio total por cliente.

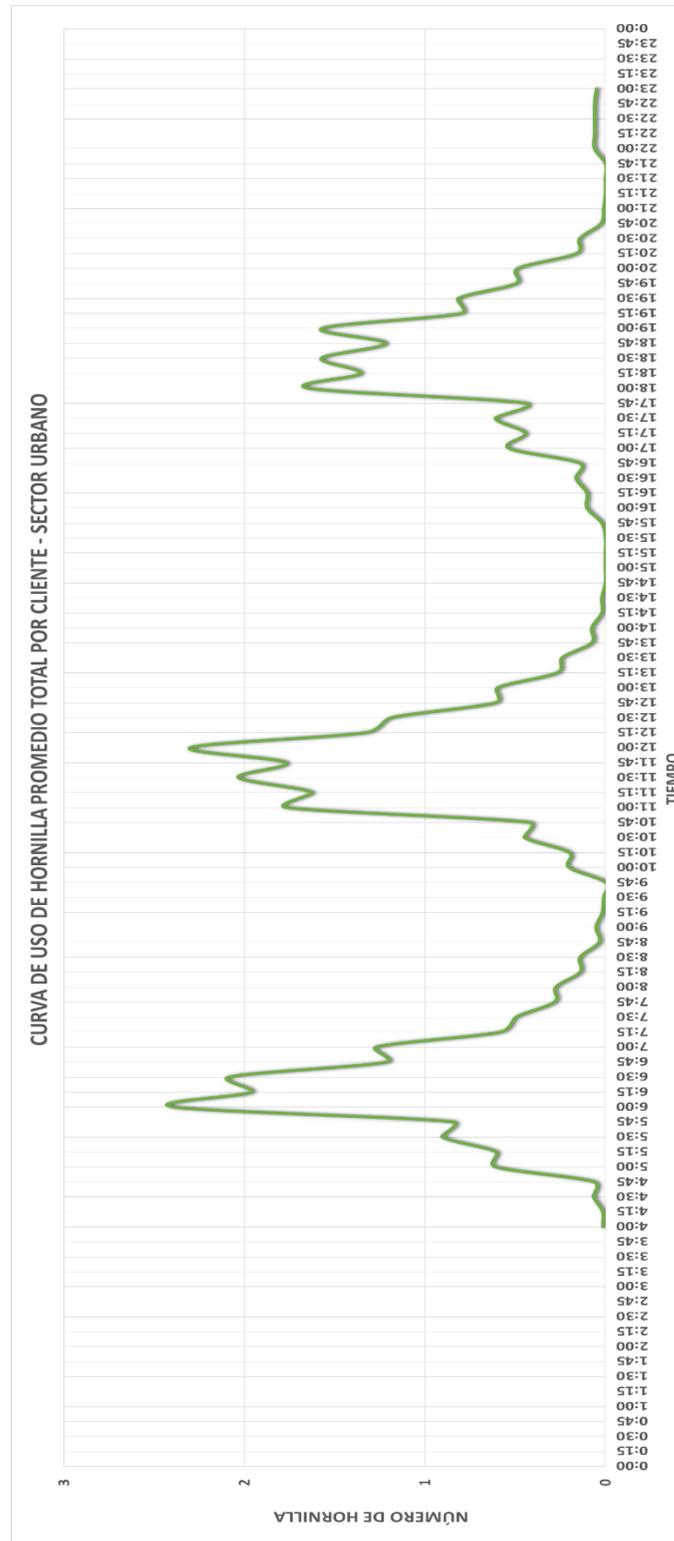


Ilustración 3-23: Curva de uso de hornillas total por cliente – sector rural

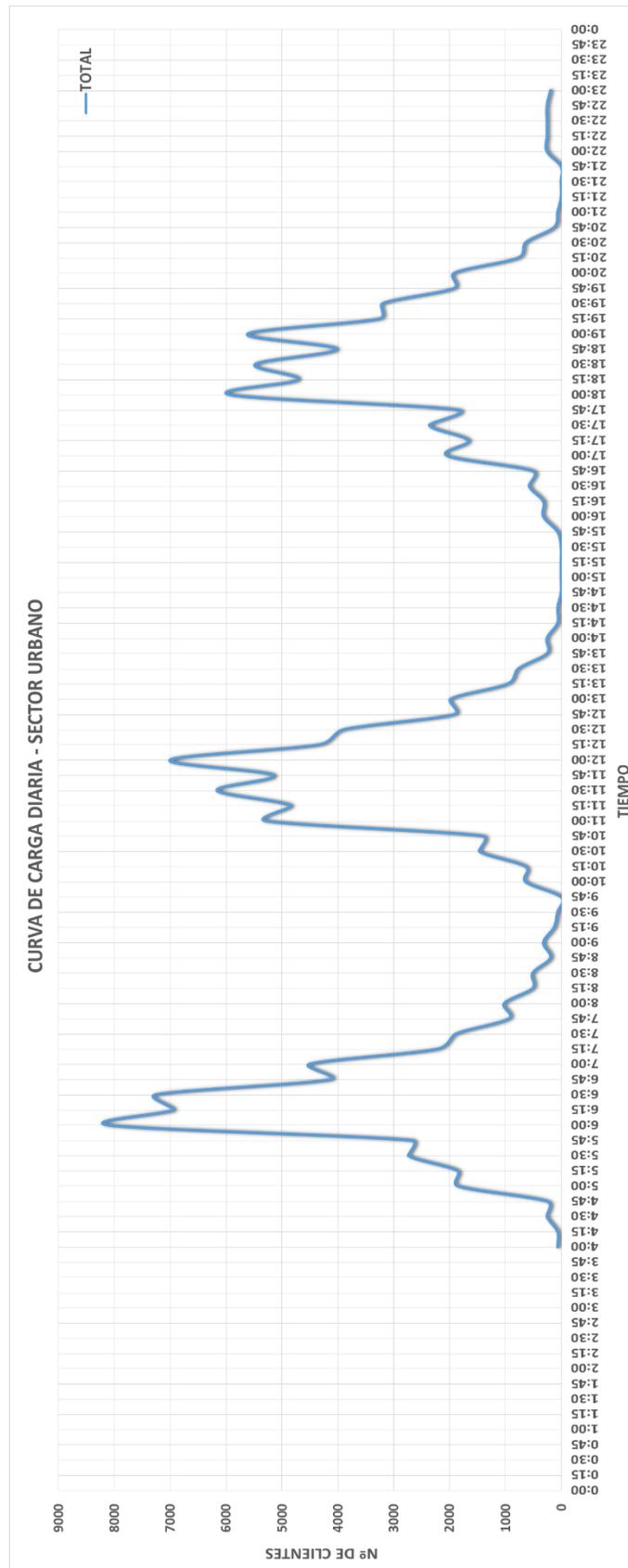


Ilustración 3-24: Curva de carga diaria – sector urbano – clientes vs tiempo

En la ilustración 3-25 se presenta el grafico por cada estrato, y la manera en que se complementan para formar los picos en la curva final del uso de la cocina, aunque ésta vez la gráfica depende del número total de hornillas en cada intervalo.

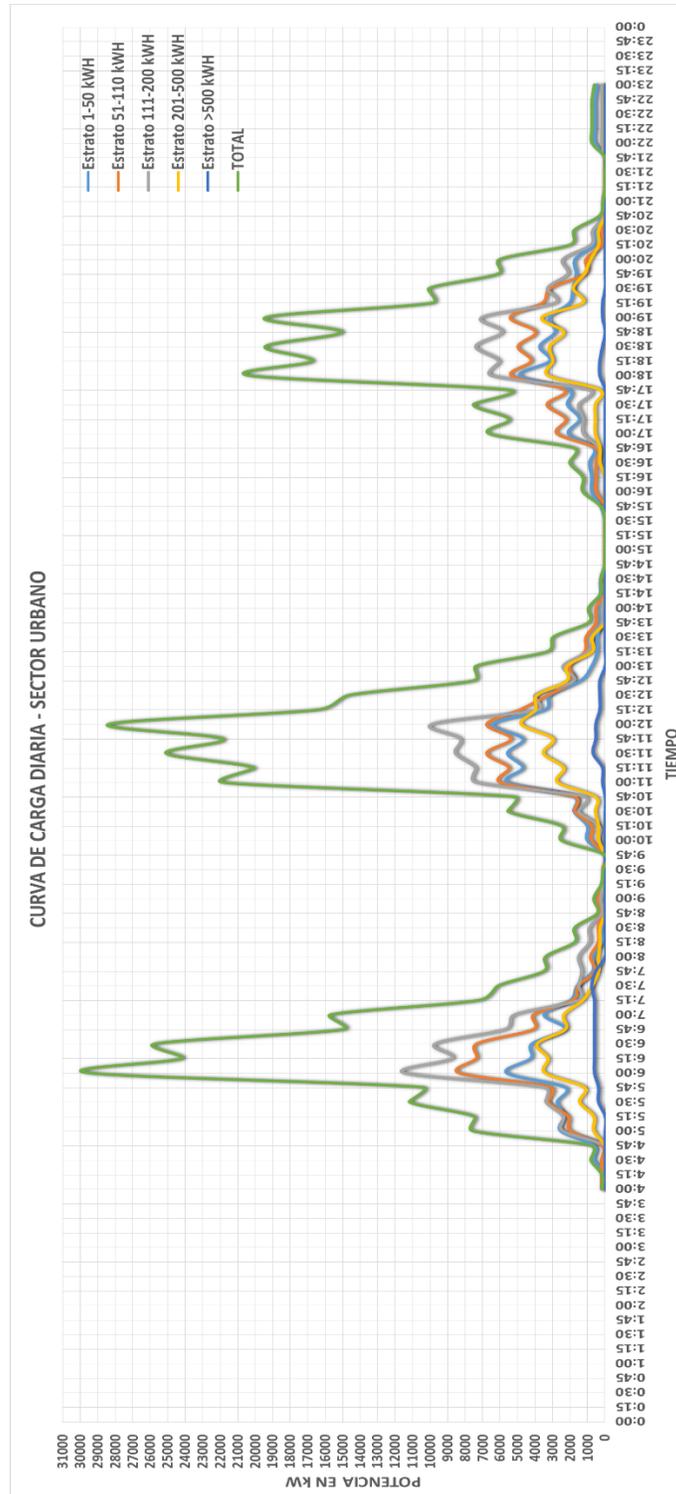


Ilustración 3-25: Curva de carga diaria por estratos – sector urbano – potencia vs tiempo

3.3.5.3.3. CURVA DE CARGA DIARIA – USO DE DUCHA ELÉCTRICA

Para la determinación de la curva de carga diaria del uso de la ducha eléctrica se utilizó una potencia promedio de 4,3kW.

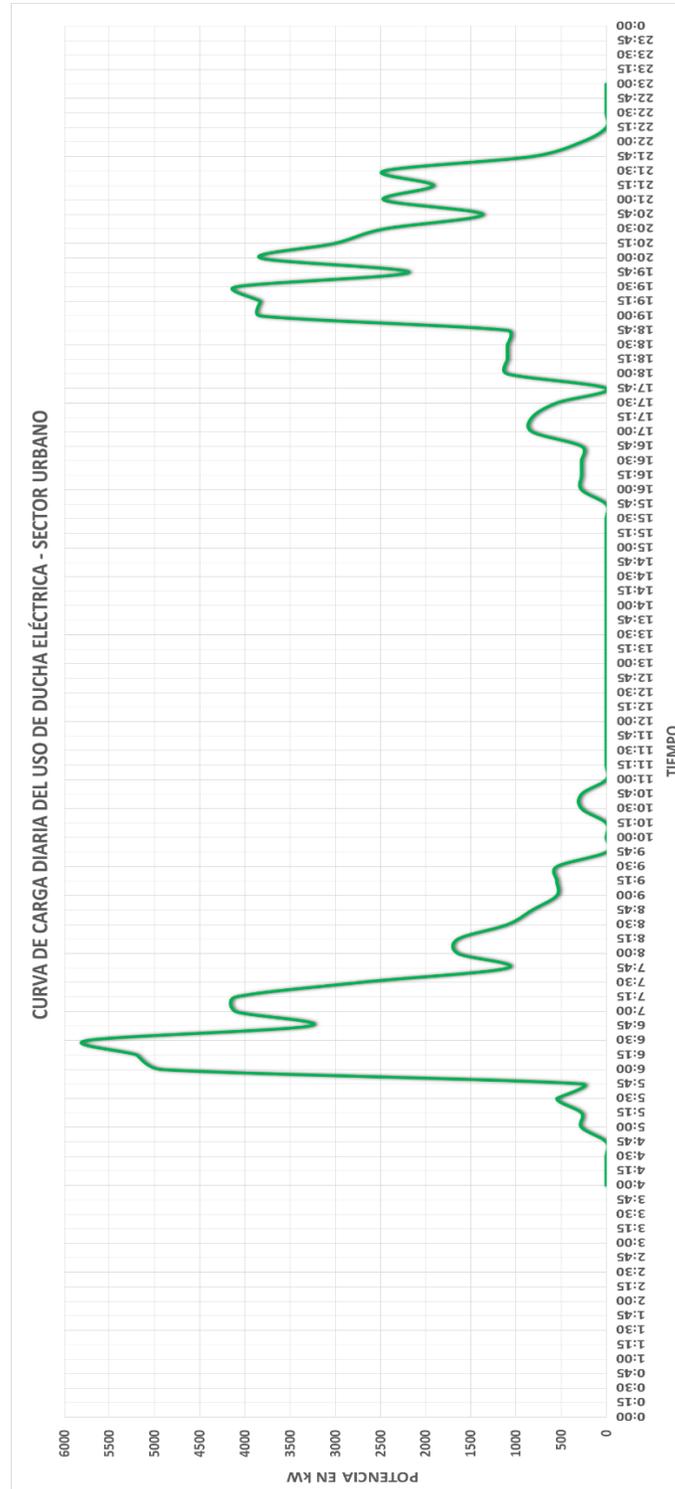


Ilustración 3-26: Curva de carga diaria del uso de la ducha eléctrica – sector urbano

3.3.5.3.4. CURVA DE CARGA DIARIA – USO DE CALEFÓN A GLP

El 8% de los clientes residenciales urbanos utiliza un calefón a GLP para el calentamiento del agua.

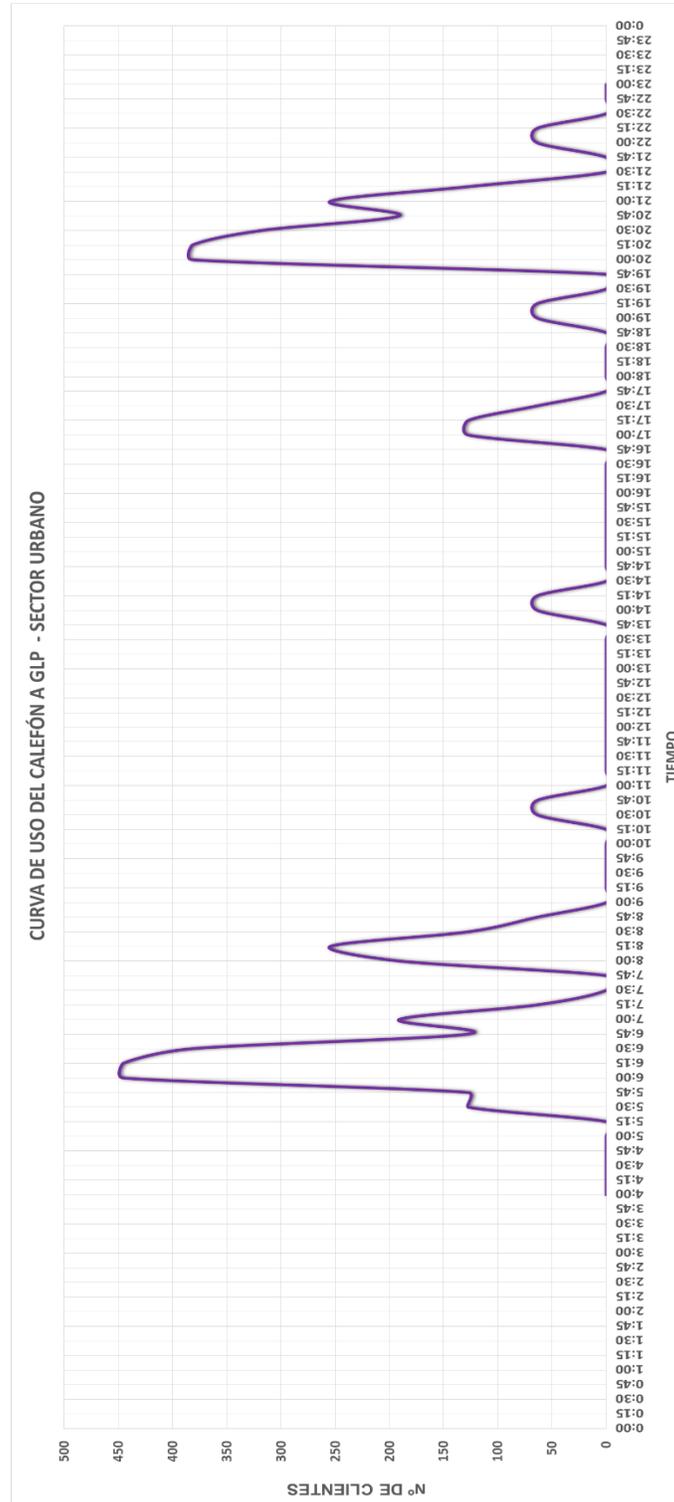


Ilustración 3-27: Curva de uso del calefón a GLP – sector urbano

CAPÍTULO 4

4. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA CURVA DE CARGA – USO DE LA COCINA

Las curvas de carga debido al uso de las cocinas reflejan varias características importantes, las cuales se pueden apreciar a través de ciertos factores, tales como:

- Potencia máxima
- Potencia media
- Factor de carga
- Factor de coincidencia

Para calcular el valor de los factores antes mencionados se ha hecho uso de las formulas presentadas en el capítulo 1. Estos valores se presentan en las tablas 4-1 y 4-2.

SECTOR URBANO – USO DE COCINA				
Estrato	Rango kW-h/mes	P. Máxima (kW)	P. Media (kW)	Factor de Carga
E	1-50	6404,59	1554	0,2426
D	51-110	8373,6	1894,38	0,2263
C	111-200	11489,77	2223,23	0,1934
B	201-500	4798,27	1011,15	0,2107
A	> 500	756	125,67	0,1662

Tabla 4-1: Cálculo de potencia máxima, media y factor de carga – sector urbano

SECTOR RURAL – USO DE COCINA				
Estrato	Rango kW-h/mes	P. Máxima (kW)	P. Media (kW)	Factor de Carga
H	1-50	17898,11	3737,22	0,2088
G	51-110	6255,67	1735,11	0,2774
F	> 110	4102,16	939,57	0,2290

Tabla 4-2: Cálculo de potencia máxima, media y factor de carga – sector rural

Se observa que el valor de potencia máxima es diferente para cada rango de consumo, esto se debe a la potencia asignada del foco de inducción y al número total de personas que se encuentran en cada estrato. Ver tabla 4-3 y 4-4.

SECTOR URBANO				
ESTRATO	CONSUMO (kWh)	Nº CLIENTES	Nº MUESTRAS	POTENCIA DEL FOCO DE INDUCCIÓN (kW)
E	1-50	3234	51	1
D	51-110	4027	63	1
C	111-200	3181	50	1,4
B	201-500	1746	27	1,4
A	> 501	162	3	1,4

Tabla 4-3: Potencia asignada del foco de inducción para cada estrato – sector urbano

SECTOR RURAL				
ESTRATO	CONSUMO (kWh)	Nº CLIENTES	Nº MUESTRAS	POTENCIA DEL FOCO DE INDUCCIÓN (kW)
H	1-50	7045	111	1
G	51-110	3064	48	1
F	> 110	1616	26	1

Tabla 4-4: Potencia asignada del foco de inducción para cada estrato – sector rural

4.2. OBTENCIÓN DE LOS FACTORES DE COINCIDENCIA

El procedimiento para obtener los factores de coincidencia en cada estrato de consumo se describe a continuación.

- 1) Obtención de un mayor número de datos, a partir de los valores de las encuestas realizadas.
- 2) Cálculo del factor de coincidencia para cada combinación de N clientes.
- 3) Ajuste y presentación de una curva para los factores de coincidencia obtenidos en el punto anterior.

4.2.1. OBTENCIÓN DE NUEVOS DATOS

En las tablas 4-3 y 4-4 el número de muestras varía en función de los clientes asociados al mismo, por lo que se tienen tamaños de muestras diferentes en cada estrato de consumo.

Con el número de encuestas obtenidas en cada estrato, no es posible estimar valores del factor de coincidencia para un número elevado de clientes, por esta razón se ha optado incrementar el número de datos sobre el uso de la cocina mediante el método de Monte Carlo, a un valor representativo de clientes servidos por un transformador (100 clientes).

4.2.1.1. MÉTODO MONTE CARLO [38]

El método Monte Carlo es un proceso estocástico numérico es decir una secuencia de estados cuya evolución viene determinada por sucesos aleatorios. *“La simulación de Monte Carlo combina conceptos estadísticos para proporcionar soluciones aproximadas a una gran variedad de problemas, posibilitando la realización de experimentos con muestreo de números pseudoaleatorios en un computador”*.¹² [39]

“Pasos a seguir para la realización del método Montecarlo”.¹³

1. Establecer distribuciones de probabilidad
2. Construir una distribución de probabilidad acumulada para cada variable
3. Establecer intervalos de números aleatorios
4. Generación de números aleatorios uniformes entre (0-1)
5. Realizar varias simulaciones del experimento

4.2.1.2. APLICACIÓN DEL MÉTODO [40]

Como primer paso se construyó una tabla de distribución de probabilidad para cada intervalo de hora (15 min), el modelo de la tabla se presenta a continuación para una hora específica (12h00).

¹² Tomado de: http://fr.slideshare.net/krizx/metodo-montecarlo?next_slideshow=1

¹³ Tomado de: <http://es.scribd.com/doc/30146029/Metodo-de-Monte-Carlo>

SECTOR URBANO - ESTRATO 1-50 kWh - HORA 12h00				
Nº DE FOCO DE INDUCCIÓN	FRECUENCIA ABSOLUTA (CLIENTES)	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA ACUMULADA	INTERVALO
0	21	0,412	0,41176	$X < 0,411$
1	0	0,000	0,41176	-
2	8	0,157	0,56863	$0,411 \leq X < 0,568$
3	6	0,118	0,68627	$0,568 \leq X < 0,686$
4	14	0,275	0,96078	$0,686 \leq X < 0,96$
5	1	0,020	0,98039	$0,96 \leq X < 0,98$
6	1	0,020	1,00000	$0,98 \leq X < 1$
TOTAL CLIENTES	51			

Tabla 4-5: Tabla de distribución de probabilidad estrato 1-50 a las 12 del día – sector urbano

Como segundo paso se construyó un intervalo, el cual está asociado al número de focos de inducción utilizados, este intervalo está elaborado en función de las frecuencias acumuladas y presenta un mayor o menor rango dependiendo de la frecuencia relativa del número de focos de inducción utilizados.

Como tercer paso se generó números aleatorios uniformes entre (0-1). La cantidad de éstos dependen del tamaño de la muestra a generar para cada estrato.

Finalmente se generó automáticamente el número de focos de inducción en cada intervalo de tiempo, este valor generado depende directamente de la ubicación del número aleatorio dentro del intervalo elaborado en el paso 2.

4.2.2. CÁLCULO DEL FACTOR DE COINCIDENCIA

El factor de coincidencia ha sido calculado aplicando la siguiente fórmula

$$F_{co(n)} = \frac{\text{Demanda máxima del conjunto}}{\sum \text{Demandas máximas individuales}} \quad n = \text{clientes agrupados}$$

El inconveniente al aplicar este procedimiento es que el factor de coincidencia depende del orden en el cual sean tabuladas las encuestas, lo cual produce cierta variación ascendente y descendente en los valores del F_{co} . Este comportamiento se puede apreciar analizando el estrato E (1-50 kWh) del sector urbano.

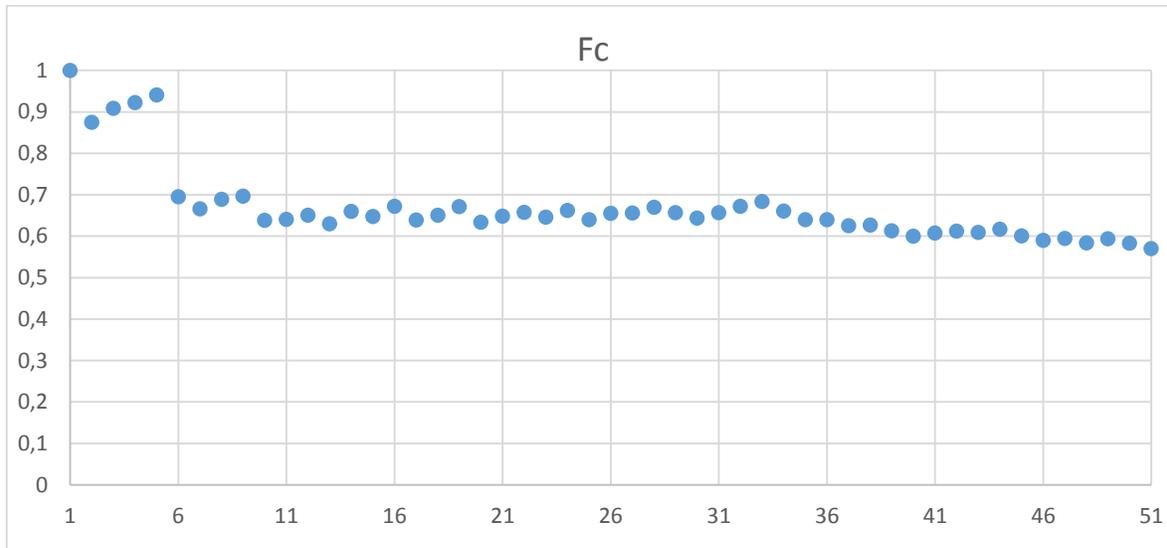


Ilustración 4-1: Factores de coincidencia – MSU estrato 1-50 kWh

Razón por la cual se optó en determinar el promedio de varios factores de coincidencia para un mismo número de clientes.

En la ilustración 4-2 se puede apreciar una menor variación en la curva de los factores de coincidencia para el estrato analizado anteriormente.

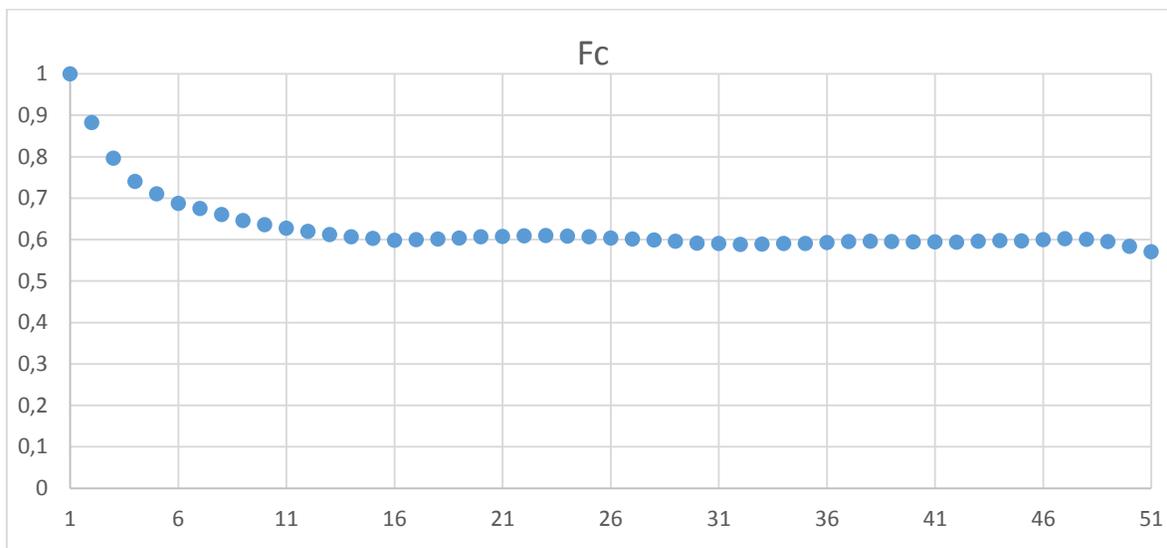


Ilustración 4-2: Promedio de factores de coincidencia – MSU estrato 1-50 kWh

Dado que los datos generados están en función de números aleatorios se realizó 5 simulaciones por cada estrato para luego obtener los valores promedios de cada uno. Como se muestra en la ilustración 4-3.

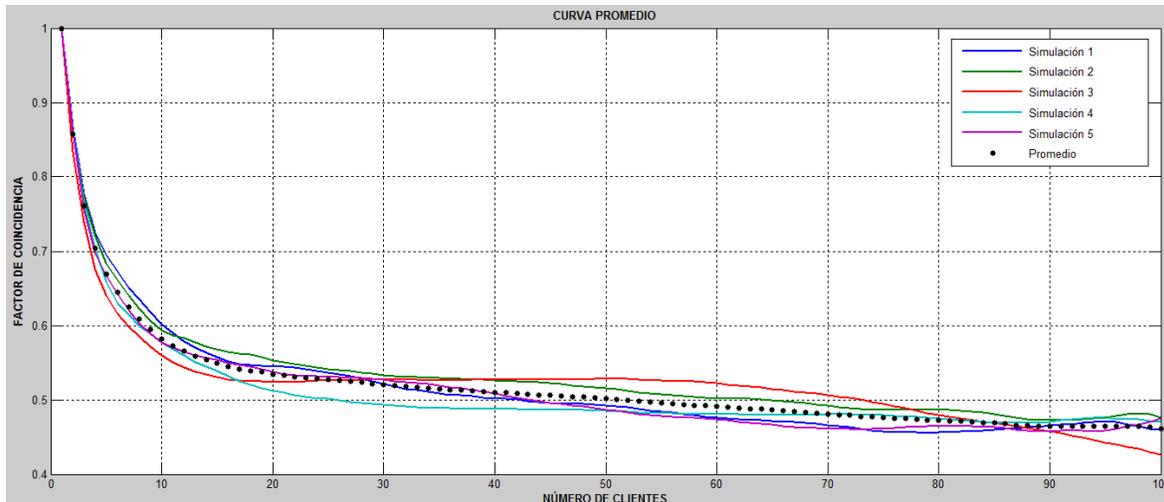


Ilustración 4-3: Simulaciones y Curva promedio– MSU estrato 1-50 kWh

Debido al elevado número de operaciones que requiere este procedimiento se decidió la elaboración de un algoritmo en la herramienta computacional Matlab, el cual se describe en el Anexo A4.1. Las simulaciones y curva promedio para cada estrato se encuentran detallado en el Anexo A4.2. [41]

4.2.3. AJUSTE Y PRESENTACIÓN DE LA CURVA DEL FACTOR DE COINCIDENCIA [42]

Los valores de los F_{co} obtenidos para los estratos de la zona urbana y rural han sido ajustados mediante varios tipos de curvas, para luego hacer uso de la que presente un mejor ajuste, las curvas consideradas son:

- Polinomio de tercer grado ($ax^3 + bx^2 + cx + d$)
- Exponencial de primer orden (ae^{bx})
- Potencial (ax^b)
- Potencia de segundo orden ($ax^b + c$)

Los parámetros a, b, c y d han sido determinados utilizando la herramienta “cftool” (Curve fitting tools) de la herramienta computacional Matlab. En donde la variable x representa el número de clientes. [43] [44]

En la tabla 4-6 se presentan los parámetros obtenidos para cada tipo de curva así como los parámetros estadísticos R (correlación) y SSE (suma de los errores cuadráticos) para el estrato E (1-50 kWh) del sector urbano.

ESTRATO 1-50	$ax^3 + bx^2 + cx + d$	ae^{bx}	ax^b	$ax^b + c$
a	$-1,455 \times 10^{-6}$	0,6274	0,8667	0,5932
b	0,0003	-0,0039	-0,1437	-0,5288
c	-0,0152	-	-	0,4179
d	0,7668	-	-	-
R	0,7878	0,5226	0,9131	0,9918
SSE	0,1297	0,2919	0,0531	0,0050

Tabla 4-6: Valores de los parámetros de las curvas ajustadas – MSU estrato 1-50

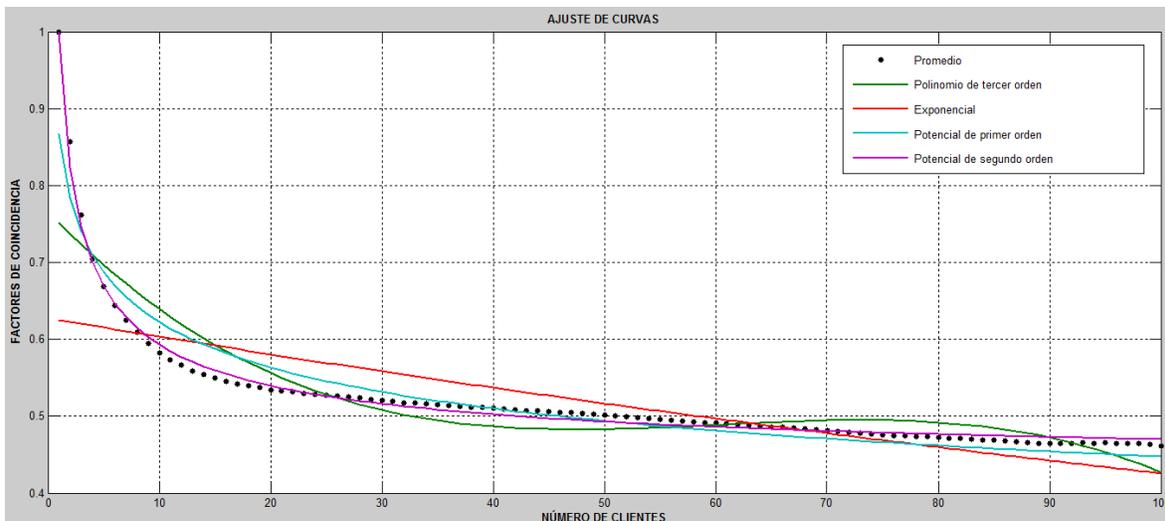


Ilustración 4-4: Ajuste de curvas – MSU estrato 1-50 kWh

Como se puede observar en los valores de R y SSE, la curva que presenta un mejor ajuste es la potencial de segundo orden.

Para los siguientes estratos del sector urbano, así como para el sector rural el procedimiento para el ajuste de curvas fue el mismo. Ver Anexo A4.2.

Las curvas del factor de coincidencia hasta 5000 clientes se presentan a continuación.

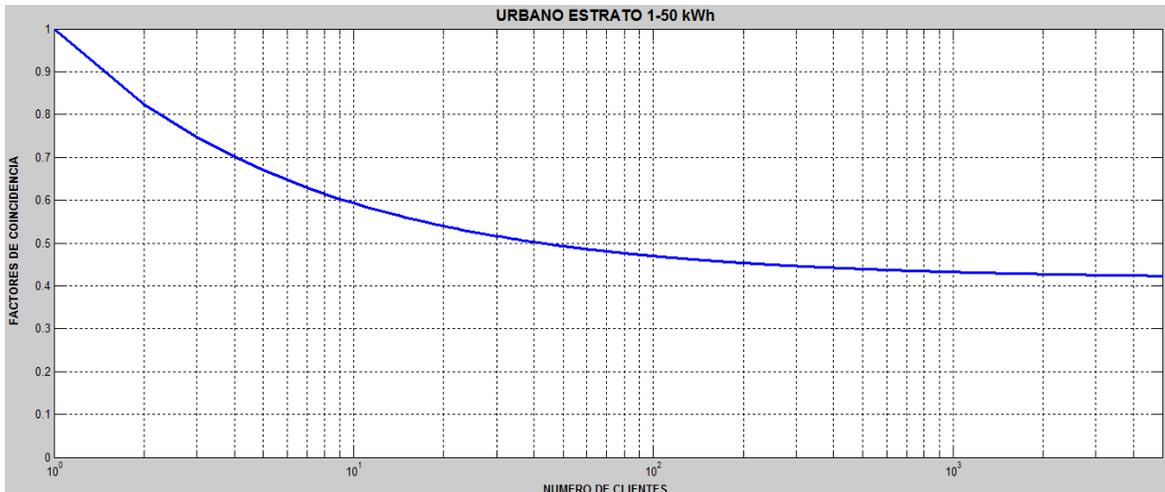


Ilustración 4-5: Factores de coincidencia – MSU estrato 1-50 kWh

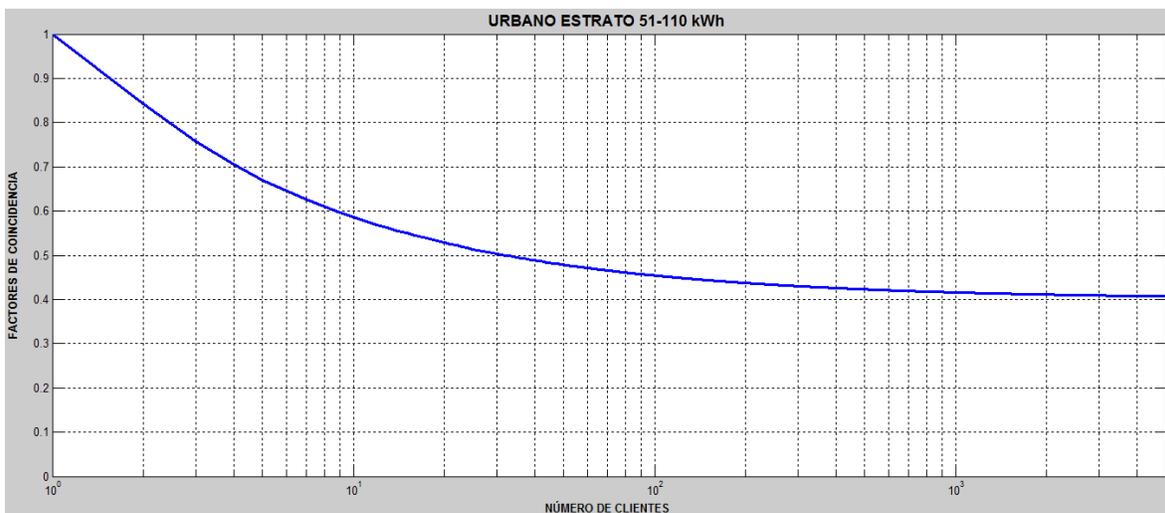


Ilustración 4-6: Factores de coincidencia – MSU estrato 51-110 kWh

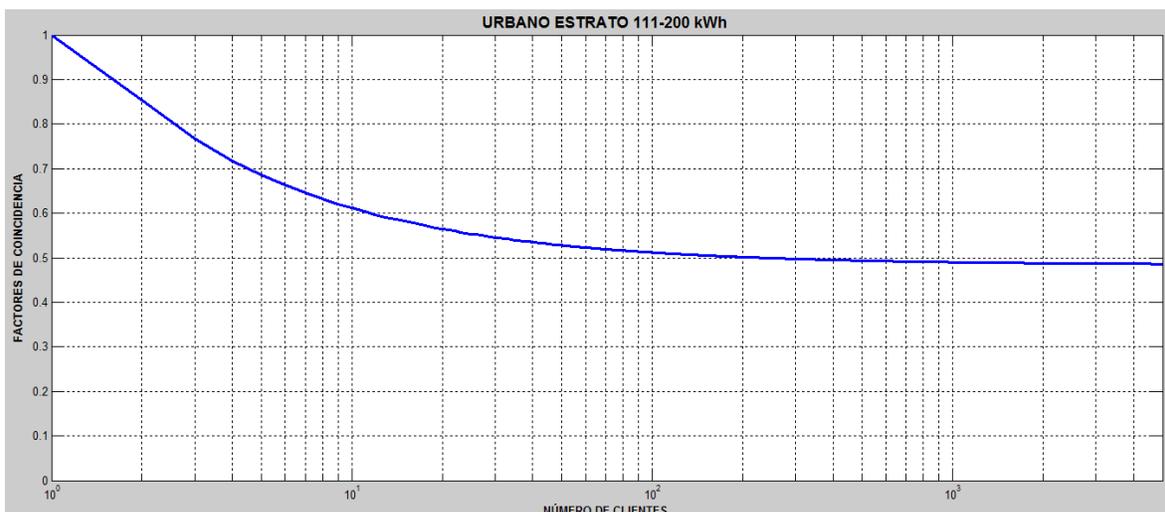


Ilustración 4-7: Factores de coincidencia – MSU estrato 111-200 kWh

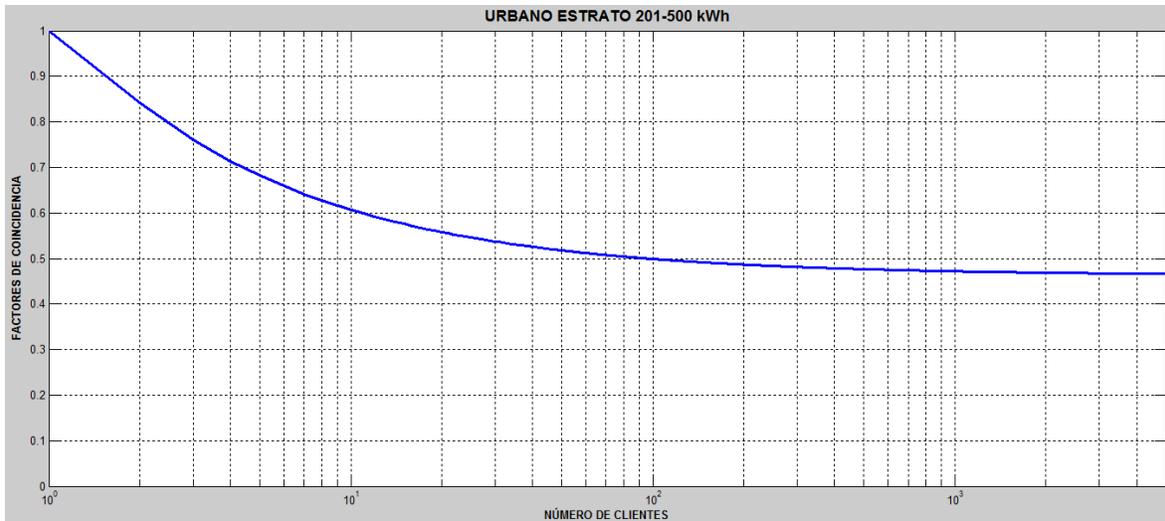


Ilustración 4-8: Factores de coincidencia – MSU estrato 201-500 kWh

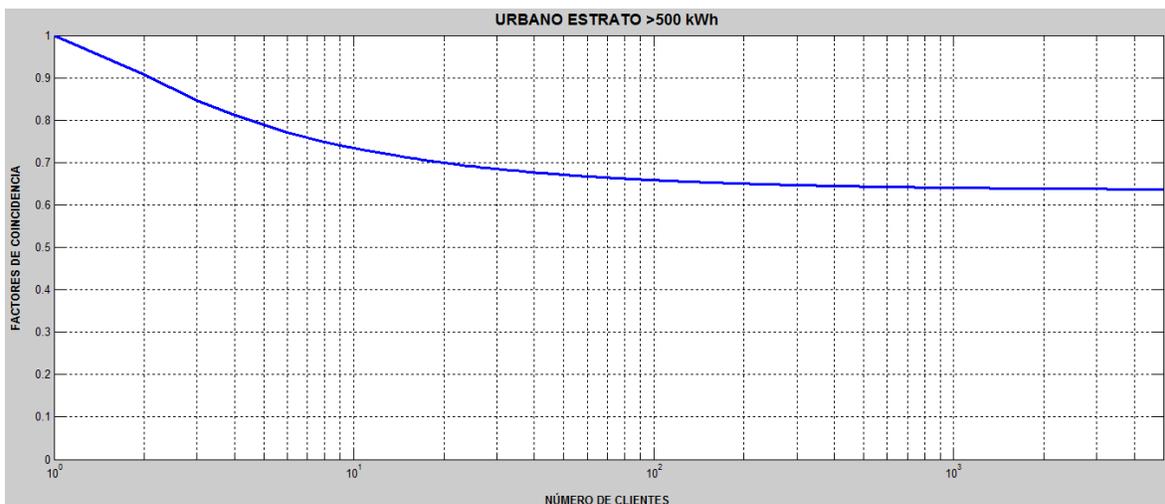


Ilustración 4-9: Factores de coincidencia – MSU estrato >500 kWh

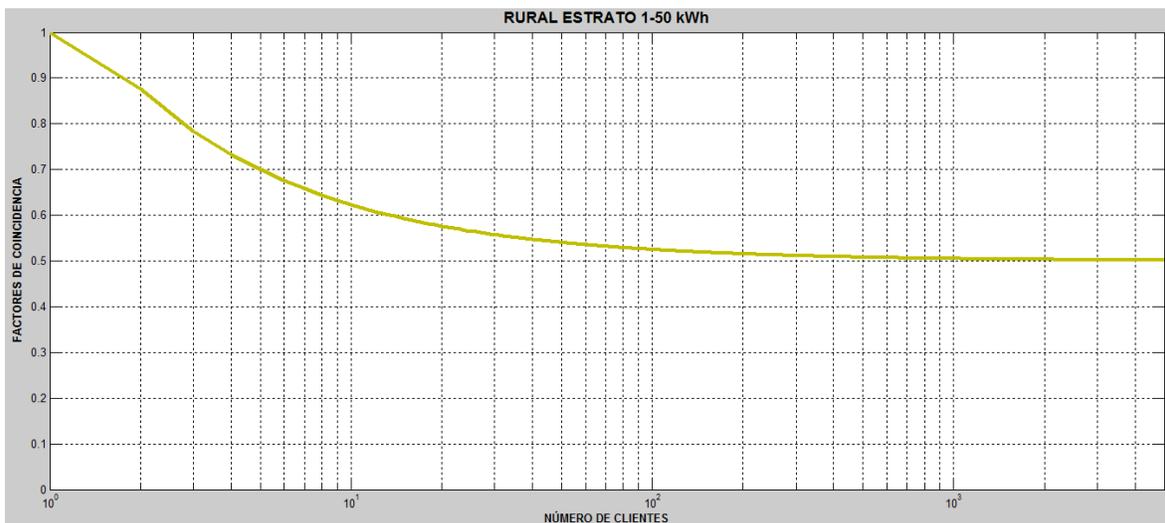


Ilustración 4-10: Factores de coincidencia – MSR estrato 1-50 kWh

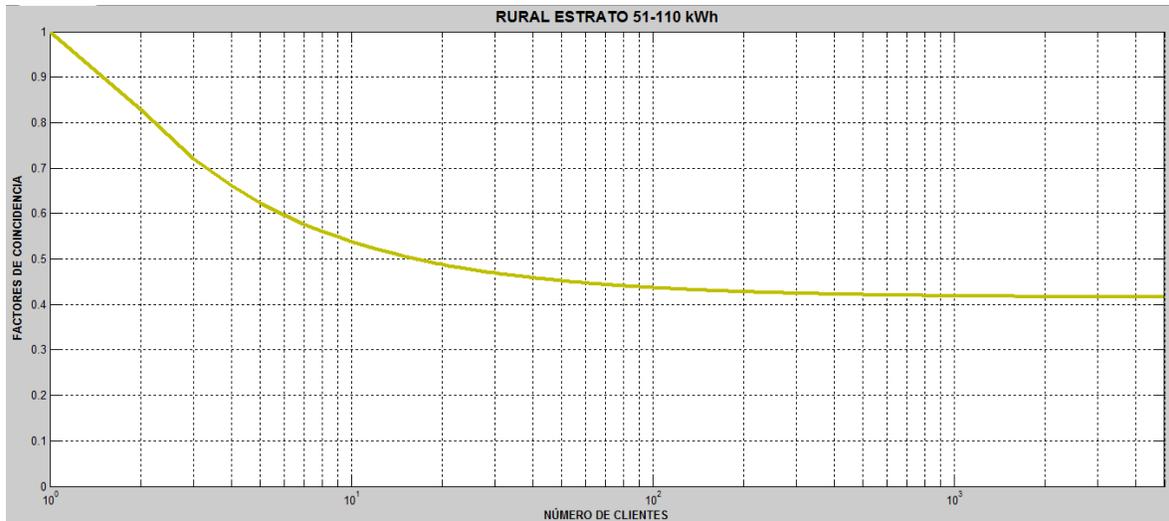


Ilustración 4-11: Factores de coincidencia – MSR estrato 51-110 kWh

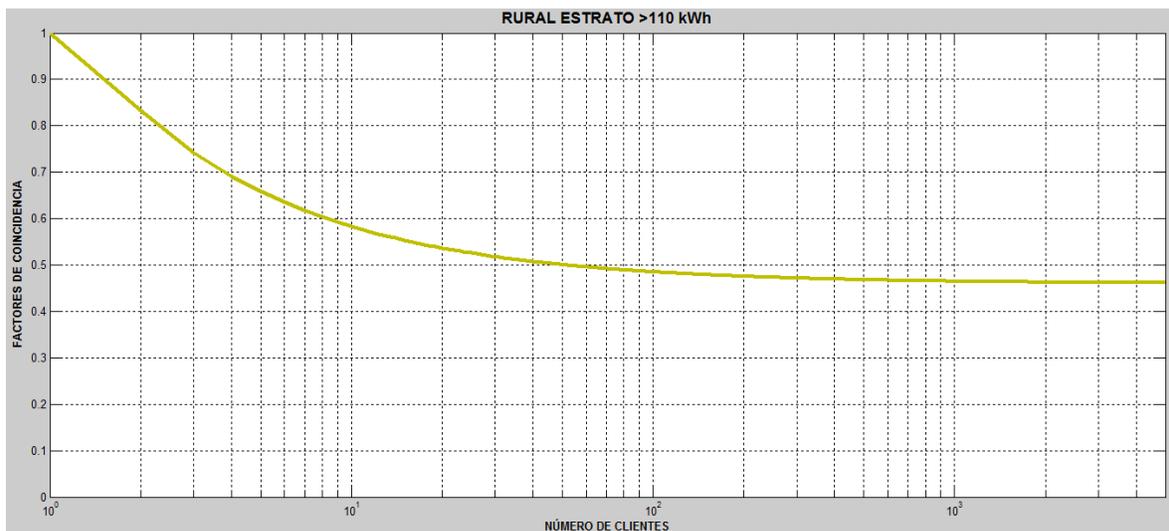


Ilustración 4-12: Factores de coincidencia – MSR estrato >110 kWh

4.2.4. VALIDACIÓN DE RESULTADOS

En el Anexo A3.1 se presentó el modelo de encuesta que se realizó en la provincia de Morona Santiago con el objetivo de obtener información en cuanto al horario y el modo de uso de la cocina. Sin embargo los resultados obtenidos pronosticaban una sobreestimación de la energía debido a la falta de detalle en cuanto a la utilización del número de hornillas usadas de la cocina de GLP en cada intervalo de tiempo.

Por ello se decidió realizar un porcentaje extra de encuestas, las cuales proporcionarían datos más detallados en cuanto al número de hornillas usadas de la cocina de GLP y el tiempo utilizado por las mismas durante la cocción.

Las encuestas fueron realizadas en la ciudad de Cuenca, lugar en donde las costumbres y actividades de los habitantes son similares a la zona de estudio.

Para el cálculo de los factores de coincidencia de las nuevas encuestas se aplicó la misma metodología mencionada en el punto 4.2.

Con los resultados obtenidos a partir de la nueva información, se realizó una comparación entre las curvas de las encuestas iniciales (Morona Santiago), encuestas generadas por Monte Carlo y encuestas finales (Cuenca)

Los resultados se presentan en la ilustración 4-13.

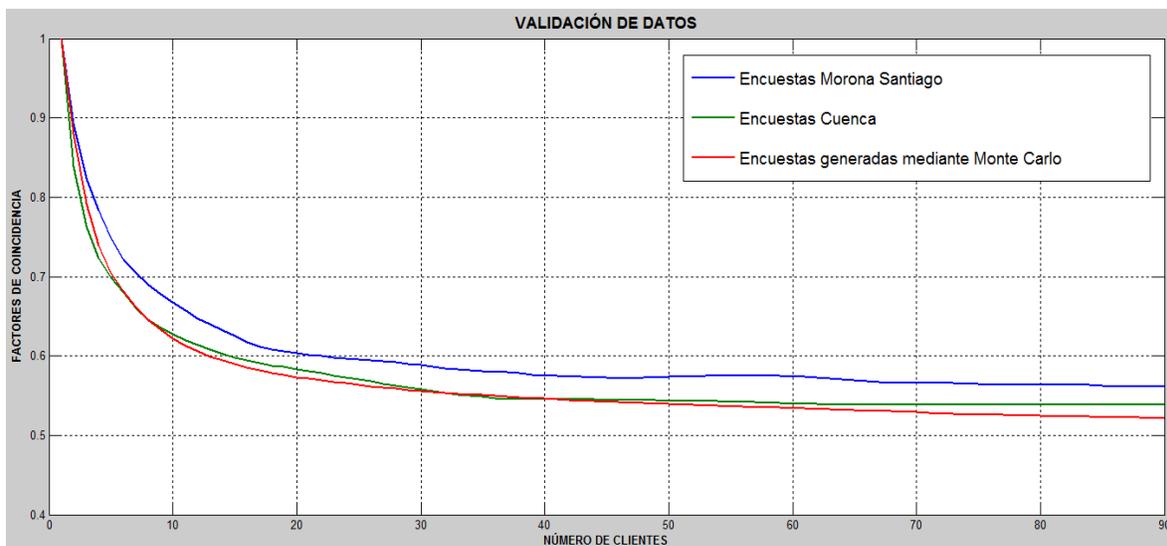


Ilustración 4-13: Validación de datos – MSU

Las curvas de los F_{co} , no presentan un cambio significativo en cuanto a la curva obtenida con las encuestas realizadas en la provincia de Morona Santiago y las encuestas realizadas en la ciudad de Cuenca, pero se observa que existe una mejor aproximación de la curva obtenida con los valores generados por el método de Monte Carlo, razón por la cual los análisis de las curvas de cada estrato fueron representados por estos valores.

4.3. CURVA DE LA DEMANDA DIVERSIFICADA

Para determinar la curva de la demanda diversificada de cada estrato en las zonas urbana y rural de la provincia de Morona Santiago se realizó el producto de los factores de coincidencia y la potencia de la cocina.

Conjuntamente con la Dirección de Planificación de la CENTROSUR se estableció utilizar una cocina de 4 focos de inducción de 1kW c/u para los estratos E, D, F, G, H; para el C una cocina de 5 focos de inducción de 1,4kW c/u; mientras que para el B una cocina de 6 focos de inducción de 1,4kW c/u; finalmente para los clientes del estrato A, en el cual el consumo eléctrico excede los 500kWh se asume que ya cuentan con una cocina cuyo funcionamiento es a base de electricidad, razón por la cual no es considerado en los cálculos posteriores.

El valor de potencia de la cocina se presenta en la tabla 4-7.

SECTOR	ESTRATO	CONSUMO kWh	POTENCIA COCINA (kW)	POTENCIA COCINA (kVA) <i>fp = 0.90</i>
Urbano	E	1-50	4	4,44
	D	51-110	4	4,44
	C	111-200	5,6	6,22
	B	201-500	7	7,78
	A	+500	-	-
Rural	H	1-50	4	4,44
	G	51-110	4	4,44
	F	110+	4	4,44

Tabla 4-7: Potencias de la cocina de inducción utilizada para cada estrato

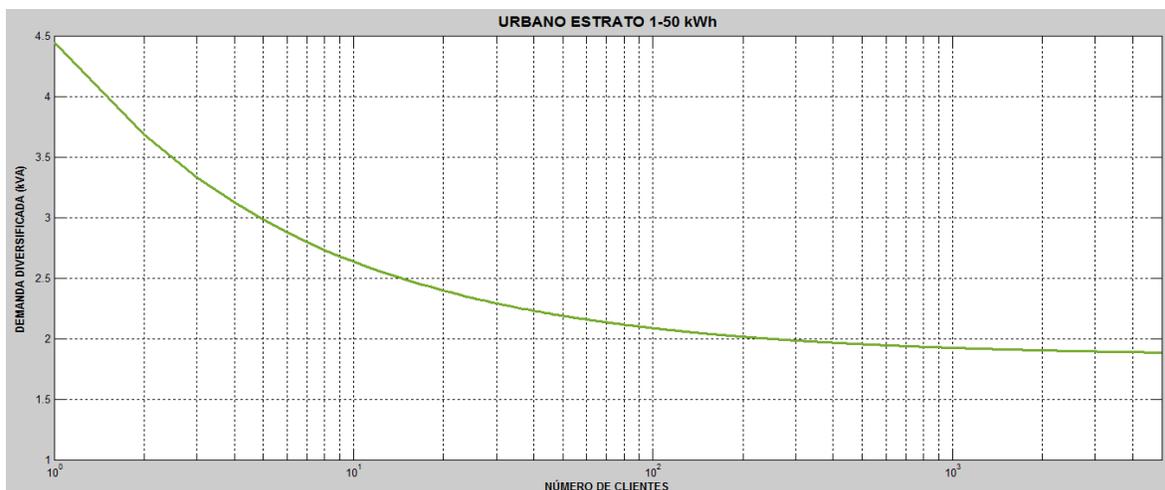


Ilustración 4-14: Demanda diversificada – MSU estrato 1-50 kWh

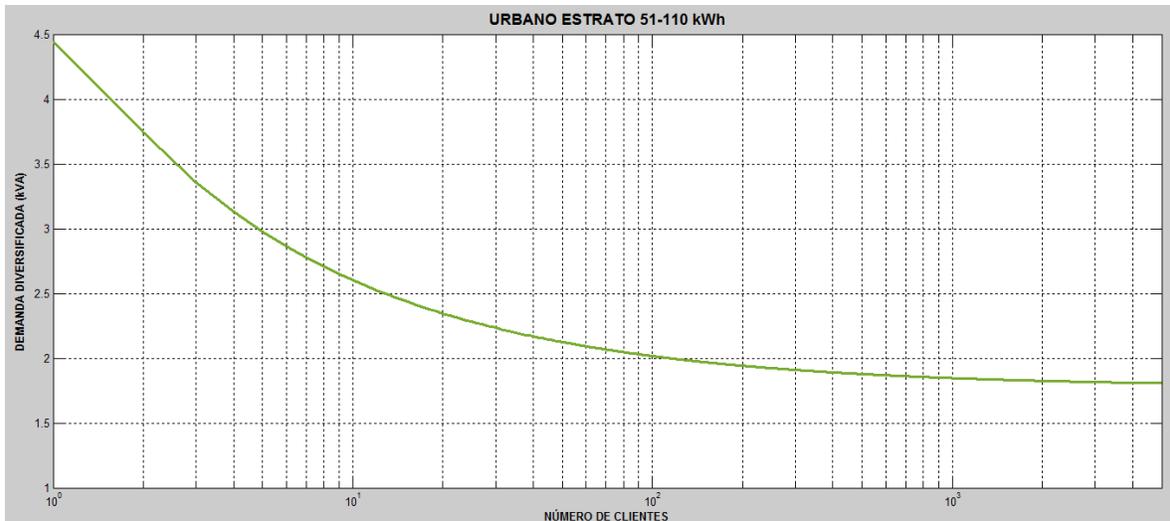


Ilustración 4-15: Demanda diversificada – MSU estrato 51-110 kWh

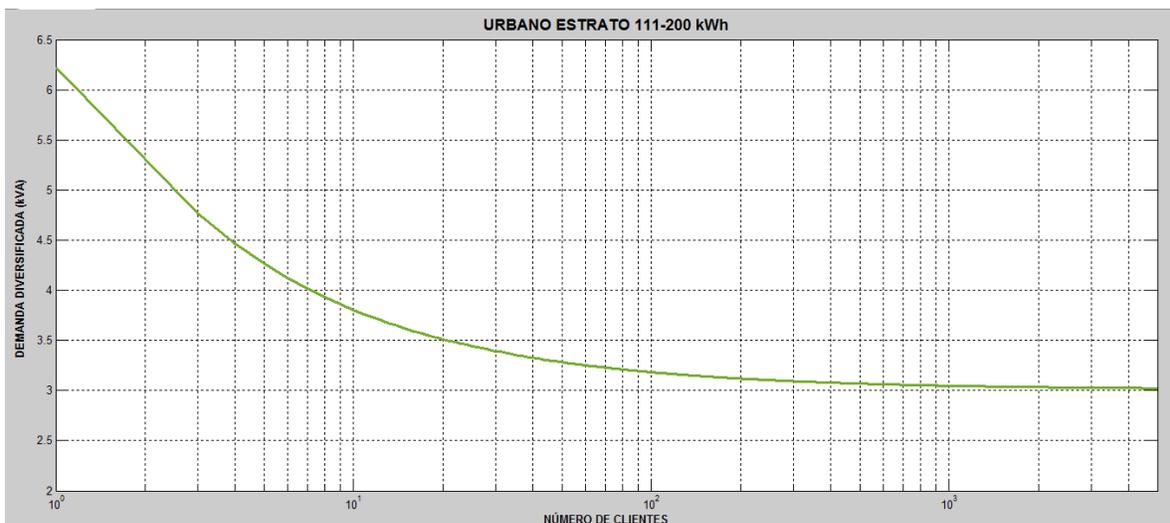


Ilustración 4-16: Demanda diversificada – MSU estrato 111-200 kWh

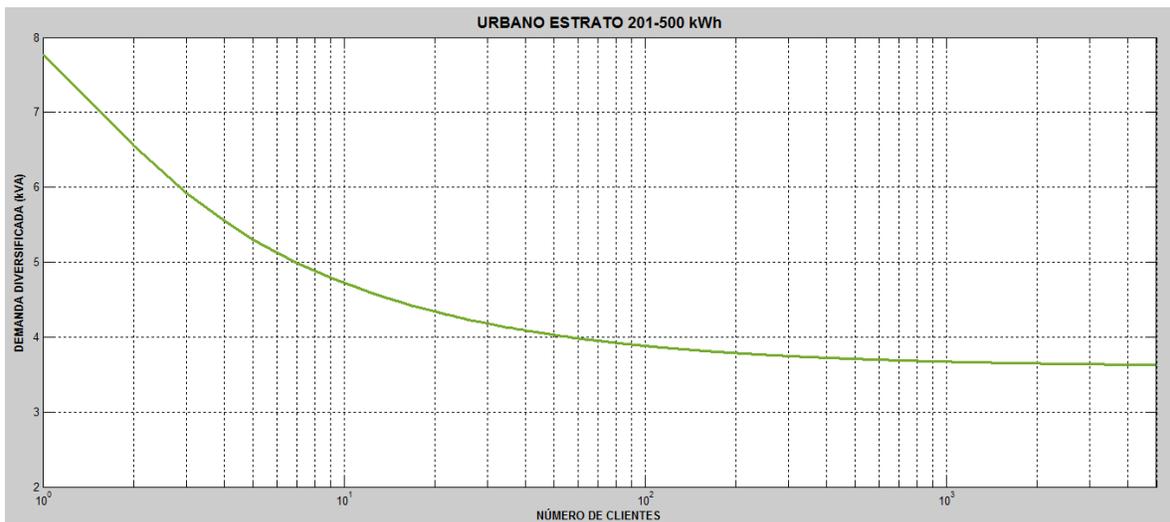


Ilustración 4-17: Demanda diversificada – MSU estrato 201-500 kWh

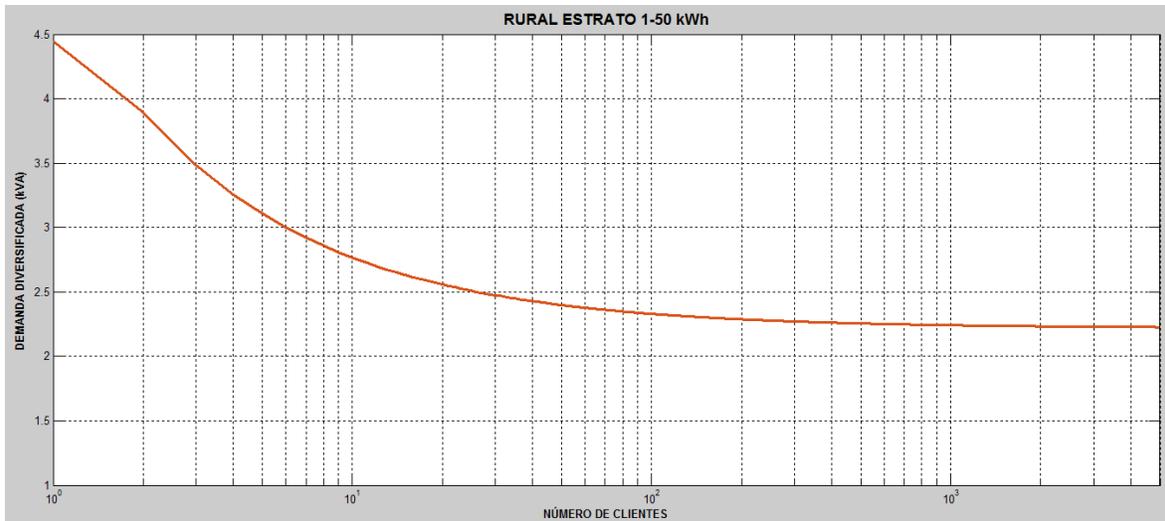


Ilustración 4-18: Demanda diversificada – MSR estrato 1-50 kWh

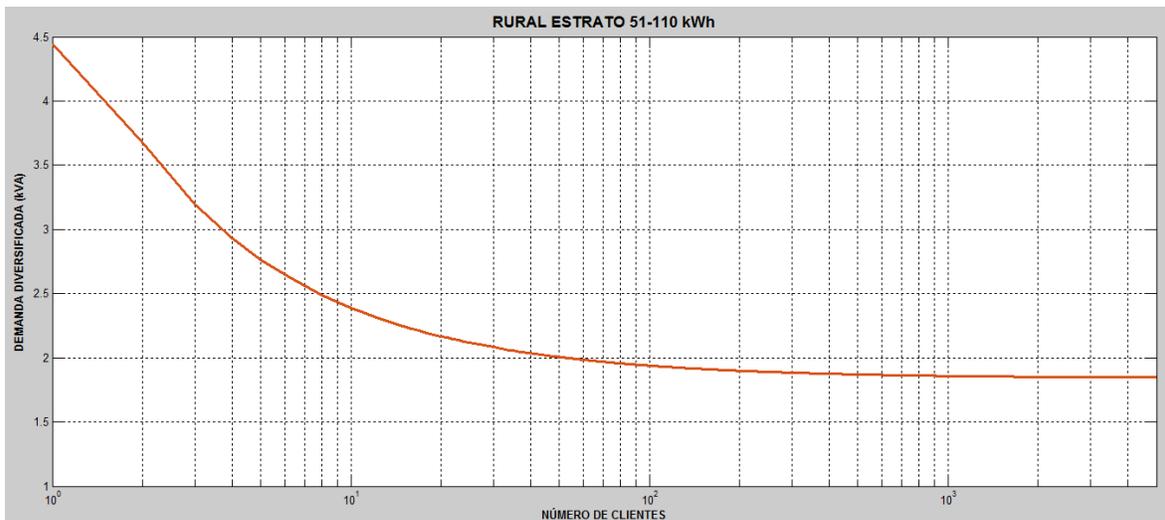


Ilustración 4-19: Demanda diversificada – MSR estrato 51-110 kWh

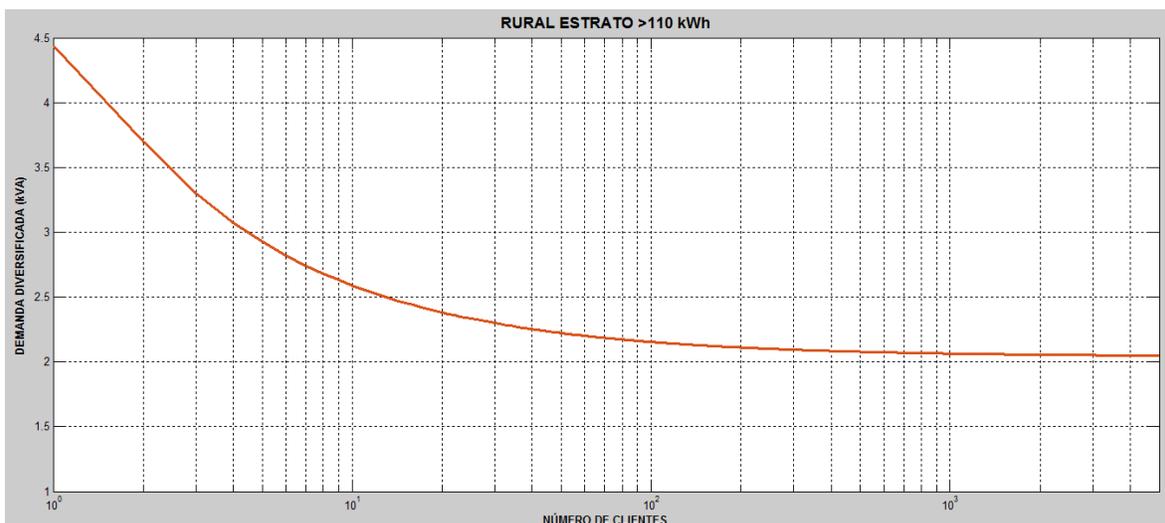


Ilustración 4-20: Demanda diversificada – MSR estrato >110 kWh

El valor de la DMU por estrato de consumo se presenta en la tabla 4-8.

SECTOR	ESTRATO	DMU
Urbano	E	4,44
	D	4,44
	C	6,22
	B	7,78
	A	-
Rural	H	4,44
	G	4,44
	F	4,44

Tabla 4-8: Valores de la DMU por estrato

4.4. DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA MÁXIMA UNITARIA PROYECTADA

Para el cálculo de la DMU_p es necesario conocer una tasa de crecimiento anual de la demanda denominada t_i , y con ella estimar el valor de demanda proyectada para un número específico de años. Para el caso de las cocinas de inducción no se considera necesario este valor, ya que el t_i se determina a partir del consumo de un conjunto de cargas por lo cual se tiene el mismo valor de demanda para los años posteriores.

$$DMU_{P(cocina)} = DMU_{(cocina)}$$

4.5. CÁLCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA PROYECTADA PARA N CLIENTES

Para determinar la DMP en cuanto al uso de la cocina de inducción para N clientes aplicamos la metodología usada por la EERCS.

$$DMP = DMU_p \times N \times F_{coin} \quad [kVA]$$

Donde:

DMU_p = Demanda máxima unitaria proyectada (kVA)

N = Número de clientes

F_{coin} = Factor de coincidencia

DMP = Demanda máxima proyectada

En la tabla 4-9 se presentan los valores de DMU_p y F_{coin} para cada estrato de consumo.

SECTOR	ESTRATO	DMU_p kVA_{10}	$F_{coin} \quad N \geq 2$
Urbano	E	4,44	$0,5932 \times N^{-0,5288} + 0,4179$
	D	4,44	$0,6428 \times N^{-0,5389} + 0,4004$
	C	6,22	$0,585 \times N^{-0,6614} + 0,4839$
	B	7,78	$0,5763 \times N^{-0,6012} + 0,4629$
	A	-	$0,4198 \times N^{-0,6248} + 0,6348$
Rural	H	4,44	$0,6104 \times N^{-0,6946} + 0,4999$
	G	4,44	$0,6940 \times N^{-0,749} + 0,4147$
	F	4,44	$0,6016 \times N^{-0,6869} + 0,4596$

Tabla 4-9: Valores de DMU_p y F_{coin} por estrato de consumo

Los valores de la DMP para cada estrato urbano y rural se presentan en el Anexo A4.3.

CAPÍTULO 5

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. CURVA DE USO DE FOCO DE INDUCCIÓN PROMEDIO TOTAL POR CLIENTE

En este análisis se utilizó un foco de inducción de 1kW, para todas las encuestas realizadas en la provincia de Morona Santiago, obteniendo como resultado 2,17 a las 12h00 es decir se utiliza en promedio total por cliente 2 focos de inducción.

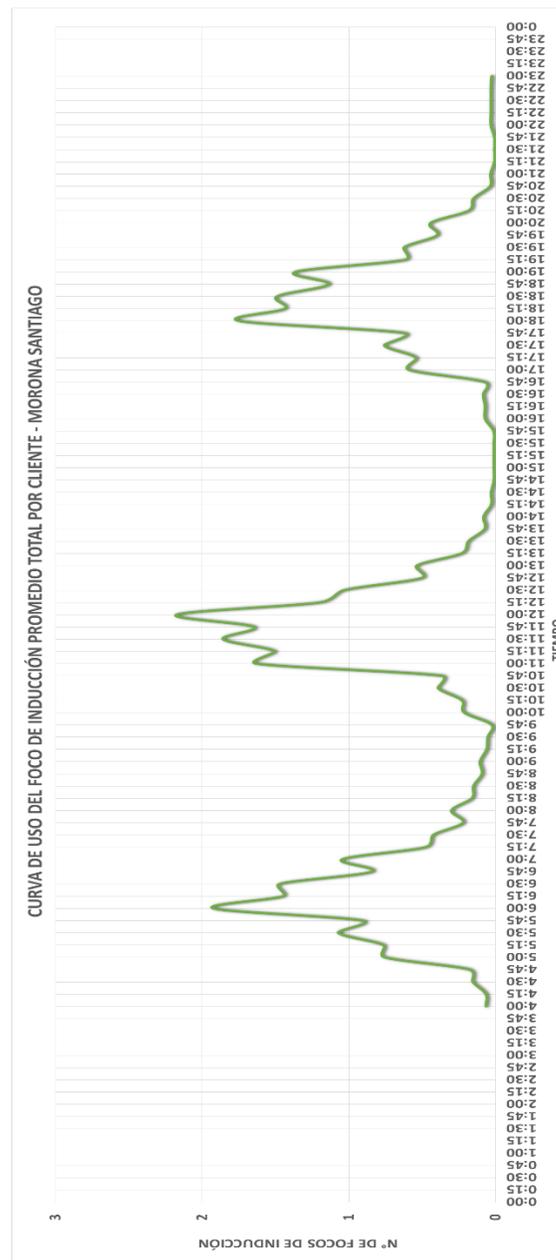


Ilustración 5-1: Curva de uso del foco de inducción promedio total por cliente – Morona Santiago

5.2. CONSUMO DE ENERGÍA EN LA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO Y LAS ENCUESTAS PILOTO REALIZADAS EN CUENCA.

Las costumbres y actividades de los habitantes de Cuenca son similares a la zona de estudio, esto se lo puede apreciar en la ilustración 5-2.

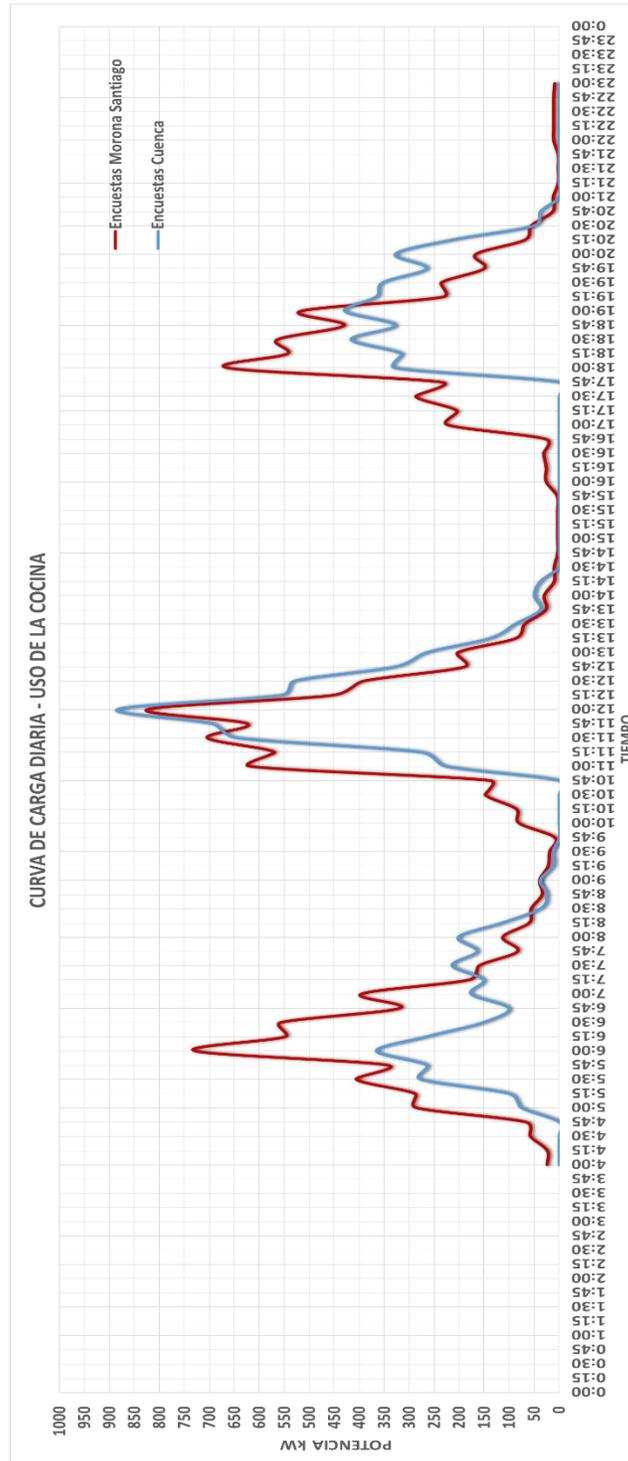


Ilustración 5-2: Curva de carga diaria – Uso de la cocina

Con información más detallada sobre el uso de la cocina en la ciudad de Cuenca se obtiene una disminución en el consumo de energía diaria como se puede apreciar en la tabla 5-1.

COMPARACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA PROMEDIO		
ENCUESTAS	kWh/día	kWh/mes
Morona Santiago	9,81	294,26
Cuenca	7,23	216,74

Tabla 5-1: Comparación del consumo de energía promedio entre encuestas realizadas

En el capítulo 1 se describió que si la electricidad y el GLP fueran utilizados al 100% de eficiencia, entonces un kg de GLP corresponde a 13,66 kWh de electricidad, por lo tanto una bombona de 15 Kg de GLP es equivalente a 205 kWh de electricidad.

En la tabla 5-2 se presenta una comparación de consumo de energía entre una cocina que utiliza un cilindro de 15kg de GLP al mes y una de inducción.

COMPARACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA			
COCINA	EFICIENCIA	kWh/día	kWh/mes
GLP (15Kg)	100%	6,83	204,90
GLP (15Kg)	40%	2,73	81,96
Inducción	84%	5,74	172,12

Tabla 5-2: Comparación del consumo de energía útil entre cocina a GLP y una de inducción

5.3. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DIVERSIFICADA

La demanda diversificada se puede calcular de la siguiente manera:

- 1)
$$D_{div} = \frac{\text{Potencia Máxima}}{\text{Número de clientes}}$$
- 2)
$$D_{div} = \text{Demanda Máxima Individual Promedio} \times \text{Factor de Coincidencia}$$

En la tabla 5-3 se presenta los resultados obtenidos.

ENCUESTAS	Potencia (kW)	Número de Clientes	Demanda Máxima Individual Promedio	Factor de Coincidencia	Demanda Diversificada
Morona Santiago	824	379	3,55	0,61	2,17
Monte Carlo	788	379	4,54	0,46	2,08

Tabla 5-3: Estimación de la demanda diversificada

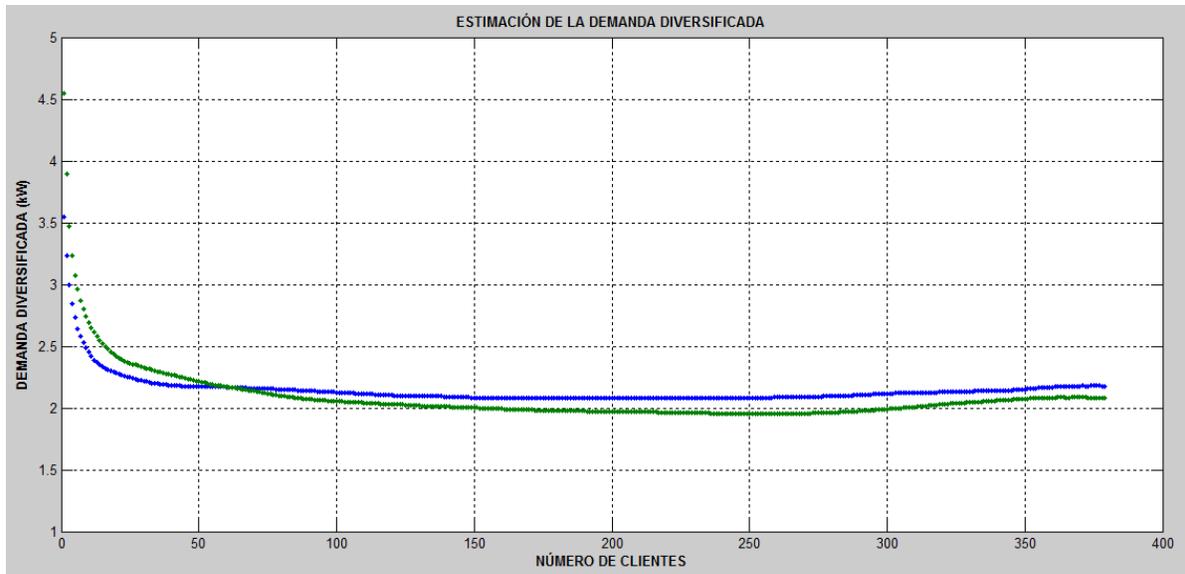


Ilustración 5-3: Estimación de la demanda diversificada – Morona Santiago

Para determinar la ecuación para determinar los factores de coincidencia del total de clientes encuestados, se utilizó los mismos procedimientos del punto 4.2.3.

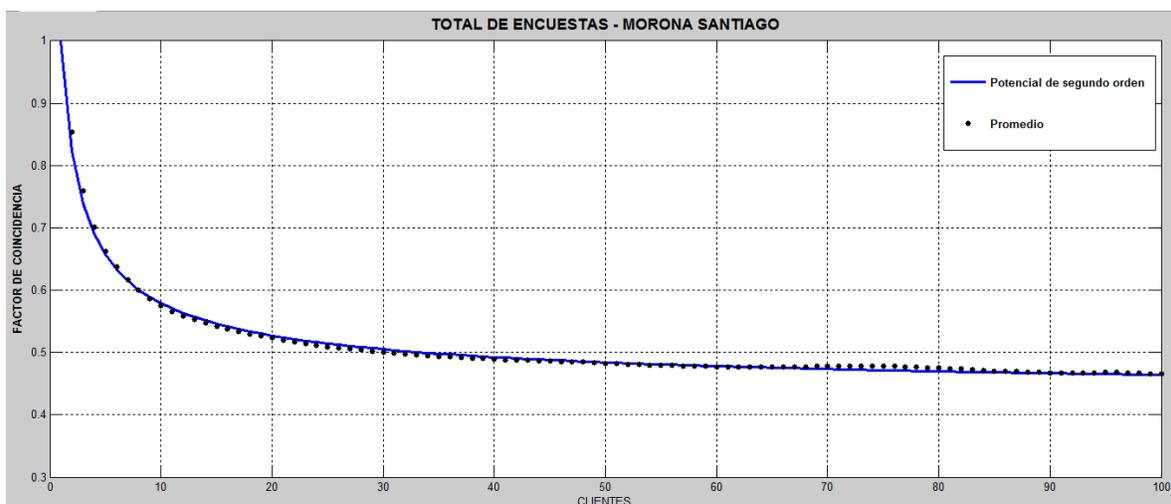


Ilustración 5-4: Ajuste de la curva del factor de coincidencia para el total de encuestas realizadas

En la tabla 5-4 se presenta los parámetros de la curva potencial de segundo orden que representa a toda la provincia de Morona Santiago.

Parámetros	$ax^b + c$	$F_{coin} \quad N \geq 2$
a	0,6000	$0,6 \times N^{-0,5886} + 0,4242$
b	-0,5886	
c	0,4242	
R	0,9946	
SSE	0,003326	

Tabla 5-4: Parámetros de la curva potencial de segundo orden – total de encuestas realizadas

5.4. TABLAS DE LA DEMANDA MÁXIMA PROYECTADA INCLUIDA LA CARGA DE LA COCINA DE INDUCCIÓN

En la tabla 5-5 se presenta la demanda máxima proyectada incluida la carga de la cocina de inducción, utilizando como base la demanda máxima proyectada actual de la CENTROSUR.

TABLA DE LA DEMANDA (KVA) SEGÚN LA CATEGORÍA Y NÚMERO DE ABONADOS								
CATEGORÍAS								
SECTOR	URBANO					RURAL		
CONSUMO (kWh)	> 500	201-500	111-200	51-110	1-50	> 110	51-110	1-50
CATEGORÍA	A	B	C	D	E	F	G	H
N° USUARIOS								
1	7,47	11,71	8,45	5,80	5,38	5,46	5,28	5,09
2	13,99	20,47	14,80	10,04	9,13	9,32	8,93	9,01
3	20,20	28,38	20,34	13,76	12,54	12,66	11,86	12,22
4	26,21	35,98	25,69	17,30	15,79	15,88	14,69	15,31
5	32,09	43,40	30,91	20,74	18,95	19,02	17,44	18,34
6	37,85	50,67	36,04	24,09	22,04	22,11	20,15	21,31
7	43,52	57,84	41,10	27,39	25,07	25,16	22,82	24,25
8	49,11	64,91	46,11	30,63	28,06	28,17	25,47	27,17
9	54,64	71,91	51,07	33,83	31,02	31,16	28,09	30,06
10	60,11	78,85	55,99	37,00	33,94	34,13	30,69	32,93
11	65,52	85,74	60,88	40,14	36,84	37,08	33,27	35,78
12	70,90	92,58	65,74	43,25	39,71	40,01	35,84	38,62
13	76,23	99,37	70,57	46,33	42,57	42,93	38,40	41,45
14	81,52	106,13	75,38	49,40	45,40	45,84	40,95	44,27
15	86,77	112,86	80,17	52,45	48,22	48,73	43,49	47,08
16	92,00	119,55	84,95	55,48	51,03	51,61	46,02	49,88
17	97,19	126,21	89,70	58,50	53,82	54,49	48,54	52,67
18	102,35	132,85	94,44	61,50	56,60	57,35	51,06	55,46
19	107,49	139,46	99,16	64,49	59,37	60,21	53,56	58,23
20	112,60	146,05	103,87	67,46	62,13	63,06	56,07	61,01
21	117,69	152,62	108,57	70,43	64,88	65,90	58,56	63,77
22	122,75	159,16	113,25	73,38	67,62	68,74	61,05	66,53
23	127,79	165,69	117,92	76,32	70,35	71,57	63,54	69,29
24	132,81	172,20	122,59	79,26	73,07	74,39	66,02	72,04
25	137,81	178,69	127,24	82,18	75,79	77,21	68,49	74,79

TABLA DE LA DEMANDA (KVA) SEGÚN LA CATEGORÍA Y NÚMERO DE ABONADOS								
CATEGORÍAS								
SECTOR	URBANO					RURAL		
CONSUMO (kWh)	> 500	201-500	111-200	51-110	1-50	> 110	51-110	1-50
CATEGORÍA	A	B	C	D	E	F	G	H
N° USUARIOS								
26	142,80	185,17	131,88	85,10	78,50	80,02	70,97	77,53
27	147,76	191,63	136,52	88,01	81,20	82,83	73,43	80,27
28	152,71	198,08	141,14	90,91	83,90	85,64	75,90	83,00
29	157,64	204,51	145,76	93,80	86,59	88,44	78,36	85,74
30	162,56	210,93	150,37	96,69	89,27	91,23	80,82	88,46
31	167,45	217,34	154,97	99,57	91,95	94,02	83,27	91,19
32	172,34	223,73	159,57	102,44	94,62	96,81	85,72	93,91
33	177,21	230,12	164,16	105,31	97,29	99,60	88,17	96,63
34	182,07	236,49	168,74	108,18	99,95	102,38	90,61	99,35
35	186,91	242,85	173,31	111,03	102,61	105,15	93,06	102,06
36	191,74	249,20	177,88	113,88	105,26	107,93	95,50	104,77
37	196,55	255,54	182,44	116,73	107,91	110,70	97,93	107,48
38	201,36	261,87	187,00	119,57	110,55	113,47	100,37	110,19
39	206,15	268,19	191,55	122,41	113,19	116,23	102,80	112,89
40	210,93	274,50	196,10	125,24	115,83	119,00	105,23	115,59
41	215,70	280,81	200,64	128,07	118,46	121,76	107,66	118,30
42	220,46	287,10	205,18	130,89	121,09	124,51	110,08	120,99
43	225,21	293,39	209,71	133,71	123,72	127,27	112,51	123,69
44	229,95	299,66	214,24	136,52	126,34	130,02	114,93	126,38
45	234,68	305,93	218,76	139,33	128,96	132,77	117,35	129,08
46	239,39	312,20	223,28	142,14	131,58	135,52	119,77	131,77
47	244,10	318,45	227,79	144,94	134,19	138,26	122,18	134,46
48	248,80	324,70	232,30	147,74	136,80	141,01	124,60	137,14
49	253,49	330,94	236,81	150,54	139,41	143,75	127,01	139,83
50	258,17	337,17	241,31	153,33	142,01	146,49	129,42	142,51
51	262,84	343,40	245,80	156,12	144,61	149,22	131,83	145,20
52	267,51	349,62	250,30	158,91	147,21	151,96	134,24	147,88
53	272,16	355,84	254,79	161,69	149,81	154,69	136,64	150,56
54	276,81	362,05	259,28	164,47	152,40	157,42	139,05	153,24
55	281,44	368,25	263,76	167,24	154,99	160,15	141,45	155,91
56	286,07	374,44	268,24	170,02	157,58	162,88	143,86	158,59
57	290,70	380,63	272,71	172,79	160,17	165,61	146,26	161,26

TABLA DE LA DEMANDA (KVA) SEGÚN LA CATEGORÍA Y NÚMERO DE ABONADOS								
CATEGORÍAS								
SECTOR	URBANO					RURAL		
CONSUMO (kWh)	> 500	201-500	111-200	51-110	1-50	> 110	51-110	1-50
CATEGORÍA	A	B	C	D	E	F	G	H
N° USUARIOS								
58	295,31	386,82	277,19	175,56	162,75	168,33	148,65	163,93
59	299,92	393,00	281,66	178,32	165,33	171,05	151,05	166,61
60	304,52	399,17	286,12	181,09	167,91	173,78	153,45	169,28
61	309,11	405,34	290,59	183,85	170,49	176,50	155,84	171,95
62	313,70	411,50	295,05	186,60	173,06	179,21	158,24	174,61
63	318,28	417,66	299,51	189,36	175,64	181,93	160,63	177,28
64	322,85	423,81	303,96	192,11	178,21	184,65	163,02	179,95
65	327,41	429,96	308,41	194,86	180,78	187,36	165,41	182,61
66	331,97	436,10	312,86	197,61	183,34	190,07	167,80	185,28
67	336,52	442,24	317,31	200,35	185,91	192,78	170,19	187,94
68	341,07	448,38	321,75	203,10	188,47	195,49	172,58	190,60
69	345,61	454,51	326,19	205,84	191,03	198,20	174,97	193,26
70	350,14	460,63	330,63	208,58	193,59	200,91	177,35	195,92
71	354,67	466,75	335,07	211,31	196,15	203,61	179,73	198,58
72	359,19	472,87	339,50	214,05	198,71	206,32	182,12	201,24
73	363,70	478,98	343,93	216,78	201,26	209,02	184,50	203,89
74	368,21	485,09	348,36	219,51	203,81	211,72	186,88	206,55
75	372,71	491,19	352,79	222,24	206,36	214,43	189,26	209,21
76	377,21	497,29	357,21	224,97	208,91	217,12	191,64	211,86
77	381,70	503,38	361,64	227,69	211,46	219,82	194,02	214,51
78	386,19	509,47	366,05	230,41	214,01	222,52	196,40	217,17
79	390,67	515,56	370,47	233,13	216,55	225,22	198,77	219,82
80	395,15	521,65	374,89	235,85	219,10	227,91	201,15	222,47
81	399,62	527,73	379,30	238,57	221,64	230,61	203,52	225,12
82	404,08	533,80	383,71	241,29	224,18	233,30	205,90	227,77
83	408,54	539,88	388,12	244,00	226,72	235,99	208,27	230,42
84	413,00	545,94	392,53	246,71	229,25	238,68	210,64	233,06
85	417,45	552,01	396,93	249,42	231,79	241,37	213,01	235,71
86	421,89	558,07	401,34	252,13	234,33	244,06	215,38	238,36
87	426,33	564,13	405,74	254,84	236,86	246,75	217,75	241,00
88	430,77	570,19	410,14	257,54	239,39	249,44	220,12	243,65
89	435,20	576,24	414,53	260,25	241,92	252,12	222,49	246,29

TABLA DE LA DEMANDA (KVA) SEGÚN LA CATEGORÍA Y NÚMERO DE ABONADOS								
CATEGORÍAS								
SECTOR	URBANO					RURAL		
CONSUMO (kWh)	> 500	201-500	111-200	51-110	1-50	> 110	51-110	1-50
CATEGORÍA	A	B	C	D	E	F	G	H
N° USUARIOS								
90	439,63	582,29	418,93	262,95	244,45	254,81	224,86	248,94
91	444,05	588,33	423,32	265,65	246,98	257,49	227,23	251,58
92	448,46	594,38	427,71	268,35	249,51	260,18	229,59	254,22
93	452,88	600,41	432,10	271,05	252,03	262,86	231,96	256,86
94	457,28	606,45	436,49	280,27	254,56	267,28	235,99	261,23
95	461,69	612,48	440,88	283,04	257,08	269,95	238,33	263,85
96	466,09	618,51	445,26	285,81	259,60	272,61	240,68	266,48
97	470,48	624,54	449,64	288,58	262,13	275,28	243,03	269,10
98	474,87	630,56	454,03	291,35	264,65	277,94	245,37	271,72
99	479,26	636,59	458,40	294,11	267,16	280,60	247,72	274,35
100	483,64	642,60	462,78	296,87	269,68	283,26	250,07	276,97
101	488,02	648,62	467,16	299,64	272,20	285,92	252,41	279,59
102	492,39	654,63	471,53	302,40	274,71	288,59	254,76	282,21
103	496,76	660,64	475,91	305,16	277,23	291,25	257,10	284,84
104	501,12	666,65	480,28	307,92	279,74	293,91	259,44	287,46
105	505,49	672,65	484,65	310,68	282,26	296,57	261,79	290,08
106	509,84	678,65	489,02	313,43	284,77	299,22	264,13	292,70
107	514,20	684,65	493,38	316,19	287,28	301,88	266,48	295,32
108	518,55	690,65	497,75	318,94	289,79	304,54	268,82	297,94
109	522,89	696,64	502,11	321,69	292,30	307,20	271,16	300,56
110	527,24	702,63	506,48	324,45	294,80	309,86	273,50	303,18
111	531,58	708,62	510,84	327,20	297,31	312,51	275,85	305,80
112	535,91	714,61	515,20	329,95	299,81	315,17	278,19	308,42
113	540,24	720,59	519,55	332,69	302,32	317,82	280,53	311,04
114	544,57	726,57	523,91	335,44	304,82	320,48	282,87	313,65
115	548,89	732,55	528,27	338,19	307,33	323,13	285,21	316,27
116	553,21	738,53	532,62	340,93	309,83	325,79	287,55	318,89
117	557,53	744,50	536,97	343,68	312,33	328,44	289,89	321,51
118	561,85	750,47	541,32	346,42	314,83	331,09	292,23	324,12
119	566,16	756,44	545,67	349,16	317,33	333,75	294,57	326,74
120	570,46	762,41	550,02	351,90	319,83	336,40	296,91	329,36
121	574,77	768,37	554,37	354,64	322,32	339,05	299,25	331,97

TABLA DE LA DEMANDA (KVA) SEGÚN LA CATEGORÍA Y NÚMERO DE ABONADOS								
CATEGORÍAS								
SECTOR	URBANO					RURAL		
CONSUMO (kWh)	> 500	201-500	111-200	51-110	1-50	> 110	51-110	1-50
CATEGORÍA	A	B	C	D	E	F	G	H
N° USUARIOS								
122	579,07	774,34	558,72	357,38	324,82	341,70	301,58	334,59
123	583,36	780,30	563,06	360,12	327,32	344,35	303,92	337,20
124	587,66	786,25	567,41	362,85	329,81	347,00	306,26	339,82
125	591,95	792,21	571,75	356,69	332,30	348,29	307,32	341,08
126	596,23	798,16	576,09	359,34	334,80	350,94	309,66	343,71
127	600,52	804,12	580,43	362,00	337,29	353,60	312,01	346,33
128	604,80	810,06	584,77	364,66	339,78	356,26	314,35	348,95
129	609,07	816,01	589,10	367,31	342,27	358,92	316,70	351,58
130	613,35	821,96	593,44	369,96	344,76	361,57	319,04	354,20
131	617,62	827,90	597,78	372,62	347,25	364,23	321,38	356,82
132	621,89	833,84	602,11	375,27	349,74	366,88	323,73	359,44
133	626,15	839,78	606,44	377,92	352,23	369,54	326,07	362,06
134	630,42	845,72	610,77	380,57	354,72	372,19	328,41	364,68
135	634,67	851,65	615,11	383,22	357,20	374,84	330,75	367,30
136	638,93	857,58	619,43	385,87	359,69	377,50	333,10	369,92
137	643,18	863,52	623,76	388,51	362,17	380,15	335,44	372,54
138	647,43	869,44	628,09	391,16	364,66	382,80	337,78	375,16
139	651,68	875,37	632,42	393,80	367,14	385,45	340,12	377,78
140	655,92	881,30	636,74	396,45	369,62	388,10	342,46	380,39
141	660,17	887,22	641,07	399,09	372,10	390,75	344,80	383,01
142	664,41	893,14	645,39	401,73	374,59	393,40	347,13	385,63
143	668,64	899,06	649,71	404,38	377,07	396,05	349,47	388,25
144	672,87	904,98	654,03	407,02	379,55	398,70	351,81	390,86
145	677,10	910,89	658,35	409,66	382,03	401,34	354,15	393,48
146	681,33	916,81	662,67	412,30	384,50	403,99	356,49	396,09
147	685,56	922,72	666,99	414,93	386,98	406,64	358,82	398,71
148	689,78	928,63	671,30	417,57	389,46	409,28	361,16	401,32
149	694,00	934,54	675,62	420,21	391,94	411,93	363,49	403,94
150	698,21	940,45	679,93	422,84	394,41	414,58	365,83	406,55

Tabla 5-5: Tabla de la demanda máxima proyectada incluida la carga de la cocina de inducción

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

El 100% de los hogares encuestados en la provincia de Morona Santiago utilizan una cocina a GLP, de los cuales el 74,41% consumen un cilindro de 15kg de GLP o menos al mes dedicado solo para la cocción de alimentos, el 64,91% de las cocinas son de 4 quemadores. En cuanto al calentamiento de agua solamente el 24,80% de la población usa agua caliente, de los cuales el 20,05% tiene ducha eléctrica y el 4,75% posee calefón a GLP haciendo uso de 1 cilindro de 15kg al mes.

Del número total de encuestados el 54,09% estaría dispuesto a cambiar la cocina a base de GLP por una cocina de inducción, el 32,19% no lo haría y el 13,72% se encuentra indeciso debido a la falta de información sobre la implementación y el funcionamiento de las cocinas de inducción.

Existen 8 estratos claramente diferenciados por el tipo de consumo, 5 estratos en el sector urbano y 3 en el sector rural. Mediante la curva de carga correspondiente al uso de la cocina, en las tablas 6-1 y 6-2 se puede apreciar la potencia promedio por cliente en las horas pico (desayuno, almuerzo y merienda).

POTENCIA PROMEDIO POR CLIENTE – SECTOR URBANO				
ESTRATO	CONSUMO kWh	POTENCIA (kW) EN LA HORA PICO		
		06:00	12:00	18:00
A	> 500	3,73	3,27	1,87
B	201-500	1,97	2,75	1,87
C	111-200	3,61	3,11	2,04
D	51-110	2,08	1,68	1,33
E	1-50	1,75	1,98	1,51

Tabla 6-1: Potencia promedio por cliente en las horas pico – sector urbano

POTENCIA PROMEDIO POR CLIENTE – SECTOR URBANO				
ESTRATO	CONSUMO kWh	POTENCIA (kW) EN LA HORA PICO		
		06:00	12:00	18:00
F	> 110	2,12	2,54	2,15
G	51-110	1,92	2,04	1,60
H	1-50	1,68	2,54	2,30

Tabla 6-2: Potencia promedio por cliente en las horas pico – sector rural

En la curva de carga diaria total, la demanda máxima del uso de la cocina se produce a la hora del almuerzo (12h00), la hora pico del desayuno (06h00) representa el 89,79% de la demanda máxima y la hora pico de la merienda (18h00) es el 79,57%. Mientras que a las 19h00 es el 63,40%; hora en la cual ocurre el pico de la curva de carga del sistema.

El incremento en la demanda máxima unitaria se presenta en la tabla 6.3.

DEMANDA MÁXIMA UNITARIA POR ESTRATO								
SECTOR	URBANO					RURAL		
CONSUMO (kWh)	> 500	201-500	111-200	51-110	1-50	> 110	51-110	1-50
CATEGORÍA	A	B	C	D	E	F	G	H
DMU (incluida cocina)	7,47	11,71	8,45	5,80	5,38	5,46	5,28	5,09

Tabla 6-3: DMU incluida la cocina de inducción – sector urbano y rural

6.2. RECOMENDACIONES

Reforzar la infraestructura eléctrica en redes de media tensión, especialmente transformadores de distribución y redes de baja tensión, con la suficiente capacidad para recibir la nueva carga (cocinas de inducción) a nivel de clientes residenciales.

Aplicar las ecuaciones de los factores de coincidencia que se obtuvieron en cada estrato de consumo y se pueden apreciar en la tabla 4-9, para los posteriores dimensionamientos de los sistemas de distribución.

Realizar programas de educación y concientización del Plan de Cocción Eficiente, destacando principalmente la facilidad del uso, la rapidez en la cocción de alimentos, mayor seguridad.

CAPÍTULO 7

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Asamblea Constituyente, Constitución de la República del Ecuador, Montecristi, 2008.
- [2] MEER, [En línea]. Available: <https://www.energia.gob.ec/proyectos-emblematicos-2/>.
- [3] CONELEC, «Resumen Ejecutivo,» *Plan Maestro de Electrificación 2013-2022*, vol. I.
- [4] MEER, «Plan Nacional de Cocción Eficiente,» Quito, 2013.
- [5] INEC, «Censo de Población y Vivienda 2010».
- [6] CONELEC, «Perspectiva y Expansión del Sistema Eléctrico Ecuatoriano,» *Plan Maestro de Electrificación 2013-2022*, vol. III.
- [7] J. P. Muñoz Vizhñay, «La Matriz Energética Ecuatoriana,» Loja, 2013.
- [8] CONELEC, «Estudio y Gestión de la Demanda Eléctrica,» *Plan Maestro de Electrificación 2013-2022*, vol. II.
- [9] CENTROSUR, [En línea]. Available: http://www.centrosur.com.ec/?q=cocinas_induccion.
- [10] F. Castillo, «Descripción de la Centrosur, DET – PQ/FC,» Cuenca, 15/08/2014.
- [11] CENTROSUR, [En línea]. Available: <http://www.centrosur.com.ec/?q=node/11>.
- [12] Salgado, Ing. Modesto,; *Sistemas de Distribución Eléctrica*.
- [13] S. Ramirez Castaño, *Redes de Distribución de Energía, Manizales*, 2004.
- [14] E. D. Aranda Borghero, *Impacto de la Generación Distribuida en la Estimación Diaria de Demanda de Energía Eléctrica*, Santiago de Chile, 2002.
- [15] L. F. Guzmán Gómez, *Diseño e Implementación de una Técnica para la Construcción de las Curvas de Demanda Máxima Diversificada para Empresas del Sector Eléctrico Colombiano*.
- [16] Empresa Eléctrica Quito, «Normas para los Sistemas de Distribución,» Quito, 2009.
- [17] CENTROSUR, [En línea]. Available: <http://www.centrosur.com.ec/?q=revisión>.

- [18] A. Herrera, Estudio del Factor de Carga para el Diseño Eléctrico de Edificios de Oficinas y Locales Comerciales del Sector Comercial en la Ciudad de Quito, Quito, 2007.
- [19] W. A. Hidalgo y P. H. Osorio, Módulo de guías de diseño para redes de distribución de energía eléctrica en medio y bajo voltaje en la Empresa Eléctrica provincial Cotopaxi ELEPCO S.A., Latacunga, 2010.
- [20] M. Jaramillo y A. Durán, Análisis Comparativo de Normas de Distribución de Energía Eléctrica, Cuenca, 1989.
- [21] O. Salazar y W. Tisalema, Actualización de las Guías de Diseño de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., Quito, 2002.
- [22] Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. , Normas Técnicas para el Diseño de Redes Eléctricas Urbanas y Rurales, Loja, 2012.
- [23] bdamig, 20 Junio 2011. [En línea]. Available:
<http://es.scribd.com/doc/47277834/Datos-Generales-de-Morona-Santiago>.
- [24] OEMS, «Observatorio Enegetico Morona Santiago,» [En línea]. Available:
<http://www.observatorioenergetico.info/index.php/es/morona>.
- [25] A. Toledo, «eqguia,» [En línea]. Available:
<http://www.eqguia.com/provinciasciudades.php?provincia=15>.
- [26] INEC, «Fascículo Provincial Morona Santiago,» *Resultados del Censo 2010 de Población y Vivienda en el Ecuador*.
- [27] CONELEC, [En línea]. Available:
<http://www.conelec.gob.ec/contenido.php?cd=10275&l=1>.
- [28] OEMS, «Observatorio Energético Morona Santiago,» [En línea]. Available:
<http://www.observatorioenergetico.info/index.php/es/morona/datos-y-organizaciones/empresa-electrica-regional-centrosur-c-a>.
- [29] CENTROSUR, [En línea]. Available:
<http://geoportal.centrosur.com.ec/viewerEERCS/Default.aspx>.
- [30] P. M. Vázquez Granda, Parametrización, Control, Determinación y Reducción de Pérdidas de Energía en Base a la Optimización en el Montaje Estaciones de Transformación en la Provincia de Morona Santiago, 2013.
- [31] D. Montgomery y G. Runger, Applied Statistics and Probability for Engineers, Third ed., United States of America: John Wiley & Sons, 2003.

- [32] [En línea]. Available: <http://www.estadistica.mat.uson.mx/Material/elmuestreo.pdf>.
- [33] [En línea]. Available: http://es.wikipedia.org/wiki/Tamaño_de_la_muestra.
- [34] M. Herrera Castellanos. [En línea]. Available: <https://investigacionpediahr.files.wordpress.com/2011/01/formula-para-cc3a1lculo-de-la-muestra-poblaciones-finitas-var-categorica.pdf>.
- [35] [En línea]. Available: <http://es.scribd.com/doc/45865062/Formula-Para-Calcular-La-Muestra>.
- [36] [En línea]. Available: <http://www.monografias.com/trabajos42/seleccion-muestra/seleccion-muestra2.shtml>.
- [37] P. Quituisaca, «Catastro 07-2014, CENTROSUR - Dirección de Planificación,» Cuenca, 15/08/2014.
- [38] J. Illana, «Métodos Monte Carlo,» de *Departamento de Física Teórica y del Cosmos*, Universidad de Granada, 26/01/2013.
- [39] [En línea]. Available: http://fr.slideshare.net/krizx/metodo-montecarlo?next_slideshow=1.
- [40] [En línea]. Available: <http://es.scribd.com/doc/30146029/Metodo-de-Monte-Carlo>.
- [41] H. Morales, *Matlab 7 Para Ciencias e Ingeniería con Métodos Numéricos y Visualización Gráfica*, Megabyte.
- [42] M. Romo, «Técnicas Optimizadas de Ajuste de Curvas Independientes y Curvas Integradas,» *Centro de Investigaciones Científicas Escuela Politécnica del Ejército*, p. 19, 2010.
- [43] B. Madsen, «Curve Fitting Toolbox User's Guide,» de *MATLAB*, The MathWorks, 2014.
- [44] B. Madsen, MathWorks, [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=cxbyl1DiU2M>.



ANEXOS

ANEXO A2
A2.1. CARGAS TÍPICAS DE APARATOS ELÉCTRICOS - EEQ S.A.

EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A.	PARÁMETROS DE DISEÑO			
	CARGAS TÍPICAS DE APARATOS ELÉCTRICOS			FECHA:
APARATOS ELÉCTRICOS Y DE ALUMBRADO	CARGAS TÍPICAS (W) USUARIO TIPO			
	A	B	C	D
Puntos de alumbrado	100	100	100	100
Puntos de alumbrado (apliques)	25	25	25	
Cocina	10000	5000	3000	1000
Asador	1300	1300		
Secadora	5000			
Tostadora	1000			
Cafetera	600	600	600	600
Sartén	800	800		
Calentador de agua	2500	2000	1500	
Refrigeradora	300	300	300	
Batidora	150	150	150	
Radio	200	100	100	100
Lavadora	400	400	400	
Plancha	900	600	600	600
Televisor	250	250	250	250
Aspiradora	400	400	400	
Secador de pelo	250	250		
Máquina de coser	100	100	100	
Calefactor	1000	1000		
Enceradora	450	450	450	
Bomba de agua	750	750		

A2.2: FACTORES DE PROYECCIÓN DE LA DEMANDA PARA DETERMINACIÓN DE CARGAS DE DISEÑO - EEQ S.A.

EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A.		PARÁMETROS DE DISEÑO				FECHA ----- (1+Ti/100) ⁿ	
		FACTORES DE PROYECCIÓN DE LA DEMANDA PARA DETERMINACIÓN DE CARGAS DE DISEÑO					
USUARIO	Ti	(1+Ti/100) ⁿ		USUARIO	Ti	(1+Ti/100) ⁿ	
TIPO	(%)	10	15	TIPO	(%)	10	15
A	1,5	1,16	1,25	C	4	1,48	1,80
	1,6	1,17	1,27		4,1	1,49	1,83
	1,7	1,18	1,29		4,2	1,51	1,85
	1,8	1,20	1,31		4,3	1,52	1,88
	1,9	1,21	1,33		4,4	1,54	1,91
	2	1,22	1,35		4,5	1,55	1,94
	2,1	1,23	1,37		4,6	1,57	1,96
	2,2	1,24	1,39		4,7	1,58	1,99
	2,3	1,26	1,41		4,8	1,60	2,02
	2,4	1,27	1,43		4,9	1,61	2,05
B	2,5	1,28	1,45	5	1,63	2,08	
	2,6	1,29	1,47	5,1	1,64	2,11	
	2,7	1,31	1,49	5,2	1,66	2,14	
	2,8	1,32	1,51	5,3	1,68	2,17	
	2,9	1,33	1,54	5,4	1,69	2,20	
	3	1,34	1,56	5,5	1,71	2,23	
	3,1	1,36	1,58	5,6	1,72	2,26	
	3,2	1,37	1,60	5,7	1,74	2,30	
	3,3	1,38	1,63	5,8	1,76	2,33	
	3,4	1,40	1,65	5,9	1,77	2,36	
D	3,5	1,41	1,68	6	1,79	2,40	
	3,6	1,42	1,70	6,1	1,81	2,43	
	3,7	1,44	1,72	6,2	1,82	2,47	
	3,8	1,45	1,75	6,3	1,84	2,50	
	3,9	1,47	1,78	6,4	1,86	2,54	
	4	1,48	1,80	6,5	1,88	2,57	
	E				6,5	1,88	2,57

A2.3. DETERMINACIÓN DE LAS DEMANDAS MÁXIMAS DIVERSIFICADAS - EEQ S.A.

EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A.	PARÁMETROS DE DISEÑO						FECHA: _____
	PARÁMETROS DE DIVERSIDAD PARA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS MÁXIMAS DIVERSIFICADAS.						
NÚMERO DE USUARIOS	USUARIO TIPO			NÚMERO DE USUARIOS	USUARIO TIPO		
	A	B Y C	D Y E		A	B Y C	D Y E
	1	2	3		1	2	3
1	1.00	1.00	1.00	26	3.00	2.35	1.71
2	1.50	1.31	1.23	27	3.01	2.36	1.71
3	1.78	1.50	1.34	28	3.02	2.38	1.71
4	2.01	1.63	1.41	29	3.03	2.39	1.71
5	2.19	1.72	1.47	30	3.04	2.40	1.71
6	2.32	1.83	1.52	31	3.04	2.41	1.72
7	2.44	1.89	1.56	32	3.05	2.42	1.72
8	2.54	1.96	1.58	33	3.05	2.43	1.72
9	2.61	2.01	1.60	34	3.06	2.44	1.72
10	2.66	2.05	1.62	35	3.06	2.45	1.73
11	2.71	2.09	1.63	36	3.07	2.45	1.73
12	2.75	2.11	1.64	37	3.07	2.46	1.73
13	2.79	2.14	1.65	38	3.08	2.46	1.73
14	2.83	2.17	1.66	39	3.08	2.47	1.73
15	2.86	2.19	1.67	40	3.09	2.47	1.73
16	2.88	2.20	1.68	41	3.09	2.48	1.73
17	2.90	2.21	1.68	42	3.10	2.48	1.73
18	2.92	2.23	1.69	43	3.10	2.49	1.73
19	2.93	2.25	1.69	44	3.10	2.49	1.73
20	2.94	2.27	1.69	45	3.10	2.49	1.73
21	2.95	2.28	1.69	46	3.10	2.49	1.73
22	2.96	2.29	1.70	47	3.10	2.49	1.73
23	2.97	2.30	1.70	48	3.10	2.50	1.73
24	2.98	2.31	1.70	49	3.10	2.50	1.73
25	2.99	2.33	1.70	50	3.10	2.50	1.73

A2.4: TABLAS DE DEMANDA DIVERSIFICADA SEGÚN LA CATEGORÍA Y NÚMERO DE ABONADOS - CENTROSUR

TABLA DE LA DEMANDA (KVA) SEGÚN LA CATEGORÍA Y NÚMERO DE ABONADOS								
CATEGORÍAS								
SECTOR	URBANO					RURAL		
AREA(m ²)	> 400	400 - 300	300 - 200	200 - 100	< 100	Periférico	Centro	Rural
CATEGORÍA	A	B	C	D	E	F	G	H
No. AB\η	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
1	7,47	3,93	2,23	1,36	0,94	1,02	0,84	0,65
2	13,99	7,36	4,18	2,55	1,76	1,91	1,57	1,22
3	20,20	10,63	6,03	3,68	2,54	2,76	2,27	1,76
4	26,21	13,79	7,83	4,77	3,30	3,58	2,95	2,28
5	32,09	16,88	9,58	5,84	4,04	4,38	3,61	2,79
6	37,85	19,91	11,30	6,89	4,76	5,17	4,26	3,29
7	43,52	22,89	12,99	7,92	5,48	5,94	4,89	3,79
8	49,11	25,84	14,66	8,94	6,18	6,71	5,52	4,27
9	54,64	28,74	16,31	9,95	6,88	7,46	6,14	4,75
10	60,11	31,62	17,94	10,94	7,56	8,21	6,76	5,23
11	65,52	34,47	19,56	11,93	8,25	8,95	7,37	5,70
12	70,90	37,30	21,16	12,91	8,92	9,68	7,97	6,17
13	76,23	40,10	22,76	13,88	9,59	10,41	8,57	6,63
14	81,52	42,89	24,34	14,84	10,26	11,13	9,17	7,09
15	86,77	45,65	25,90	15,80	10,92	11,85	9,76	7,55
16	92,00	48,40	27,46	16,75	11,58	12,56	10,34	8,01
17	97,19	51,13	29,01	17,69	12,23	13,27	10,93	8,46
18	102,35	53,85	30,55	18,63	12,88	13,98	11,51	8,91
19	107,49	56,55	32,09	19,57	13,53	14,68	12,09	9,35
20	112,60	59,24	33,61	20,50	14,17	15,37	12,66	9,80
21	117,69	61,91	35,13	21,43	14,81	16,07	13,23	10,24
22	122,75	64,58	36,64	22,35	15,45	16,76	13,80	10,68
23	127,79	67,23	38,15	23,27	16,08	17,45	14,37	11,12
24	132,81	69,87	39,65	24,18	16,71	18,14	14,93	11,56
25	137,81	72,50	41,14	25,09	17,34	18,82	15,50	11,99
26	142,80	75,13	42,63	26,00	17,97	19,50	16,06	12,43
27	147,76	77,74	44,11	26,90	18,59	20,18	16,62	12,86
28	152,71	80,34	45,59	27,80	19,22	20,85	17,17	13,29
29	157,64	82,94	47,06	28,70	19,84	21,53	17,73	13,72
30	162,56	85,52	48,53	29,60	20,46	22,20	18,28	14,14
31	167,45	88,10	49,99	30,49	21,07	22,87	18,83	14,57

TABLA DE LA DEMANDA (KVA) SEGÚN LA CATEGORÍA Y NÚMERO DE ABONADOS								
CATEGORÍAS								
SECTOR	URBANO					RURAL		
AREA(m ²)	> 400	400 - 300	300 - 200	200 - 100	< 100	Periférico	Centro	Rural
CATEGORÍA	A	B	C	D	E	F	G	H
No. AB\η	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
32	172,34	90,67	51,45	31,38	21,69	23,53	19,38	15,00
33	177,21	93,23	52,90	32,26	22,30	24,20	19,93	15,42
34	182,07	95,79	54,35	33,15	22,91	24,86	20,47	15,84
35	186,91	98,33	55,80	34,03	23,52	25,52	21,02	16,26
36	191,74	100,87	57,24	34,91	24,13	26,18	21,56	16,68
37	196,55	103,41	58,68	35,79	24,73	26,84	22,10	17,10
38	201,36	105,94	60,11	36,66	25,34	27,49	22,64	17,52
39	206,15	108,46	61,54	37,53	25,94	28,15	23,18	17,94
40	210,93	110,97	62,97	38,40	26,54	28,80	23,72	18,35
41	215,70	113,48	64,39	39,27	27,14	29,45	24,26	18,77
42	220,46	115,99	65,81	40,14	27,74	30,10	24,79	19,18
43	225,21	118,48	67,23	41,00	28,34	30,75	25,32	19,60
44	229,95	120,98	68,65	41,86	28,94	31,40	25,86	20,01
45	234,68	123,46	70,06	42,73	29,53	32,04	26,39	20,42
46	239,39	125,95	71,47	43,58	30,12	32,69	26,92	20,83
47	244,10	128,42	72,87	44,44	30,72	33,33	27,45	21,24
48	248,80	130,90	74,27	45,30	31,31	33,97	27,98	21,65
49	253,49	133,36	75,67	46,15	31,90	34,61	28,50	22,06
50	258,17	135,83	77,07	47,00	32,49	35,25	29,03	22,46
51	262,84	138,28	78,47	47,85	33,08	35,89	29,56	22,87
52	267,51	140,74	79,86	48,70	33,66	36,53	30,08	23,28
53	272,16	143,18	81,25	49,55	34,25	37,16	30,60	23,68
54	276,81	145,63	82,63	50,40	34,83	37,80	31,13	24,09
55	281,44	148,07	84,02	51,24	35,42	38,43	31,65	24,49
56	286,07	150,51	85,40	52,08	36,00	39,06	32,17	24,89
57	290,70	152,94	86,78	52,92	36,58	39,69	32,69	25,29
58	295,31	155,36	88,16	53,76	37,16	40,32	33,21	25,70
59	299,92	157,79	89,53	54,60	37,74	40,95	33,73	26,10
60	304,52	160,21	90,91	55,44	38,32	41,58	34,24	26,50
61	309,11	162,62	92,28	56,28	38,90	42,21	34,76	26,90
62	313,70	165,04	93,65	57,11	39,47	42,83	35,28	27,30

TABLA DE LA DEMANDA (KVA) SEGÚN LA CATEGORÍA Y NÚMERO DE ABONADOS								
CATEGORÍAS								
SECTOR	URBANO					RURAL		
AREA(m ²)	> 400	400 - 300	300 - 200	200 - 100	< 100	Periférico	Centro	Rural
CATEGORÍA	A	B	C	D	E	F	G	H
No. AB\η	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
63	318,28	167,45	95,01	57,95	40,05	43,46	35,79	27,69
64	322,85	169,85	96,38	58,78	40,63	44,08	36,30	28,09
65	327,41	172,25	97,74	59,61	41,20	44,71	36,82	28,49
66	331,97	174,65	99,10	60,44	41,77	45,33	37,33	28,89
67	336,52	177,05	100,46	61,27	42,35	45,95	37,84	29,28
68	341,07	179,44	101,82	62,10	42,92	46,57	38,35	29,68
69	345,61	181,83	103,17	62,92	43,49	47,19	38,86	30,07
70	350,14	184,21	104,53	63,75	44,06	47,81	39,37	30,47
71	354,67	186,59	105,88	64,57	44,63	48,43	39,88	30,86
72	359,19	188,97	107,23	65,39	45,20	49,05	40,39	31,25
73	363,70	191,35	108,58	66,22	45,77	49,66	40,90	31,65
74	368,21	193,72	109,92	67,04	46,33	50,28	41,41	32,04
75	372,71	196,09	111,27	67,86	46,90	50,89	41,91	32,43
76	377,21	198,45	112,61	68,68	47,47	51,51	42,42	32,82
77	381,70	200,82	113,95	69,49	48,03	52,12	42,92	33,21
78	386,19	203,18	115,29	70,31	48,60	52,73	43,43	33,60
79	390,67	205,53	116,63	71,13	49,16	53,34	43,93	33,99
80	395,15	207,89	117,96	71,94	49,72	53,96	44,43	34,38
81	399,62	210,24	119,30	72,76	50,29	54,57	44,94	34,77
82	404,08	212,59	120,63	73,57	50,85	55,18	45,44	35,16
83	408,54	214,94	121,96	74,38	51,41	55,78	45,94	35,55
84	413,00	217,28	123,29	75,19	51,97	56,39	46,44	35,94
85	417,45	219,62	124,62	76,00	52,53	57,00	46,94	36,32
86	421,89	221,96	125,95	76,81	53,09	57,61	47,44	36,71
87	426,33	224,30	127,27	77,62	53,65	58,21	47,94	37,10
88	430,77	226,63	128,60	78,43	54,21	58,82	48,44	37,48
89	435,20	228,96	129,92	79,23	54,76	59,42	48,94	37,87
90	439,63	231,29	131,24	80,04	55,32	60,03	49,44	38,25
91	444,05	233,61	132,56	80,84	55,88	60,63	49,93	38,64
92	448,46	235,94	133,88	81,65	56,43	61,24	50,43	39,02
93	452,88	238,26	135,20	82,45	56,99	61,84	50,93	39,41

TABLA DE LA DEMANDA (KVA) SEGÚN LA CATEGORÍA Y NÚMERO DE ABONADOS								
CATEGORÍAS								
SECTOR	URBANO					RURAL		
AREA(m ²)	> 400	400 - 300	300 - 200	200 - 100	< 100	Periférico	Centro	Rural
CATEGORÍA	A	B	C	D	E	F	G	H
No. AB\η	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
94	457,28	240,58	136,51	83,25	57,54	62,44	51,42	39,79
95	461,69	242,90	137,83	84,06	58,10	63,04	51,92	40,17
96	466,09	245,21	139,14	84,86	58,65	63,64	52,41	40,56
97	470,48	247,52	140,45	85,66	59,20	64,24	52,91	40,94
98	474,87	249,83	141,76	86,46	59,76	64,84	53,40	41,32
99	479,26	252,14	143,07	87,25	60,31	65,44	53,89	41,70
100	483,64	254,44	144,38	88,05	60,86	66,04	54,39	42,08
101	488,02	256,75	145,69	88,85	61,41	66,64	54,88	42,46
102	492,39	259,05	146,99	89,65	61,96	67,23	55,37	42,85
103	496,76	261,35	148,30	90,44	62,51	67,83	55,86	43,23
104	501,12	263,64	149,60	91,24	63,06	68,43	56,35	43,61
105	505,49	265,94	150,90	92,03	63,61	69,02	56,84	43,98
106	509,84	268,23	152,20	92,82	64,16	69,62	57,33	44,36
107	514,20	270,52	153,50	93,62	64,70	70,21	57,82	44,74
108	518,55	272,81	154,80	94,41	65,25	70,81	58,31	45,12
109	522,89	275,10	156,10	95,20	65,80	71,40	58,80	45,50
110	527,24	277,38	157,39	95,99	66,35	71,99	59,29	45,88
111	531,58	279,66	158,69	96,78	66,89	72,58	59,78	46,25
112	535,91	281,94	159,98	97,57	67,44	73,18	60,26	46,63
113	540,24	284,22	161,28	98,36	67,98	73,77	60,75	47,01
114	544,57	286,50	162,57	99,15	68,53	74,36	61,24	47,39
115	548,89	288,78	163,86	99,93	69,07	74,95	61,72	47,76
116	553,21	291,05	165,15	100,72	69,61	75,54	62,21	48,14
117	557,53	293,32	166,44	101,51	70,16	76,13	62,69	48,51
118	561,85	295,59	167,73	102,29	70,70	76,72	63,18	48,89
119	566,16	297,86	169,01	103,08	71,24	77,31	63,66	49,26
120	570,46	300,12	170,30	103,86	71,79	77,89	64,15	49,64
121	574,77	302,39	171,58	104,64	72,33	78,48	64,63	50,01
122	579,07	304,65	172,87	105,43	72,87	79,07	65,12	50,39
123	583,36	306,91	174,15	106,21	73,41	79,66	65,60	50,76
124	587,66	309,17	175,43	106,99	73,95	80,24	66,08	51,13

TABLA DE LA DEMANDA (KVA) SEGÚN LA CATEGORÍA Y NÚMERO DE ABONADOS								
CATEGORÍAS								
SECTOR	URBANO					RURAL		
AREA(m ²)	> 400	400 - 300	300 - 200	200 - 100	< 100	Periférico	Centro	Rural
CATEGORÍA	A	B	C	D	E	F	G	H
No. AB\η	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
125	591,95	311,43	176,71	107,77	74,49	80,83	66,56	51,51
126	596,23	313,68	177,99	108,55	75,03	81,41	67,05	51,88
127	600,52	315,93	179,27	109,33	75,57	82,00	67,53	52,25
128	604,80	318,19	180,55	110,11	76,11	82,58	68,01	52,63
129	609,07	320,44	181,83	110,89	76,64	83,17	68,49	53,00
130	613,35	322,69	183,10	111,67	77,18	83,75	68,97	53,37
131	617,62	324,93	184,38	112,44	77,72	84,33	69,45	53,74
132	621,89	327,18	185,65	113,22	78,26	84,92	69,93	54,11
133	626,15	329,42	186,92	114,00	78,79	85,50	70,41	54,48
134	630,42	331,66	188,20	114,77	79,33	86,08	70,89	54,86
135	634,67	333,90	189,47	115,55	79,87	86,66	71,37	55,23
136	638,93	336,14	190,74	116,32	80,40	87,24	71,85	55,60
137	643,18	338,38	192,01	117,10	80,94	87,82	72,33	55,97
138	647,43	340,62	193,28	117,87	81,47	88,40	72,80	56,34
139	651,68	342,85	194,54	118,65	82,01	88,98	73,28	56,71
140	655,92	345,09	195,81	119,42	82,54	89,56	73,76	57,08
141	660,17	347,32	197,08	120,19	83,07	90,14	74,24	57,44
142	664,41	349,55	198,34	120,96	83,61	90,72	74,71	57,81
143	668,64	351,77	199,61	121,73	84,14	91,30	75,19	58,18
144	672,87	354,00	200,87	122,50	84,67	91,88	75,66	58,55
145	677,10	356,23	202,13	123,27	85,20	92,46	76,14	58,92
146	681,33	358,45	203,40	124,04	85,74	93,03	76,62	59,29
147	685,56	360,67	204,66	124,81	86,27	93,61	77,09	59,65
148	689,78	362,90	205,92	125,58	86,80	94,19	77,57	60,02
149	694,00	365,12	207,18	126,35	87,33	94,76	78,04	60,39
150	698,21	367,33	208,44	127,12	87,86	95,34	78,51	60,75

A2.5: DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA DIVERSIFICADA POR CATEGORÍAS - EEARCN S.A.

EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO-GUÍAS DE DISEÑO									
DEMANDAS DE DISEÑO – REDES SEGUNDARIAS -- ZONA URBANA									
#	FACTOR DE DIVERSIDAD	DEMANDA DIVERSIFICADA POR CATEGORÍA			#	FACTOR DE DIVERSIDAD	DEMANDA DIVERSIFICADA POR CATEGORÍA		
		A	B	C			A	B	C
1	1.00	6.6	4.9	3.0	46	2.69	113.3	84.2	51.2
2	1.11	12.0	8.9	5.4	47	2.70	115.4	85.8	52.1
3	1.22	16.4	12.2	7.4	48	2.71	117.5	87.4	53.1
4	1.32	20.1	14.9	9.1	49	2.72	119.6	88.9	54.0
5	1.42	23.4	17.4	10.5	50	2.73	121.7	90.5	55.0
6	1.51	26.3	19.5	11.9	51	2.73	123.8	92.1	55.9
7	1.60	29.0	21.5	13.1	52	2.74	125.9	93.6	56.9
8	1.68	31.6	23.5	14.3	53	2.75	128.0	95.2	57.8
9	1.76	34.0	25.3	15.4	54	2.75	130.1	96.7	58.7
10	1.82	36.4	27.1	16.4	55	2.76	132.3	98.3	59.7
11	1.89	38.7	28.8	17.5	56	2.77	134.4	99.9	60.6
12	1.94	41.0	30.5	18.5	57	2.77	136.5	101.4	61.6
13	2.00	43.0	32.1	19.5	58	2.78	138.6	103.0	62.5
14	2.05	45.4	33.8	20.5	59	2.78	140.7	104.6	63.5
15	2.09	47.6	35.4	21.5	60	2.79	142.8	106.1	64.4
16	2.13	49.8	37.0	22.5	61	2.80	144.9	107.7	65.4
17	2.17	52.0	38.6	23.5	62	2.80	147.0	109.2	66.3
18	2.21	54.1	40.2	24.4	63	2.81	149.1	110.8	67.3
19	2.24	56.3	41.8	25.4	64	2.81	151.2	112.4	68.2
20	2.27	58.4	43.4	26.4	65	2.82	153.3	113.9	69.2
21	2.30	60.5	45.0	27.3	66	2.82	155.4	115.5	70.1
22	2.33	62.7	46.6	28.3	67	2.82	157.5	117.0	71.1
23	2.36	64.6	48.2	29.2	68	2.83	159.6	118.6	72.0
24	2.38	66.9	49.7	30.2	69	2.83	161.7	120.2	73.0
25	2.40	69.0	51.3	31.2	70	2.84	163.8	121.7	73.9
26	2.43	71.2	52.9	32.1	71	2.84	165.9	123.3	74.9
27	2.45	73.3	54.5	33.1	72	2.85	168.0	124.9	75.8
28	2.47	75.4	56.0	34.0	73	2.85	170.1	126.4	76.8
29	2.48	77.5	57.6	35.0	74	2.85	172.2	128.0	77.7
30	2.50	79.6	59.2	35.9	75	2.86	174.3	129.5	78.7
31	2.52	81.7	60.8	36.9	76	2.86	176.4	131.1	79.6
32	2.53	83.8	62.3	37.8	77	2.86	178.5	132.7	80.6
33	2.55	86.0	63.9	38.8	78	2.87	180.6	134.2	81.5
34	2.56	88.1	65.5	39.8	79	2.87	182.7	135.8	82.5
35	2.58	90.2	67.0	40.7	80	2.87	184.8	137.3	83.4
36	2.59	92.3	68.6	41.7	81	2.88	186.9	138.9	84.4
37	2.60	94.4	70.2	42.6	82	2.88	189.0	140.5	85.3
38	2.61	95.5	71.7	43.6	83	2.88	191.1	142.0	86.3
39	2.63	98.6	73.3	44.5	84	2.89	193.2	143.6	87.2
40	2.64	100.7	74.9	45.5	85	2.89	195.3	145.2	88.2
41	2.65	102.8	76.4	46.4	86	2.89	197.4	146.7	89.1
42	2.66	104.9	78.0	47.4	87	2.90	199.5	148.3	90.0
43	2.67	107.0	79.5	48.3	88	2.90	201.6	149.8	91.0
44	2.68	109.1	81.1	49.3	89	2.90	203.7	151.4	91.9
45	2.69	111.2	82.7	50.2	90	2.90	205.8	153.0	92.9

A2.6: DEMANDAS MÁXIMAS PROYECTADAS [DMP EN KVA]

N° DE USUARIOS	URBANO					RURAL		
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	4,48	2,35	1,33	0,82	0,56	0,6	0,5	0,4
2	8,39	4,4	2,49	1,54	1,05	1,12	0,94	0,75
3	12,12	6,36	3,6	2,22	1,51	1,62	1,35	1,08
4	15,72	8,25	4,67	2,88	1,97	2,11	1,75	1,4
5	19,24	10,09	5,71	3,52	2,41	2,58	2,15	1,72
6	22,7	11,91	6,74	4,15	2,84	3,04	2,53	2,03
7	26,1	13,69	7,75	4,78	3,26	3,5	2,91	2,33
8	29,45	15,45	8,74	5,39	3,68	3,94	3,29	2,63
9	32,77	17,19	9,73	6	4,1	4,39	3,66	2,93
10	36,05	18,91	10,7	6,6	4,51	4,83	4,02	3,22
11	39,3	20,61	11,67	7,19	4,91	5,26	4,39	3,51
12	42,52	22,3	12,62	7,78	5,31	5,69	4,75	3,8
13	45,72	23,98	13,57	8,37	5,71	6,12	5,1	4,08
14	48,89	25,64	14,51	8,95	6,11	6,55	5,46	4,37
15	52,04	27,3	15,45	9,53	6,51	6,97	5,81	4,65
16	55,17	28,94	16,38	10,1	6,9	7,39	6,16	4,93
17	58,29	30,57	17,3	10,67	7,29	7,81	6,51	5,2
18	38,62	21,85	13,47	9,2	9,86	8,22	6,85	5,48
19	64,46	33,81	19,14	11,8	8,06	8,63	7,19	5,76
20	67,53	35,42	20,05	12,36	8,44	9,04	7,54	6,03
21	70,58	37,02	20,95	12,92	8,82	9,45	7,88	6,3
22	73,62	38,62	21,85	13,47	9,2	9,86	8,22	6,57
23	76,64	40,2	22,75	14,03	9,58	10,26	8,55	6,84
24	79,65	41,78	23,65	14,58	9,96	10,67	8,89	7,11
25	82,65	43,36	24,54	15,13	10,33	11,07	9,22	7,38
26	85,64	44,92	25,42	15,68	10,71	11,47	9,56	7,65
27	88,62	46,48	26,31	16,22	11,08	11,87	9,89	7,91
28	91,58	48,04	27,19	16,76	11,45	12,27	10,22	8,18
29	94,54	49,59	28,07	17,3	11,82	12,66	10,55	8,44
30	97,49	51,14	28,94	17,84	12,19	13,06	10,88	8,7
31	100,43	5,68	29,81	18,38	12,55	13,45	11,21	8,97
32	103,36	54,22	30,68	18,92	12,92	13,84	11,54	9,23
33	106,28	55,75	31,55	19,45	13,28	14,23	11,86	9,49
34	109,19	57,28	32,42	19,99	13,65	14,62	12,19	9,75
35	112,09	58,8	33,28	20,52	14,01	15,01	12,51	10,01
36	114,99	60,32	31,14	21,05	14,37	15,4	12,83	10,27
37	117,88	61,83	35	21,58	14,74	15,79	13,16	10,53
38	120,76	63,35	25,85	22,1	15,1	16,17	13,48	10,78
39	123,64	64,85	35,7	22,63	15,45	15,56	13,8	11,04
40	126,5	66,36	37,56	23,15	15,81	16,94	14,12	11,29
41	129,36	67,86	38,41	23,68	16,17	17,33	14,44	11,55
42	132,22	69,36	39,25	24,2	16,53	17,71	14,76	11,81
43	135,07	70,85	40,2	24,72	16,88	18,09	15,07	12,06
44	137,91	72,34	40,94	25,24	17,24	18,47	15,39	12,31
45	140,74	73,83	41,78	25,76	17,59	18,85	15,71	12,57
46	143,57	75,31	42,62	16,28	17,95	19,23	16,02	12,82
47	146,4	76,79	43,46	26,8	18,3	19,61	16,34	13,07
48	149,21	78,27	44,3	27,31	18,65	19,98	16,65	13,32
49	152,03	79,75	45,13	27,83	19	20,36	16,97	13,57
50	154,83	81,22	45,97	28,34	19,35	20,74	17,28	13,82

ANEXO A3

A3.1. MODELO DE ENCUESTA

UNIVERSIDAD DE CUENCA-CENTROSUR FORMULARIO PARA ENCUESTAS

PROVINCIA:		CANTÓN:		PARROQUIA:	
DIRECCIÓN:				CÓDIGO:	
Nº GRUPO FAMILIAR:				FECHA:	

1) ¿Cuanto paga por energía consumida al mes?

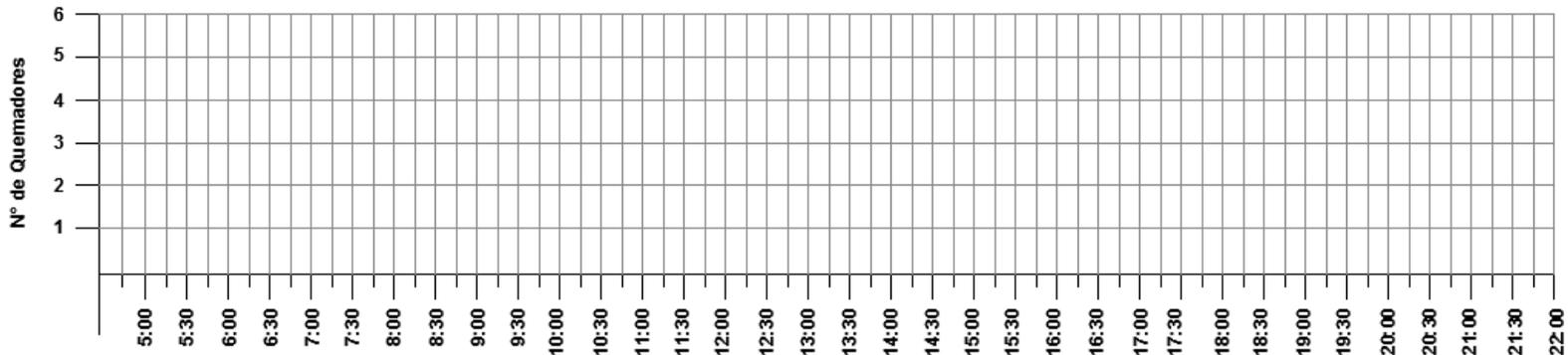
2) ¿Su cocina/cocineta funciona con?

Gas Electricidad Otro

3) ¿Cuántas hornillas/quemadores cuenta su cocina?

1 2 4 6 Otros _____

4) Indique el número de quemadores que utiliza simultáneamente para preparar (desayuno, almuerzo, merienda), especifique la hora y el tiempo



5) ¿Cuántos cilindros/tanques de gas consume aproximadamente al mes para cocinar?

0 1/2 1 1.5 2 3 más de 3

6) Calentamiento de agua para aseo personal

Ducha eléctrica calefón a gas calefón eléctrico otros medios no calienta

7) Indique lo siguiente en cuanto al uso de la ducha.

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Número de personas							
Hora Estimada							
tiempo de uso							

8) Disponibilidad de horno eléctrico y uso

Veces al mes tiempo de uso hora

9) ¿Cuántos cilindros/tanques de gas consume aproximadamente al mes para calentamiento de agua?

0
 1/2
 1
 1.5
 2
 3
 más de 3

10) Características de la vivienda

CASA O DEPARTAMENTO		NÚMERO DE PISOS	
DORMITORIOS		BAÑOS	

11) Posee aire acondicionado, Indique el tiempo de uso y hora

Si No horas de uso desde _____ hasta _____
desde _____ hasta _____

12) De los siguientes artefactos eléctricos especifique cuáles posee en su vivienda y el tiempo estimado de utilización de los mismos.

Número de focos ahorradores _____ Número de focos incandescentes _____

ARTEFACTO	SI	NO	MAÑANA		TARDE		NOCHE		TIEMPO	
			Desde	Hasta	Desde	Hasta	Desde	Hasta	Diario	Semanal
Arrocera										
Batidora										
Cafetera										
Microondas										
Extractor de Jugos										
Tostadora										
Lavadora de platos										
Licuadora										
Otros										

13) Cambiaría su cocina de gas por una de inducción, según el programa de gobierno. Sí No

ANEXO A4

A4.1. ALGORITMO PARA LA OBTENCIÓN DE LOS FACTORES DE COINCIDENCIA

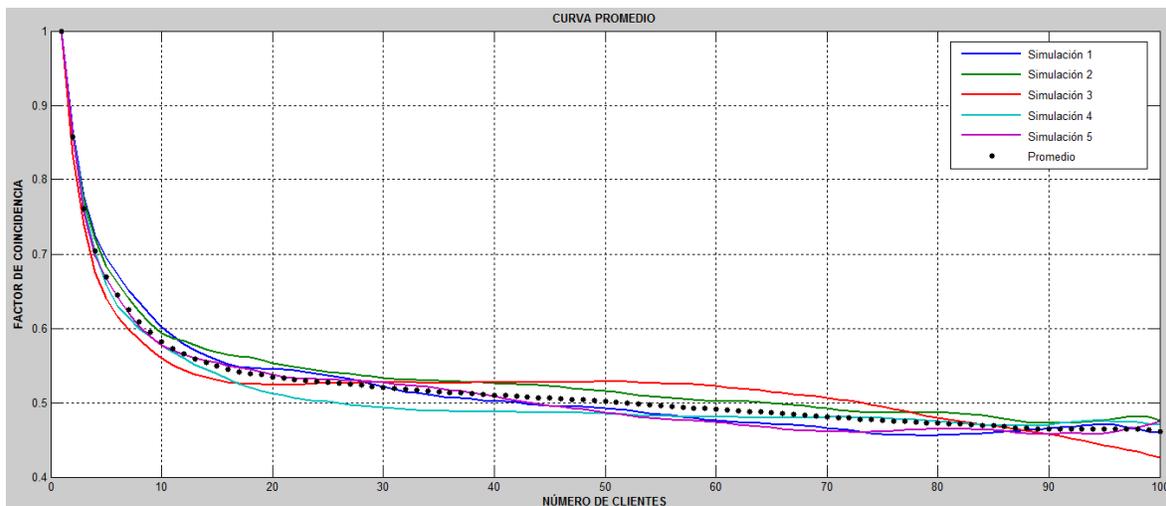
```
clear all
clc
disp('
                                UNIVERSIDAD DE CUENCA - CENTROSUR
                                ')
disp('
                                ')
disp('
                                ')
disp(' Realizado por:
                                ')
disp('                                Álvarez Leonardo
                                ')
disp('                                Apolo Cristhian
                                ')
disp('
                                ')
band=0;
while band==0
    disp('1) Sector Urbano')
    disp('2) Sector Rural')
    disp(' ')
    op1=input('Ingrese la opcion:');
    clear estrato
    switch op1
        case 1
            disp('1) Estrato 1-50kWh')
            disp('2) Estrato 51-110kWh')
            disp('3) Estrato 111-200kWh')
            disp('4) Estrato 201-500kWh')
            disp('5) Estrato >500kWh')
            disp(' ')
            op=input('ingrese el esrato:');
            if op==1;
                estrato=xlsread('MSU.xlsx','Estrato 1-50');
                [m1,n1]=size(estrato);
            elseif op==2;
                estrato=xlsread('MSU.xlsx','Estrato 51-110');
                [m1,n1]=size(estrato);
            elseif op==3;
                estrato=xlsread('MSU.xlsx','Estrato 111-200');
                [m1,n1]=size(estrato);
            elseif op==4;
                estrato=xlsread('MSU.xlsx','Estrato 201-500');
                [m1,n1]=size(estrato);
            elseif op==5;
                estrato=xlsread('MSU.xlsx','Estrato >500');
                [m1,n1]=size(estrato);
            end
        case 2
            disp('1) Estrato 1-50kWh')
            disp('2) Estrato 51-110kWh')
            disp('3) Estrato >110kWh')
            disp(' ')
            op=input('ingrese el esrato:');
            if op==1;
                estrato=xlsread('MSR.xlsx','Estrato 1-50');
                [m1,n1]=size(estrato);
            elseif op==2;
```

```
        estrato=xlsread('MSR.xlsx','Estrato 51-110');
        [m1,n1]=size(estrato);
    elseif op==3;
    estrato=xlsread('MSR.xlsx','Estrato >110');
    [m1,n1]=size(estrato);
    end
end
n=n1;
c=estrato;
for i=1:n
    DMI(i)=max(max(c(:,i)));
end
for j=1:n-1
    clear FC
    for k=1:n-j
        fija=c(:,k);
        for i=k:n-j
            aux=0;
            sum=0;
            u=1;
            m=i;
            while u<=j
                aux=c(:,m+u);
                sum=sum+aux;
                u=u+1;
            end
            d=fija+sum;
            h(:,i)=d;
            DMC(i)=max(h(:,i));
        end
        valor=DMI(k);
        for i=k:n-j
            aux=0;
            sum=0;
            u=1;
            m=i;
            while u<=j
                aux=DMI(m+u);
                sum=sum+aux;
                u=u+1;
            end
            DMIG=valor+sum;
            FC(k,i)=DMC(i)/DMIG;
        end
    end
    fac=FC(find(FC>0));
    factor=sort(factor);
    g=mean(factor);
    z(1,:)=1;
    z(j+1,:)=g;
end
if op1==1 && op==1
    disp(z)
    xlswrite('MSU',z,'Resultados FC','A2')
    y=1:1:n;
    plot(y,z,'*')
else if op1==1 && op==2
```

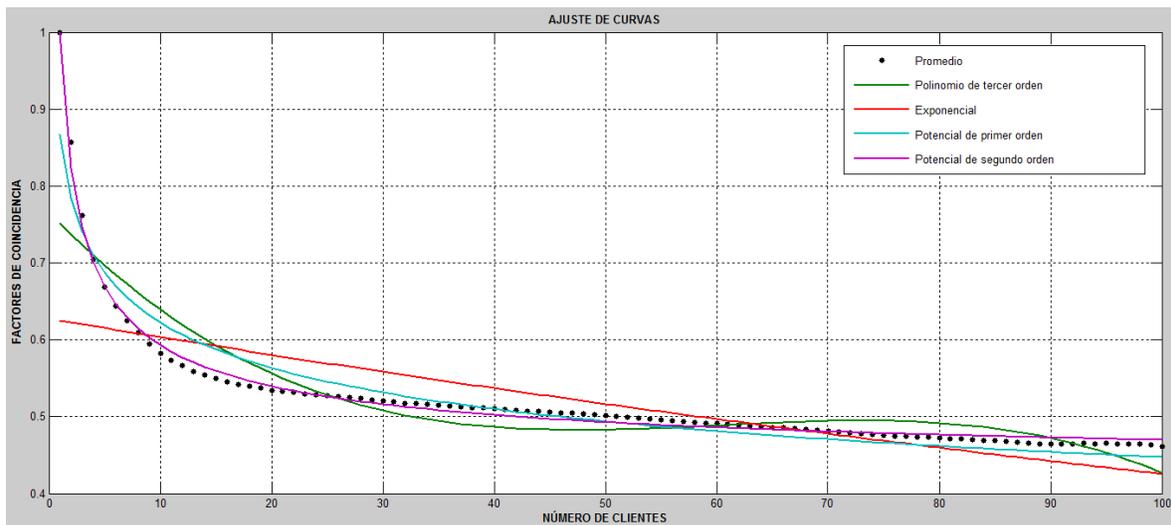

A4.2. SIMULACIONES, CURVA PROMEDIO, AJUSTE Y PARÁMETROS

A4.2.1. SECTOR URBANO ESTRATO 1 – 50 kWh

SIMULACIONES Y CURVA PROMEDIO



AJUSTE DE CURVAS

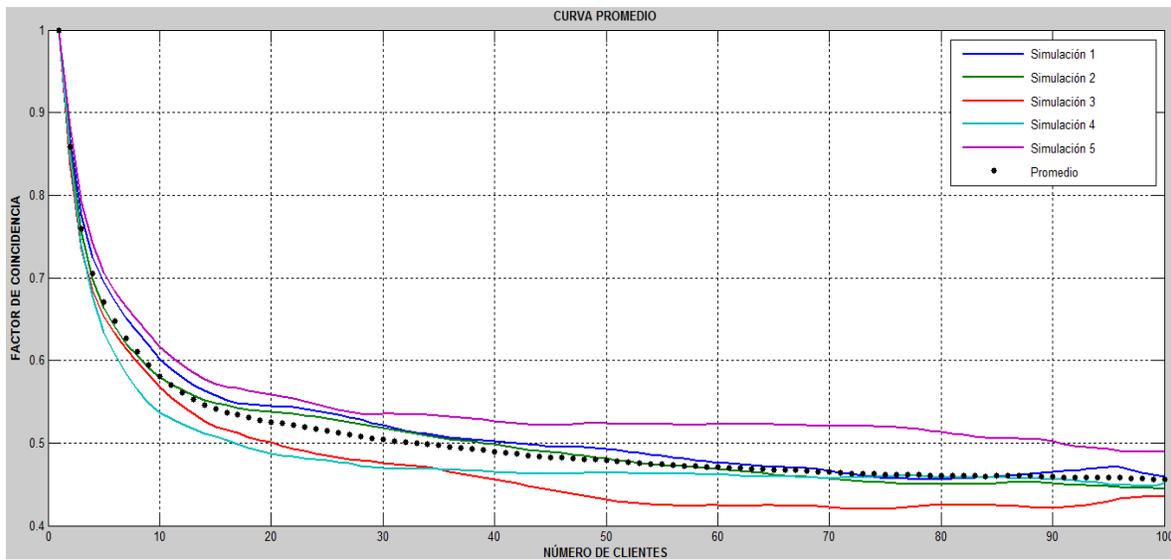


PARÁMETROS DE LA FUNCIÓN POTENCIAL DE SEGUNDO ORDEN

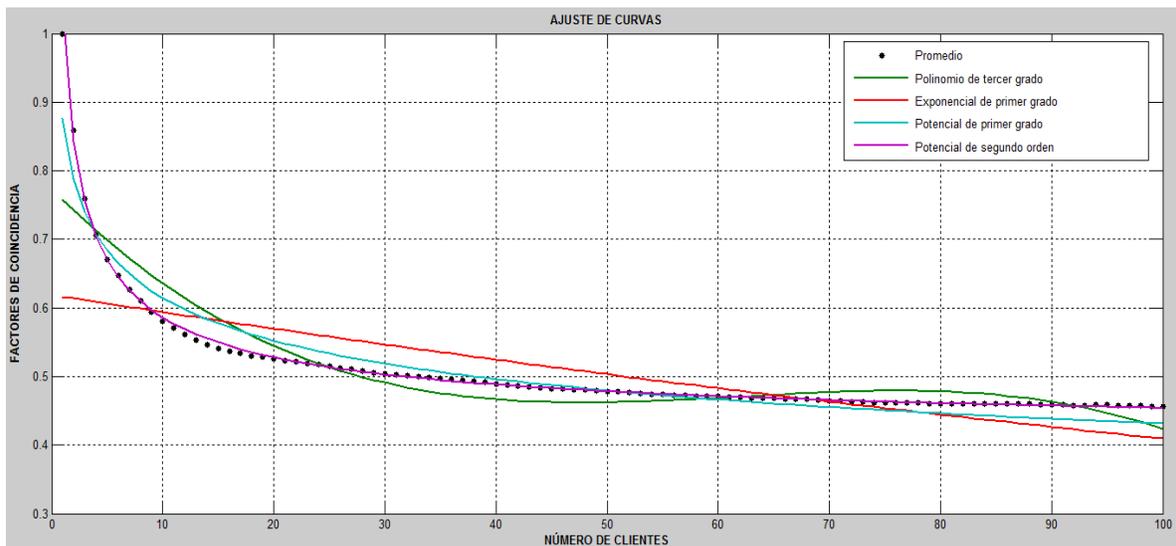
ESTRATO 1-50	$ax^b + c$
a	0,5932
b	-0,5288
c	0,4179
d	-
R	0,9918
SSE	0,005034

A4.2.2. SECTOR URBANO ESTRATO 51 – 110 kWh

SIMULACIONES Y CURVA PROMEDIO



AJUSTE DE CURVAS

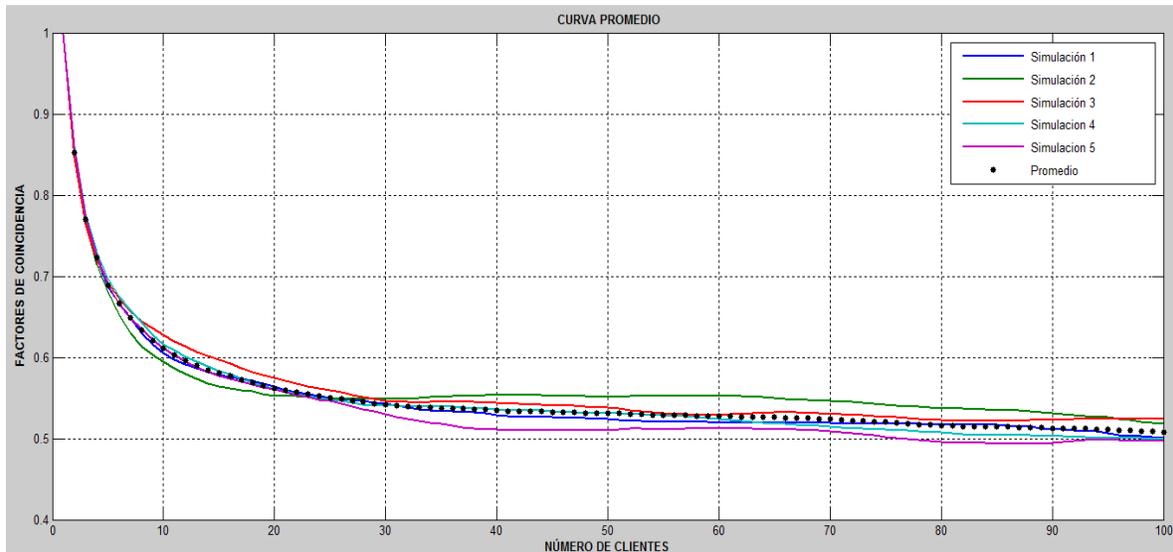


PARÁMETROS DE LA FUNCIÓN POTENCIAL DE SEGUNDO ORDEN

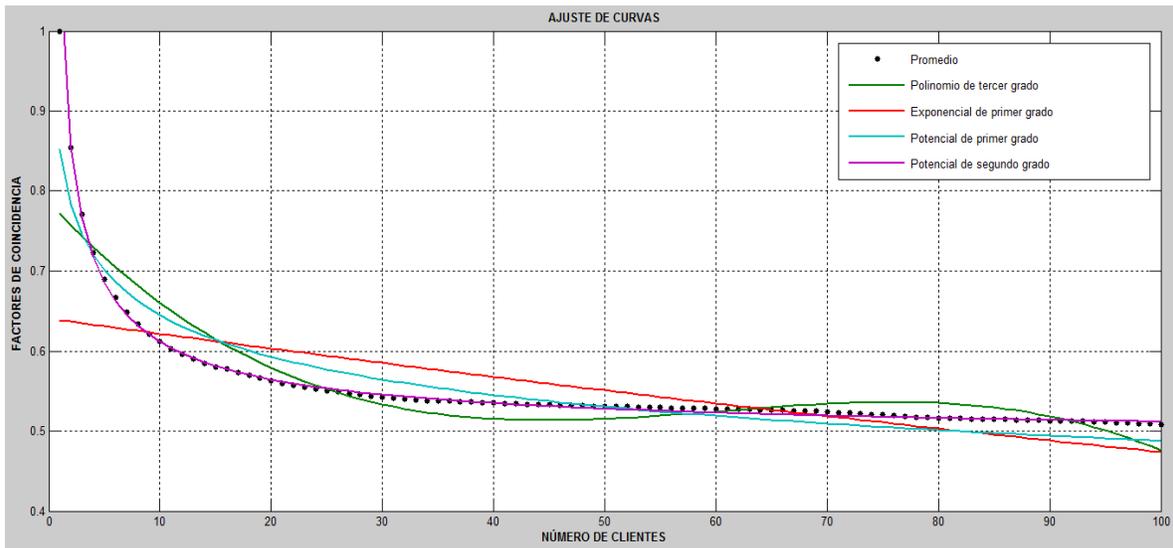
ESTRATO 51-110	$ax^b + c$
a	0,6428
b	-0,5389
c	0,4004
d	-
R	0,9998
SSE	0,000159

A4.2.3. SECTOR URBANO ESTRATO 111 – 200 kWh

SIMULACIONES Y CURVA PROMEDIO



AJUSTE DE CURVAS

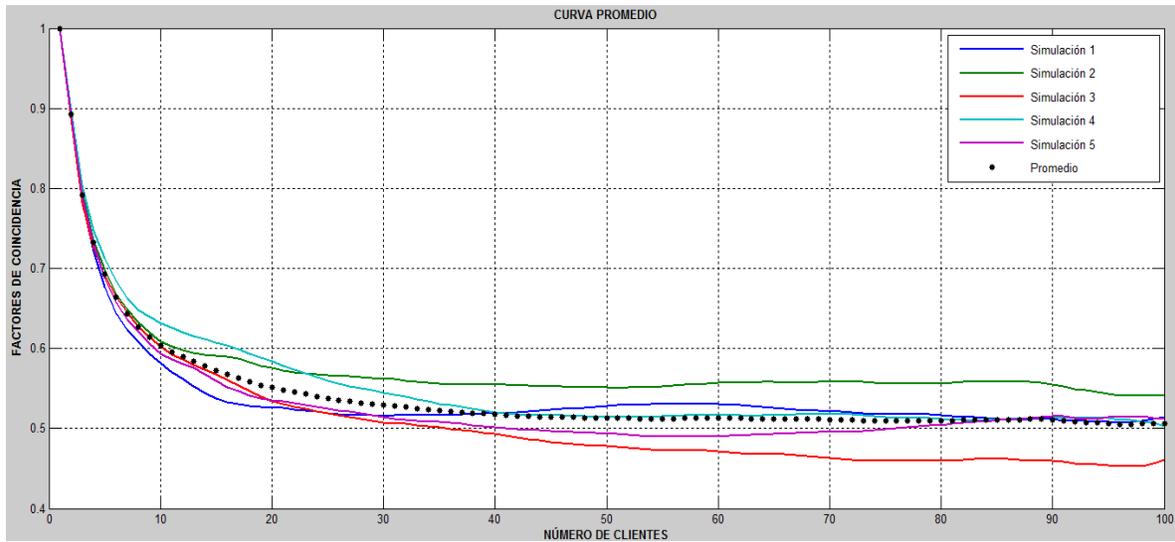


PARÁMETROS DE LA FUNCIÓN POTENCIAL DE SEGUNDO ORDEN

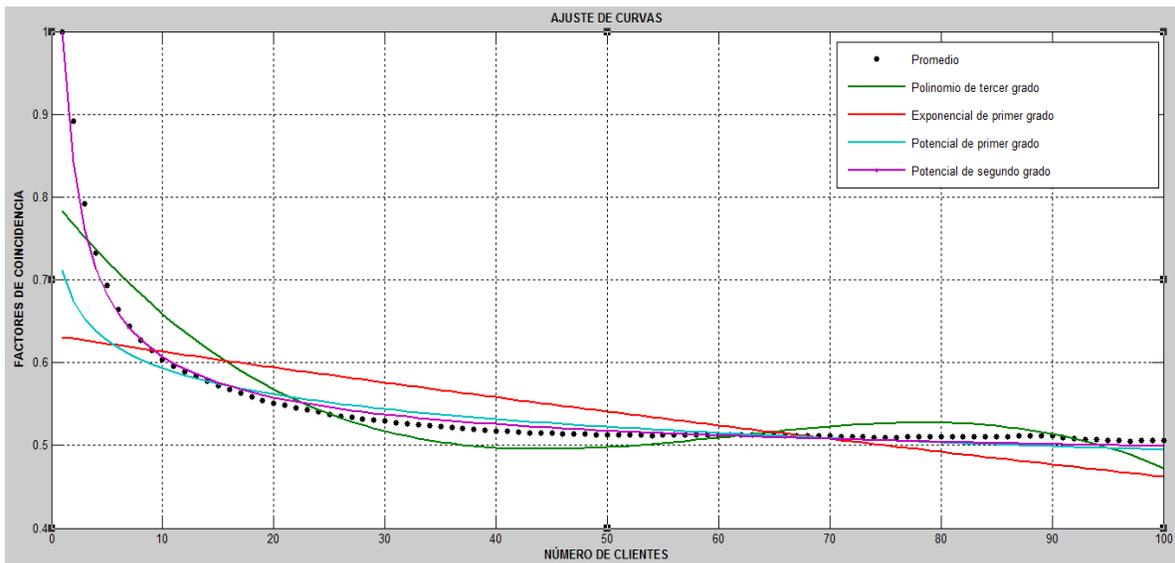
ESTRATO 111-200	$ax^b + c$
a	0,5850
b	-0,6614
c	0,4839
d	-
R	0,9997
SSE	0,000166

A4.2.4. SECTOR URBANO ESTRATO 201 – 500 kWh

SIMULACIONES Y CURVA PROMEDIO



AJUSTE DE CURVAS

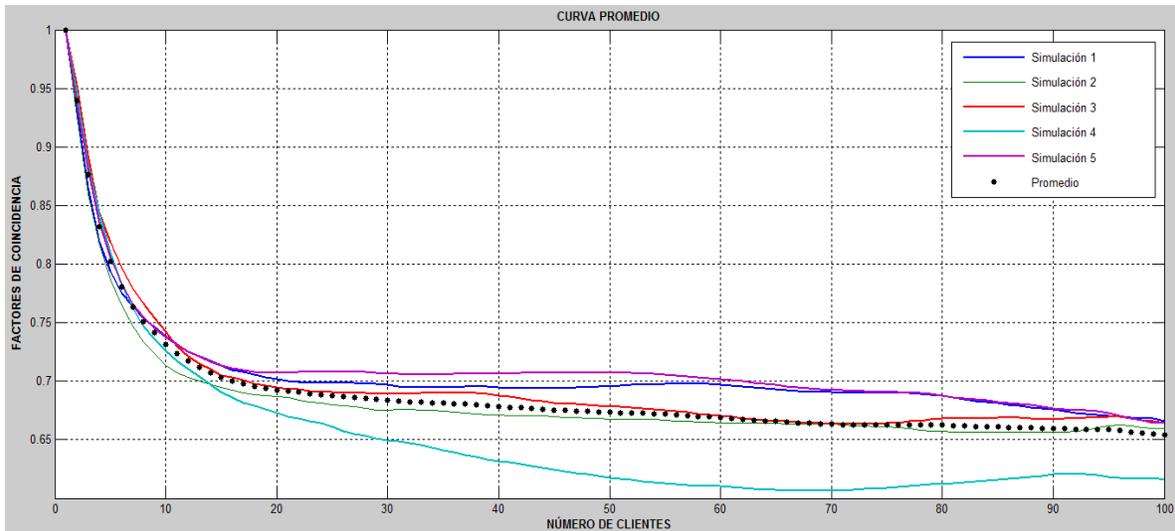


PARÁMETROS DE LA FUNCIÓN POTENCIAL DE SEGUNDO ORDEN

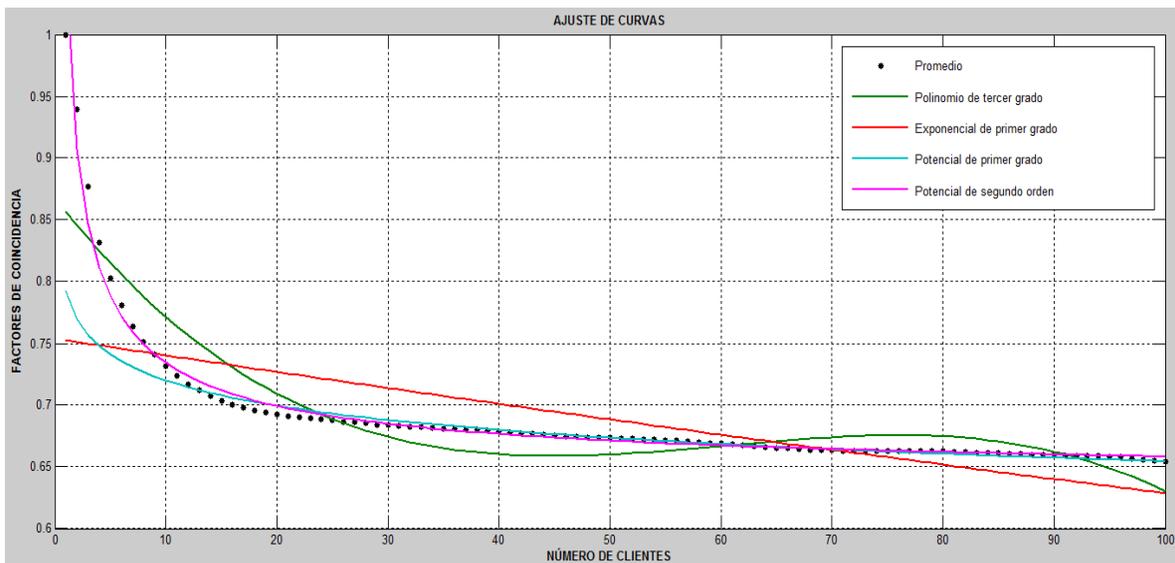
ESTRATO 201-500	$ax^b + c$
a	0,5763
b	-0,6012
c	0,4629
d	-
R	0,9843
SSE	0,008939

A4.2.5. SECTOR URBANO ESTRATO > 500 kWh

SIMULACIONES Y CURVA PROMEDIO



AJUSTE DE CURVAS

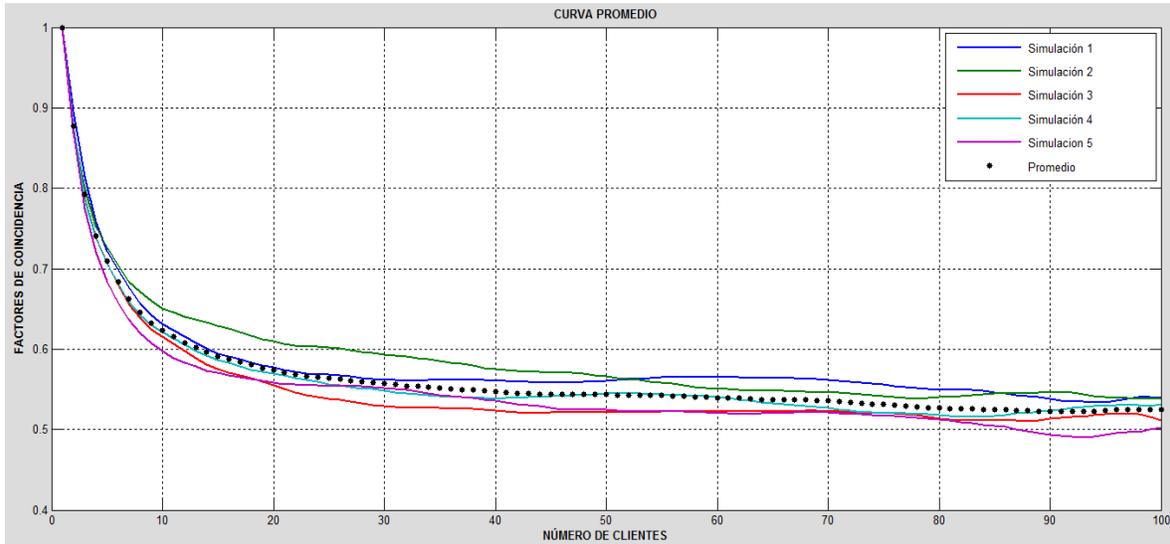


PARÁMETROS DE LA FUNCIÓN POTENCIAL DE SEGUNDO ORDEN

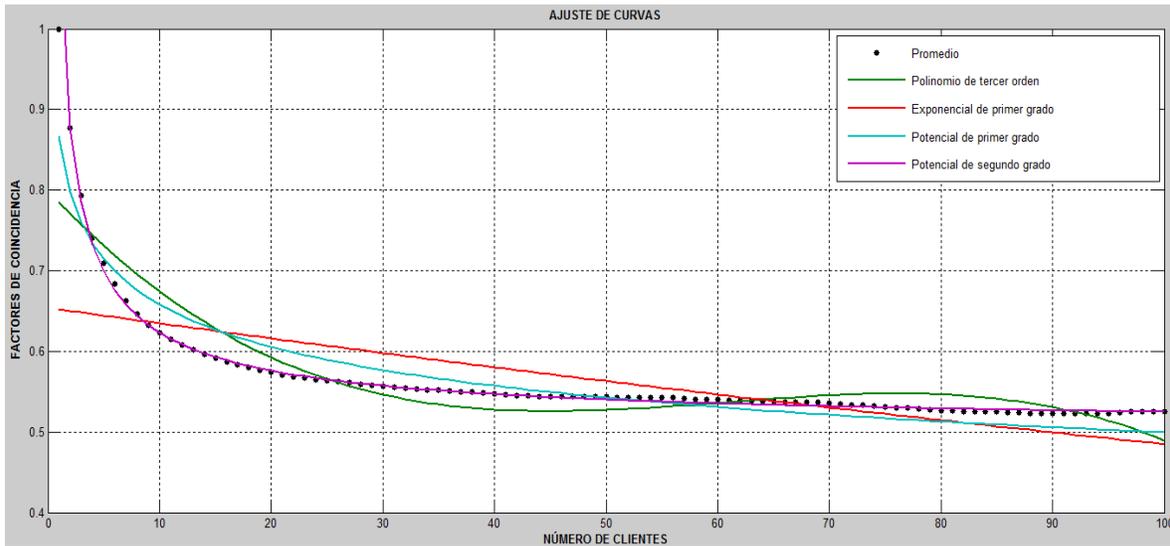
ESTRATO >500	$ax^b + c$
a	0,4198
b	-0,6248
c	0,6348
d	-
R	0,9984
SSE	0,000456

A4.2.6. SECTOR RURAL ESTRATO 1 – 50 kWh

SIMULACIONES Y CURVA PROMEDIO



AJUSTE DE CURVAS

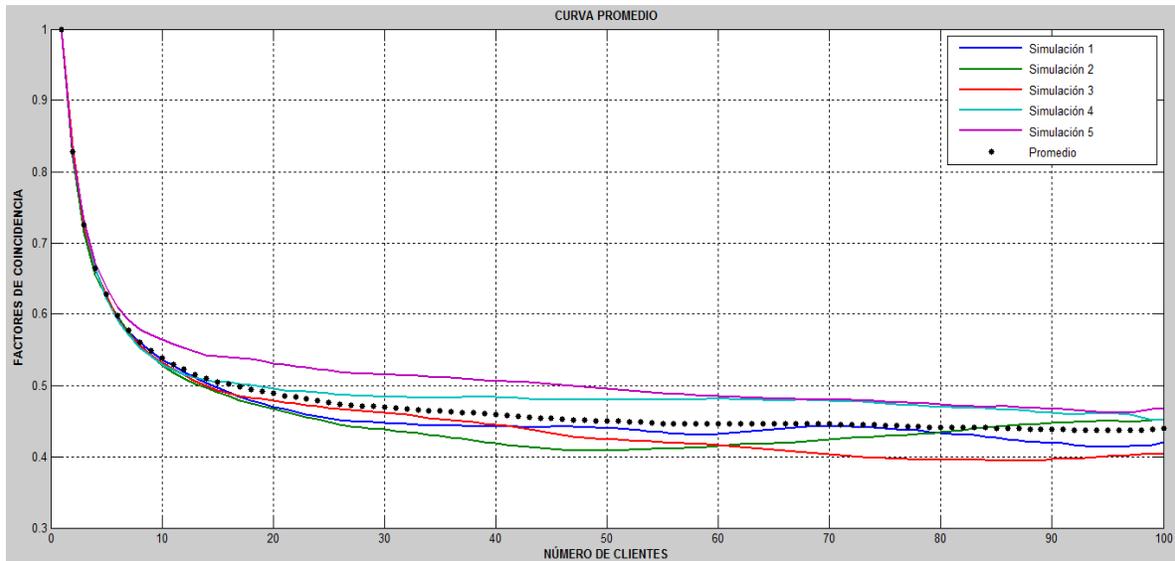


PARÁMETROS DE LA FUNCIÓN POTENCIAL DE SEGUNDO ORDEN

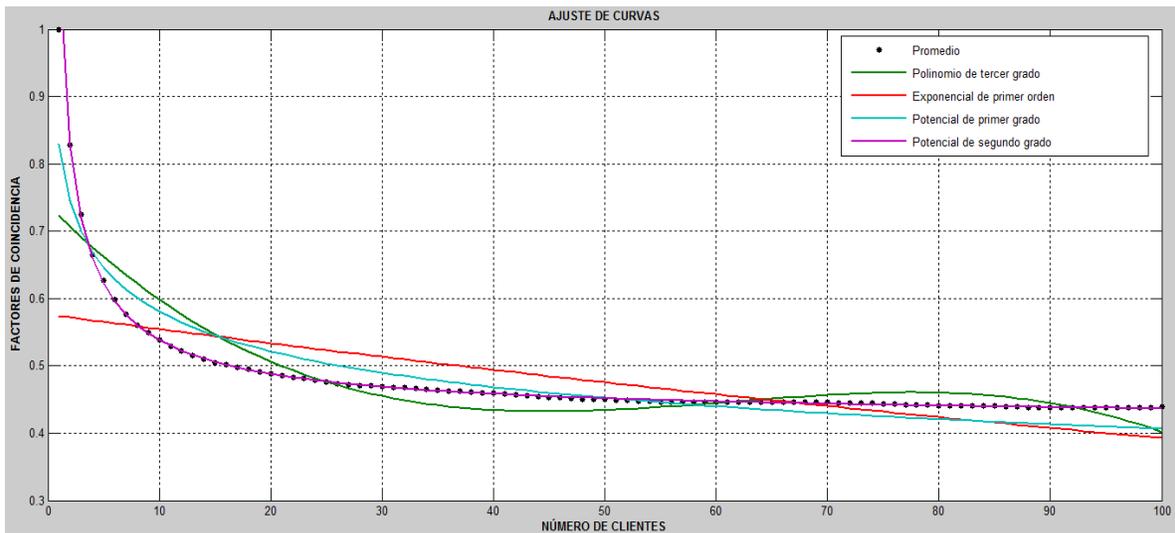
ESTRATO 1-50	$ax^b + c$
a	0,6104
b	-0,6946
c	0,4999
d	-
R	0,9994
SSE	0,000297

A4.2.7. SECTOR RURAL ESTRATO 51 – 110 kWh

SIMULACIONES Y CURVA PROMEDIO



AJUSTE DE CURVAS

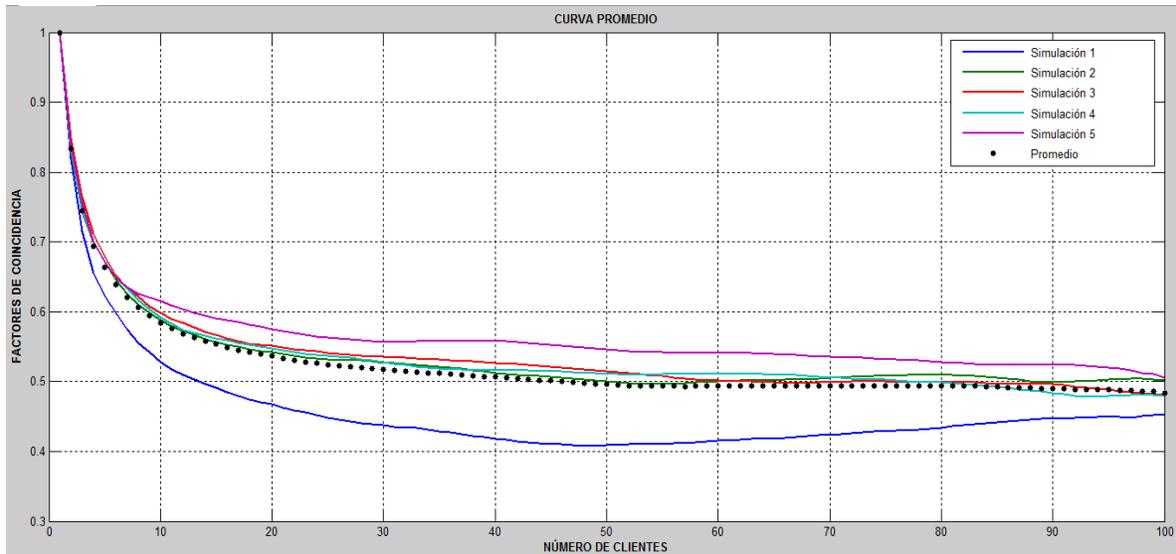


PARÁMETROS DE LA FUNCIÓN POTENCIAL DE SEGUNDO ORDEN

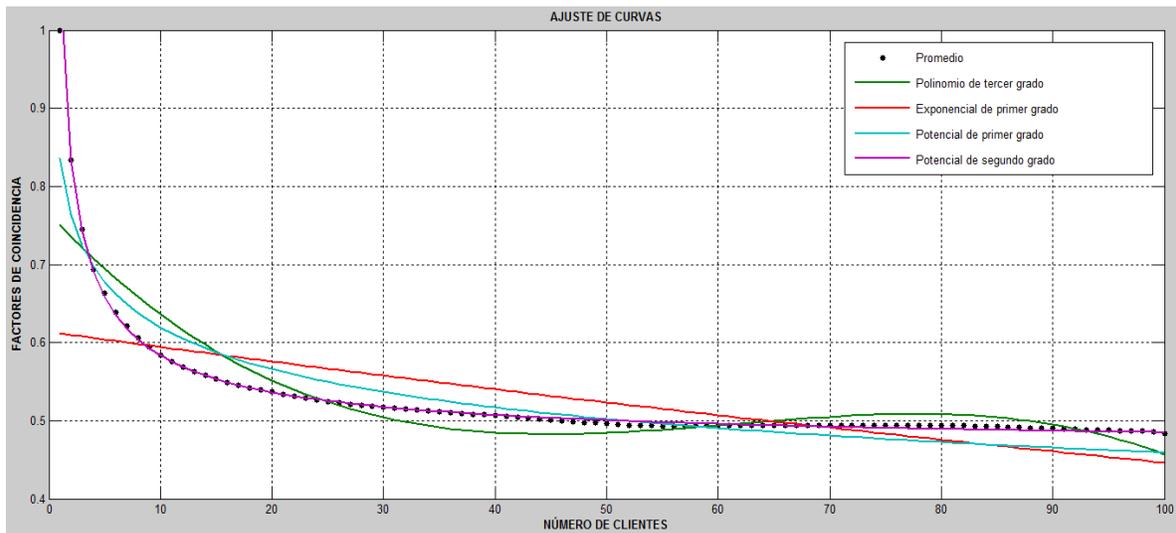
ESTRATO 51-110	$ax^b + c$
a	0,6940
b	-0,7490
c	0,4147
d	-
R	0,9997
SSE	0,000207

A4.2.8. SECTOR RURAL ESTRATO >110 kWh

SIMULACIONES Y CURVA PROMEDIO



AJUSTE DE CURVAS



PARÁMETROS DE LA FUNCIÓN POTENCIAL DE SEGUNDO ORDEN

ESTRATO >110	$ax^b + c$
a	0,6016
b	-0,6869
c	0,4596
d	-
R	0,9997
SSE	0,000134

A4.3. TABLA DE DEMANDA MÁXIMA PROYECTADA APLICADA AL USO DE COCINAS

TABLA DE LA DEMANDA (KVA) SEGÚN LA CATEGORÍA Y NUMERO DE ABONADOS								
CATEGORÍAS								
SECTOR	URBANO					RURAL		
Consumo (kW)	> 500	201-500	111-200	51-110	1-50	> 110	51-110	1-50
CATEGORÍA	A	B	C	D	E	F	G	H
N° Usuarios								
1	-	7,78	6,22	4,44	4,44	4,44	4,44	4,44
2	-	13,11	10,62	7,49	7,37	7,41	7,36	7,80
3	-	17,75	14,31	10,08	10,00	9,90	9,59	10,46
4	-	22,19	17,86	12,53	12,50	12,30	11,74	13,03
5	-	26,52	21,33	14,90	14,91	14,64	13,84	15,54
6	-	30,76	24,74	17,20	17,28	16,94	15,89	18,02
7	-	34,94	28,11	19,46	19,60	19,22	17,93	20,47
8	-	39,07	31,45	21,69	21,88	21,47	19,94	22,89
9	-	43,17	34,76	23,88	24,14	23,70	21,94	25,30
10	-	47,23	38,05	26,06	26,38	25,92	23,93	27,70
11	-	51,27	41,32	28,21	28,59	28,13	25,90	30,08
12	-	55,28	44,57	30,34	30,79	30,33	27,87	32,46
13	-	59,27	47,82	32,46	32,97	32,52	29,83	34,82
14	-	63,25	51,05	34,56	35,15	34,71	31,79	37,18
15	-	67,20	54,27	36,65	37,30	36,88	33,73	39,53
16	-	71,15	57,48	38,73	39,45	39,05	35,68	41,88
17	-	75,08	60,69	40,80	41,59	41,22	37,61	44,22
18	-	79,00	63,88	42,86	43,72	43,38	39,55	46,55
19	-	82,91	67,07	44,92	45,85	45,53	41,48	48,88
20	-	86,81	70,26	46,96	47,96	47,68	43,40	51,21
21	-	90,70	73,43	49,00	50,07	49,83	45,33	53,53
22	-	94,58	76,61	51,03	52,17	51,98	47,25	55,85
23	-	98,46	79,78	53,06	54,27	54,12	49,17	58,17
24	-	102,33	82,94	55,08	56,36	56,26	51,08	60,48
25	-	106,19	86,10	57,09	58,45	58,39	53,00	62,79
26	-	110,04	89,25	59,10	60,53	60,53	54,91	65,10
27	-	113,89	92,41	61,11	62,61	62,66	56,82	67,41
28	-	117,74	95,56	63,11	64,68	64,78	58,73	69,72

TABLA DE LA DEMANDA (KVA) SEGÚN LA CATEGORÍA Y NUMERO DE ABONADOS								
CATEGORÍAS								
SECTOR	URBANO					RURAL		
Consumo (kW)	> 500	201-500	111-200	51-110	1-50	> 110	51-110	1-50
CATEGORÍA	A	B	C	D	E	F	G	H
N° Usuarios								
29	-	121,58	98,70	65,10	66,75	66,91	60,63	72,02
30	-	125,41	101,84	67,10	68,81	69,04	62,54	74,32
31	-	129,24	104,98	69,08	70,87	71,16	64,44	76,62
32	-	133,07	108,12	71,07	72,93	73,28	66,34	78,92
33	-	136,89	111,25	73,05	74,99	75,40	68,24	81,21
34	-	140,70	114,38	75,03	77,04	77,52	70,14	83,50
35	-	144,52	117,51	77,00	79,09	79,63	72,04	85,80
36	-	148,33	120,64	78,97	81,13	81,75	73,93	88,09
37	-	152,13	123,77	80,94	83,17	83,86	75,83	90,38
38	-	155,93	126,89	82,91	85,21	85,97	77,72	92,67
39	-	159,73	130,01	84,87	87,25	88,08	79,62	94,95
40	-	163,53	133,13	86,84	89,29	90,19	81,51	97,24
41	-	167,32	136,25	88,79	91,32	92,30	83,40	99,53
42	-	171,11	139,36	90,75	93,35	94,41	85,29	101,81
43	-	174,90	142,48	92,70	95,38	96,52	87,18	104,09
44	-	178,69	145,59	94,66	97,41	98,62	89,07	106,37
45	-	182,47	148,70	96,61	99,43	100,73	90,96	108,66
46	-	186,25	151,81	98,55	101,45	102,83	92,85	110,94
47	-	190,03	154,92	100,50	103,47	104,93	94,73	113,22
48	-	193,80	158,03	102,44	105,49	107,03	96,62	115,49
49	-	197,58	161,13	104,39	107,51	109,13	98,50	117,77
50	-	201,35	164,24	106,33	109,52	111,23	100,39	120,05
51	-	205,12	167,34	108,27	111,54	113,33	102,27	122,32
52	-	208,89	170,44	110,20	113,55	115,43	104,16	124,60
53	-	212,65	173,54	112,14	115,56	117,53	106,04	126,87
54	-	216,42	176,64	114,07	117,57	119,63	107,92	129,15
55	-	220,18	179,74	116,00	119,57	121,72	109,80	131,42
56	-	223,94	182,84	117,94	121,58	123,82	111,69	133,69
57	-	227,70	185,93	119,86	123,58	125,91	113,57	135,97
58	-	231,45	189,03	121,79	125,59	128,01	115,45	138,24
59	-	235,21	192,12	123,72	127,59	130,10	117,33	140,51

TABLA DE LA DEMANDA (KVA) SEGÚN LA CATEGORÍA Y NÚMERO DE ABONADOS								
CATEGORÍAS								
SECTOR	URBANO					RURAL		
Consumo (kW)	> 500	201-500	111-200	51-110	1-50	> 110	51-110	1-50
CATEGORÍA	A	B	C	D	E	F	G	H
N° Usuarios								
60	-	238,96	195,22	125,64	129,59	132,20	119,21	142,78
61	-	242,71	198,31	127,57	131,59	134,29	121,09	145,05
62	-	246,46	201,40	129,49	133,59	136,38	122,96	147,32
63	-	250,21	204,49	131,41	135,58	138,47	124,84	149,59
64	-	253,96	207,58	133,33	137,58	140,56	126,72	151,86
65	-	257,71	210,67	135,25	139,57	142,65	128,60	154,12
66	-	261,45	213,76	137,17	141,57	144,74	130,47	156,39
67	-	265,20	216,85	139,09	143,56	146,83	132,35	158,66
68	-	268,94	219,93	141,00	145,55	148,92	134,23	160,92
69	-	272,68	223,02	142,92	147,54	151,01	136,10	163,19
70	-	276,42	226,11	144,83	149,53	153,10	137,98	165,45
71	-	280,16	229,19	146,74	151,52	155,19	139,85	167,72
72	-	283,90	232,28	148,65	153,51	157,27	141,73	169,98
73	-	287,63	235,36	150,56	155,49	159,36	143,60	172,25
74	-	291,37	238,44	152,47	157,48	161,45	145,48	174,51
75	-	295,10	241,52	154,38	159,46	163,53	147,35	176,77
76	-	298,84	244,61	156,29	161,45	165,62	149,22	179,04
77	-	302,57	247,69	158,20	163,43	167,70	151,10	181,30
78	-	306,30	250,77	160,10	165,41	169,79	152,97	183,56
79	-	310,03	253,85	162,01	167,39	171,87	154,84	185,82
80	-	313,76	256,93	163,91	169,37	173,96	156,71	188,08
81	-	317,49	260,00	165,82	171,35	176,04	158,59	190,35
82	-	321,21	263,08	167,72	173,33	178,12	160,46	192,61
83	-	324,94	266,16	169,62	175,31	180,21	162,33	194,87
84	-	328,66	269,24	171,52	177,28	182,29	164,20	197,13
85	-	332,39	272,31	173,42	179,26	184,37	166,07	199,39
86	-	336,11	275,39	175,32	181,24	186,45	167,94	201,65
87	-	339,84	278,46	177,22	183,21	188,54	169,81	203,91
88	-	343,56	281,54	179,12	185,19	190,62	171,68	206,16
89	-	347,28	284,61	181,01	187,16	192,70	173,55	208,42
90	-	351,00	287,69	182,91	189,13	194,78	175,42	210,68

TABLA DE LA DEMANDA (KVA) SEGÚN LA CATEGORÍA Y NÚMERO DE ABONADOS								
CATEGORÍAS								
SECTOR	URBANO					RURAL		
Consumo (kW)	> 500	201-500	111-200	51-110	1-50	> 110	51-110	1-50
CATEGORÍA	A	B	C	D	E	F	G	H
Nº Usuarios								
91	-	354,72	290,76	184,81	191,10	196,86	177,29	212,94
92	-	358,44	293,83	186,70	193,07	198,94	179,16	215,20
93	-	362,15	296,91	188,60	195,05	201,02	181,03	217,45
94	-	365,87	299,98	197,02	197,02	204,84	184,57	221,44
95	-	369,59	303,05	198,99	198,99	206,91	186,42	223,68
96	-	373,30	306,12	200,95	200,95	208,97	188,27	225,92
97	-	377,02	309,19	202,92	202,92	211,03	190,12	228,16
98	-	380,73	312,26	204,89	204,89	213,10	191,97	230,40
99	-	384,45	315,33	206,86	206,86	215,16	193,83	232,65
100	-	388,16	318,40	208,82	208,82	217,22	195,68	234,89
101	-	391,87	321,47	210,79	210,79	219,29	197,53	237,13
102	-	395,58	324,54	212,75	212,75	221,35	199,39	239,37
103	-	399,29	327,61	214,72	214,72	223,42	201,24	241,61
104	-	403,00	330,68	216,68	216,68	225,48	203,09	243,85
105	-	406,71	333,75	218,65	218,65	227,54	204,95	246,09
106	-	410,42	336,81	220,61	220,61	229,61	206,80	248,33
107	-	414,13	339,88	222,57	222,57	231,67	208,65	250,58
108	-	417,84	342,95	224,53	224,53	233,74	210,51	252,82
109	-	421,55	346,01	226,50	226,50	235,80	212,36	255,06
110	-	425,25	349,08	228,46	228,46	237,86	214,22	257,30
111	-	428,96	352,15	230,42	230,42	239,93	216,07	259,54
112	-	432,66	355,21	232,38	232,38	241,99	217,92	261,78
113	-	436,37	358,28	234,34	234,34	244,06	219,78	264,03
114	-	440,07	361,34	236,30	236,30	246,12	221,63	266,27
115	-	443,78	364,41	238,25	238,25	248,18	223,49	268,51
116	-	447,48	367,47	240,21	240,21	250,25	225,34	270,75
117	-	451,18	370,53	242,17	242,17	252,31	227,20	272,99
118	-	454,88	373,60	244,13	244,13	254,38	229,05	275,23
119	-	458,59	376,66	246,08	246,08	256,44	230,90	277,48
120	-	462,29	379,72	248,04	248,04	258,50	232,76	279,72
121	-	465,99	382,79	250,00	250,00	260,57	234,61	281,96

TABLA DE LA DEMANDA (KVA) SEGÚN LA CATEGORÍA Y NÚMERO DE ABONADOS								
CATEGORÍAS								
SECTOR	URBANO					RURAL		
Consumo (kW)	> 500	201-500	111-200	51-110	1-50	> 110	51-110	1-50
CATEGORÍA	A	B	C	D	E	F	G	H
N° Usuarios								
122	-	469,69	385,85	251,95	251,95	262,63	236,47	284,20
123	-	473,39	388,91	253,91	253,91	264,70	238,32	286,44
124	-	477,09	391,97	255,86	255,86	266,76	240,18	288,69
125	-	480,79	395,04	248,92	257,82	267,46	240,75	289,58
126	-	484,48	398,10	250,79	259,77	269,53	242,62	291,83
127	-	488,18	401,16	252,67	261,72	271,60	244,48	294,08
128	-	491,88	404,22	254,55	263,68	273,68	246,34	296,33
129	-	495,58	407,28	256,42	265,63	275,75	248,21	298,58
130	-	499,27	410,34	258,30	267,58	277,82	250,07	300,83
131	-	502,97	413,40	260,17	269,53	279,89	251,93	303,08
132	-	506,66	416,46	262,05	271,48	281,97	253,80	305,33
133	-	510,36	419,52	263,92	273,44	284,04	255,66	307,58
134	-	514,05	422,58	265,79	275,39	286,11	257,52	309,83
135	-	517,75	425,64	267,67	277,34	288,18	259,39	312,07
136	-	521,44	428,70	269,54	279,29	290,25	261,25	314,32
137	-	525,13	431,76	271,41	281,24	292,32	263,11	316,57
138	-	528,83	434,81	273,29	283,19	294,39	264,97	318,82
139	-	532,52	437,87	275,16	285,13	296,47	266,84	321,07
140	-	536,21	440,93	277,03	287,08	298,54	268,70	323,32
141	-	539,90	443,99	278,90	289,03	300,61	270,56	325,57
142	-	543,59	447,04	280,77	290,98	302,68	272,42	327,82
143	-	547,29	450,10	282,64	292,93	304,75	274,28	330,06
144	-	550,98	453,16	284,51	294,87	306,82	276,15	332,31
145	-	554,67	456,22	286,38	296,82	308,89	278,01	334,56
146	-	558,36	459,27	288,25	298,77	310,96	279,87	336,81
147	-	562,05	462,33	290,12	300,71	313,03	281,73	339,06
148	-	565,73	465,39	291,99	302,66	315,10	283,59	341,30
149	-	569,42	468,44	293,86	304,61	317,17	285,45	343,55
150	-	573,11	471,50	295,73	306,55	319,24	287,32	345,80