



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**

La Universidad Católica de Loja

## **ÁREA TÉCNICA**

**TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**Metodología para el dimensionamiento de la demanda de energía en  
comunidades aisladas de la red eléctrica.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN.**

**AUTORES:** Alvarado Ochoa, Roger Emilio  
Andrade Carrión, Jorge Armando

**DIRECTOR:** Castro Mendieta, José Raúl, Ing.

**LOJA – ECUADOR**

**2016**



*Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>*

2016

## **APROBACIÓN DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Ingeniero.

**Raúl Castro.**

**DOCENTE DE LA TITULACIÓN**

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: Metodología para el dimensionamiento de la demanda de energía en comunidades aisladas de la red eléctrica realizado por Alvarado Ochoa Roger Emilio, Andrade Jorge Armando ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, Octubre de 2016

f).....

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Nosotros Alvarado Ochoa Roger Emilio, Andrade Jorge Armando declaramos ser autores del presente trabajo de titulación: Metodología para el dimensionamiento de la demanda de energía en comunidades aisladas de la red eléctrica, de la Titulación de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, siendo el Ing. Raúl Castro director del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: "Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad"

f.....

Autor.....

Cedula.....

f.....

Autor.....

Cedula...0706087889.....

## DEDICATORIA

*Dedico esta tesis a Dios quien supo girarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en las adversidades, enseñándome a encarar los problemas sin perder la fe ni desfallecer en el intento.*

*A mi familia quienes por ellos soy lo que soy. Para mis padres y mi hermana por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.*

*A mis maestros quienes nunca desistieron al enseñarme, aun sin importar que muchas veces no ponía atención en clase, a ellos que continuaron depositando su esperanza en mí.*

*A mis amigos y compañeros que me apoyaron y me permitieron entrar a su vida a lo largo de esta carrera.*

*A todos los que me apoyaron para escribir y concluir esta tesis.*

*Roger Emilio*

*Dedico este trabajo principalmente a Dios, por darme el mejor regalo que es la vida, y por permitir que llegue hasta este momento tan importante de mi formación profesional.*

*A mis padres por su apoyo, por su sacrificio y esfuerzo para que pudiera culminar mis estudios.*

*A mi comunidad Lazos de Amor Mariano que más que comunidad ha sido una familia que me ha apoyado en momentos muy difíciles de mi vida.*

*A mi novia Dayanna Chamba que ha estado conmigo incondicionalmente, compartiendo conmigo buenos y malos momentos, por animarme a seguir, por confiar en mí cuando nadie más lo hacía.*

*Jorge*

## **AGRADECIMIENTO**

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerle a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A la UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A mi director de tesis, Ing. Raúl Castro por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Roger Emilio.

En primer lugar agradezco a Dios por haberme permitido llegar a este momento, por darme la fuerza y la perseverancia para llegar a la culminación de mi carrera.

A mis padres por apoyarme en todo el transcurso de mi carrera universitario, ya que sin su ayuda no estaría donde estoy ahora.

Agradezco a mi novia Dayanna Chamba por su amor, por la motivación que siempre me ha dado, sin ella no hubiera llegado a esta etapa de mi vida.

Agradezco a mi director de tesis el Ing. Raul Castro por brindarme los medios, y ayudarme con sus conocimientos, por su paciencia y empeño, y así poner terminación a nuestro Trabajo de fin de Titulación

Jorge

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA .....	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	vi
LISTA DE FIGURAS .....	xii
LISTA DE TABLAS .....	xiv
LISTA DE ABREVIATURAS .....	xv
RESÚMEN.....	1
ABSTRACT .....	2
OBJETIVOS .....	3
INTRODUCCIÓN.....	4
CAPÍTULO I.....	5
ENERGÍAS RENOVABLES .....	5
1.1. Fuentes de energía.....	6
1.2. Consumo de energía. ....	7
1.3. Energías primarias en Ecuador.....	8
1.4. Energías renovables.....	10
1.4.1. Hidráulica .....	10
1.4.2. Geotérmica.....	11
1.4.3. Eólica.....	12
1.4.4. Solar.....	12
1.4.5. Biomasa. ....	13
1.5. Tipos de consumo. ....	13
CAPÍTULO II.....	15
COMUNIDADES AISLADAS.....	15
2.1. Energización en Localidades Rurales Aisladas.....	16

2.2.	Electrificación Rural en Ecuador.....	17
2.3.	Descripción de la situación actual del área de intervención del proyecto.....	18
2.3.1.	Localización.....	18
2.3.2.	Población.....	22
2.3.3.	Centros educacionales.....	23
2.3.4.	Centros de salud.....	23
2.3.5.	Servicios básicos.....	23
2.3.5.1.	Energía eléctrica.....	23
2.3.5.2.	Agua.....	25
2.3.6.	Religión.....	25
2.3.7.	Fiestas tradicionales.....	25
2.3.8.	Vialidad.....	25
2.4.	Aspectos ambientales.....	26
2.4.1.	Aspecto climatológico.....	26
2.4.1.1.	Temperatura.....	28
2.4.1.2.	Humedad.....	28
2.4.1.3.	Precipitación.....	28
2.4.2.	Aspectos físicos.....	31
2.4.2.1.	Afecciones al medio físico.....	31
2.4.2.2.	Topografía de la zona.....	32
2.4.2.3.	Hidrografía.....	33
2.4.3.	Aspectos socioeconómicos.....	33
2.4.3.1.	Principales actividades económicas.....	33
2.4.3.2.	Niveles de educación.....	34
2.4.3.3.	Datos de vivienda y tipos de construcción.....	34
2.4.3.4.	Ingresos mensuales y gastos familiares mensuales.....	36
2.4.3.5.	Uso actual del suelo.....	38
2.5.	Matriz energética del sector rural.....	38
2.5.1.	Usos de la electrificación rural.....	40

2.5.2. Evolución del consumo global del Servicio por Habitante.....	43
2.6. Demanda.....	44
CAPÍTULO III.....	47
DEFINICIONES MATEMÁTICAS.....	47
3.1. Definiciones.....	48
3.1.1. Parámetros para la determinación de la demanda.....	48
3.2. Clasificación de las cargas eléctricas de acuerdo con la confiabilidad.....	53
3.3. Proyección estadística.....	57
3.3.1. Clasificación de los métodos para la proyección.....	58
CAPITULO IV.....	62
ESTUDIO DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA COMUNIDADES AISLADAS MENCIONADAS.....	62
4.1. Categoría Residencial.....	63
4.2. Estimación de la demanda con proyección.....	65
4.2.1. Categoría Residencial.....	65
4.3. Estimación de la curva de potencia.....	66
4.3.1. Consumo Residencial.....	66
4.3.2. Consumo Total.....	68
4.4. Estimación de la demanda máxima unitaria.....	71
4.4.1. Método Empírico (kWh).....	72
4.5.2. Método REA (RURAL ELECTRIFICATION ADMINISTRATION).....	72
4.5.3. Método Empresa Eléctrica Regional del Sur. (EERSSA).....	77
4.5.4. Método PIB Utilizando los modelos econométricos.....	78
4.6. Aplicación de los métodos.....	82
4.6.1. Método Empírico.....	82
4.6.2. Método REA (RURAL ELECTRIFICATION ADMINISTRATION).....	83
4.6.3. Método Empresa Regional del Sur S.A.....	84
4.6.4. Método PIB Utilizando modelos econométricos.....	84
4.7. Análisis de Resultados.....	86

CONCLUSIONES .....	88
BIBLIOGRAFÍA.....	90
ANEXOS.....	96

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Clasificación de las plantas de generación eléctrica. ....	10
Figura 2.1. Ubicación geográfica del cantón Macará.....	19
Figura 2.2. Ubicación geográfica de Angashcola. ....	20
Figura 2.3. Vista del área del barrio Angashcola. ....	21
Figura 2.4. Vista panorámica del barrio Angashcola. ....	22
Figura 2.5. Composición de la Unidad Familiar del barrio Angashcola.....	22
Figura 2.6. Unidad Educativa Dr. Gustavo Ortiz Orellana. ....	23
Figura 2.7. Redes eléctricas. ....	25
Figura 2.8. Vialidad interna del barrio Angashcola. ....	26
Figura 2.9. Mapa de isotermas. ....	29
Figura 2.10. Isoyetas de la parroquia La Victoria. ....	30
Figura 2.11. Mapa de isoyetas de la parroquia La Victoria.....	31
Figura 2.12. Topografía de la comunidad.....	32
Figura 2.13. Actividades económicas del barrio Angashcola.....	33
Figura 2.14. Nivel de instrucción en la comunidad. ....	34
Figura 2.15. Propiedad de la vivienda en la comunidad. ....	35
Figura 2.16. Material de las viviendas. ....	35
Figura 2.17. Ingresos mensuales (USD). ....	36
Figura 2.18. Gastos promedio mensuales en %.....	37
Figura 2.19. Uso actual del suelo.....	38
Figura 2.20. Estructura de consumo del sector residencial rural (%). ....	39
Figura 2.21. Principales actividades del sector rural. ....	41
Figura 2.22. Uso eléctrico. ....	43
Figura 3.1. Curva de carga típica de comunidades aisladas rurales en la región Sierra.....	52
Figura 3.2. Clasificación de los métodos para la proyección. ....	58
Figura 3.3. Métodos más comunes para proyecciones. ....	59
Figura 3.4. Método de aproximación lineal por Mínimos Cuadrados. ....	61
Figura 4.1. Curva de carga diaria para la categoría residencial rural por vivienda. ....	67
Figura 4.2. Plano de vivienda tipo (MIDUVI). ....	68
Figura 4.3. Plano Eléctrico vivienda tipo (MIDUVI).....	69
Figura 4.4. Curva de carga diaria total. ....	71
Figura 4.5. Categorías de consumo eléctrico.....	72
Figura 4.6. kWh/mes/consumidor.....	74

Figura 4.7. Factor A.....	74
Figura 4.8. Consumo de energía y PIB en el Ecuador. ....	79
Figura 4.9. Comparación de los métodos para calcular la demanda de energía. ....	87

## LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1. Coordenadas UTM del barrio Angashcola.....	19
Tabla 2.2. Cobertura del servicio de energía eléctrica. ....	24
Tabla 2.3. Climas térmicos de la parroquia La Victoria. ....	27
Tabla 2.4. Estaciones meteorológicas dentro del área de estudio.....	27
Tabla 2.5. Isoyetas de la parroquia La Victoria. ....	29
Tabla 2.6. Gastos promedios mensuales en USD.....	37
Tabla 2.7. Estructura de consumo energético del sector residencial rural.....	39
Tabla 2.8. Equivalencias energéticas.....	40
Tabla 2.9. Principales actividades del sector rural. ....	40
Tabla 2.10. Crecimientos medios anuales de la demanda de electricidad entre 2003 y 2013. .....	42
Tabla 2.11. Porcentaje del uso eléctrico del sector. ....	42
Tabla 2.12. Consumo de energía eléctrica per cápita. ....	44
Tabla 2.13. Proyección de la población futura.....	45
Tabla 4.1. Demanda estimada de energía por vivienda. ....	64
Tabla 4.2. Demanda estimada para categoría residencial en situación actual. ....	64
Tabla 4.3. Demanda estimada de Energía por Vivienda con el Proyecto. ....	65
Tabla 4.4. Demanda estimada para la categoría residencial con el Proyecto. ....	66
Tabla 4.5. Consumo energético. ....	67
Tabla 4.6. Proyección del consumo eléctrico futuro. ....	70
Tabla 4.7. Consumo final proyectado de la comunidad.....	70
Tabla 4.8. Tipo de clientes en el sector urbano.....	77
Tabla 4.9. Tipo de clientes en el sector rural.....	77
Tabla 4.10. DMUP de acuerdo al tipo de usuario.....	78
Tabla 4.11. Resultados obtenidos con el método empírico. ....	83
Tabla 4.12. Consumo de potencia y energía para los diferentes tipos de usuario.....	84
Tabla 4.13. Métodos que correlacionan la demanda con la carga instalada (kW). ....	86
Tabla 4.14. Métodos que correlacionan la demanda con la energía (kWh). ....	86
Tabla 4.15. Resultados finales de la demanda eléctrica. ....	87

## LISTA DE ABREVIATURAS

**PODT:** Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial.

**EI FERUM:** Fondo de Electrificación Rural y Urbano-Marginal.

**INER:** Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables.

**MEER:** Ministerio de Electrificación y Energías Renovables.

**OLADE:** Organización Latinoamericana de Energía.

**CONELLEC:** Consejo Nacional de Electricidad.

**GLP:** Gas licuado de petróleo.

**MICSE:** Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos.

**LRSE:** Ley de Régimen del Sector Eléctrico.

**UTM:** Sistema de Coordenadas Universal Transversal (Universal Transverse Mercator)

**WGS:** Sistema Geodésico Mundial. (World Geodetic System)

**INAMHI:** Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.

**MIDEPLAN:** Ministerio de Planificación.

**DMU:** Demanda Máxima Unitaria.

**DMP:** Demanda máxima proyectada en el punto dado.

**DMUp:** Demanda máxima unitaria proyectada.

**DMUn:** Demanda máxima unitaria.

**FC:** Factor de coincidencia

**EERSSA:** Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A.

**RUS:** Rural Utilities Service.

**REA:** Rural Electrification Administration.

**DD:** Demanda Diversificada.

**Dp:** Demanda promedio.

**Dn:** Demanda para el período de proyección (cargas de diseño)

**Do:** Demanda actual

**Ci:** Carga instalada

**EH:** Número de horas de carga equivalente.

**ER:** Energías renovables

**FV:** Energía fotovoltaica.

## RESÚMEN

El presente estudio está enfocado en la búsqueda de metodologías que permitan determinar valores de demanda energética, los cuales representa las condiciones reales de consumo dependiendo del tipo de usuario, en nuestro caso vamos a analizar la comunidad de Angascola.

Para el desarrollo del mismo se ha propuesto cumplir con cuatro etapas: Primero, definir conceptos necesarios que nos ayudarán al mejor entendimiento de nuestro proyecto. Segundo vamos a realizar una investigación del medio en el que se desenvuelven dichas comunidades para tener un mayor conocimiento de las mismas. Tercero vamos a definir la matemática de las metodologías que se han propuesto para encontrar la demanda energética. Finalmente aplicaremos las metodologías propuestas y realizaremos el análisis de los resultados encontrados.

Cumplido con estas premisas obtendremos la demanda energética que requieren las comunidades a analizar y daremos como finalizado este estudio.

**PALABRAS CLAVES:** Demanda eléctrica, comunidades rurales aisladas.

## **ABSTRACT**

This study is focused on the search for methodologies to determine values of energy demand, which represents the actual conditions of use depending on the type of customer; in our case we will analyze the Angascola community.

For its development, it has been proposed meet four stages: First, it defines concepts necessary to help us to a better understanding of our project. Second, we will conduct an investigation of the environment in which these communities are developed to have greater knowledge of them. Third, we will define the mathematical methodologies have been proposed to meet energy demand. Finally we apply the proposed methodologies and will make the analysis of the results.

Met these premises will obtain energy demand requiring communities to analyze and give as complete this study.

**KEYWORDS:** Energy Demand, isolated rural communities.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Estudio y gestión de la demanda eléctrica considerando las variables económicas, sociales, demográficas, ambientales, técnicas y tecnológicas, que permita realizar una adecuada planificación para garantizar el suministro de energía en los niveles de confiabilidad y calidad que señala las normativas.

### **Objetivos específicos**

- Emplear una metodología que permita evaluar la demanda eléctrica y que integre los impactos en las variables económicas, sociales, ambientales y tecnológicas.
- Analizar datos e información disponible.
- Analizar los datos económicos y demográficos.
- Elaborar la proyección de consumo en potencia y energía y el nivel de tensión.

## INTRODUCCIÓN

El Gobierno del Ecuador en el año 2008 crea el Ministerio de Electrificación y Energías Renovables teniendo como misión es fomentar el conocimiento y la aplicación de las energías renovables, crear capacidades locales; aprovechar los recursos renovables para el desarrollo sostenible, con base en la seguridad y la diversificación de estos recursos.

En ese mismo periodo, el gobierno ecuatoriano determinó la inconveniencia de continuar con el modelo financiamiento existen de la energización rural y la electrificación urbano-marginal que se basaba en un cobro de 10% en la planilla eléctrica a sus abonados de tipo comercial e industrial. A partir del 2008 y durante los siguientes cuatro años, la electrificación rural y urbano marginal se financiará con recursos del presupuesto general del Estado, para lo cual se dispuso la asignación de recursos por 120 millones de dólares anuales. (CONELEC, MEER, OLADE)

El propósito del Gobierno en el 2010, es acelerar el desarrollo de la electrificación, para alcanzar una mayor cobertura en todo el territorio en función del Plan del Buen Vivir Actualmente esta necesidad obliga a los diferentes actores de la sociedad a la búsqueda de proyectos de energización en sectores ubicados en el área andina, insular y amazónica, además de establecimiento de mecanismos para evaluación de los recursos disponibles en cada uno de los sectores seleccionados

Finalmente para este proyecto se selecciona una zona de estudio ubicada en el Cantón Macara de la provincia de Loja, se estimada que posee un recurso solar que puede ser utilizarse con fines de energización para mejorar la calidad de vida de los residentes de la localidad a estudiar. Asimismo, el hecho de desarrollar un proyecto que considere energías limpias, está acorde a los acuerdos internacionales para estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero que se emiten a la atmósfera en generación de electricidad.

El objetivo general de este trabajo es contribuir al proceso de electrificación rural en Ecuador y al consiguiente mejoramiento de la calidad de vida de lugares aislados, a través de la realización de estudios y evaluaciones necesarias para desarrollo sostenible en la localidad de Angashcola, Parroquia La Victoria, Cantón Macara, Provincia de Loja.

**CAPÍTULO I**  
**ENERGÍAS RENOVABLES**

## 1.1. Fuentes de energía.

### Algunas definiciones

**Energía primaria:** Son las fuentes de energía en estado propio que se extraen de los recursos naturales de manera directa, como en el caso de las energías hidráulica, geotérmica, eólica, solar, o mediante un proceso de prospección, exploración y explotación, como es el caso del petróleo y el gas natural, o mediante recolección, como en el caso de la leña. En algunos casos, como el de la leña y energías no comerciales, la energía primaria puede ser consumida directamente, sin mediar un proceso de transformación.

**Energía secundaria:** Son las diferentes fuentes de energía producidas a partir de energías primarias o secundarias en los distintos centros de transformación, para poder ser consumidas de acuerdo con las tecnologías empleadas en los sectores de consumo. Las formas de energía secundaria pueden resumirse en electricidad (producida de fuentes primarias o secundarias), gas natural seco, gas licuado de petróleo (GLP), gasolinas, diesel, kerosene y combustible jet, fuel oil y productos no energéticos (por ejemplos asfaltos y lubricantes derivados del petróleo). (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2015, pág. ANEXO A)

**Energía eléctrica:** Flujo de electrones producido con base en fuentes primarias de energía, mediante generadores eléctricos, transportada y distribuida hasta las instalaciones del consumidor o usuario final.

**Energías renovables:** Son las procedentes de fuentes que no disminuyen por efecto de su utilización: hidráulica, eólica, solar, geotérmica, biomasa, mareomotriz, nuclear y otras.

**Energías renovables no convencionales:** Se consideran como energías renovables no convencionales a las fuentes: solar, eólica, geotérmica, biomasa, mareomotriz, hidroeléctrica de capacidades menores, en los términos y condiciones establecidas en la normativa, y otras que se llegaren a definir en la regulación respectiva.

**Servicio público de energía eléctrica:** Comprende las actividades de: generación, transmisión, distribución y comercialización, alumbrado público general, importación y exportación de energía. (Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, 2015, pág. 6)

**Oferta de energía:** Es la sumatoria de la producción local, importación y variación de inventario de energía primaria. (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2013, pág. 12)

**Pérdidas de transporte, almacenamiento y distribución:** Es la energía perdida en las actividades de transporte, distribución y almacenamiento de los distintos productos energéticos, tanto primarios como secundarios.

**Pérdidas de transformación:** Son las pérdidas en los centros de transformación que no pueden asignarse a una determinada fuente energética, sino que son consecuencia natural de los procesos de transformación.

**Ajuste o diferencia estadística:** Es la diferencia entre el destino y el origen de la oferta interna de una fuente energética como consecuencia de errores estadísticos. Su valor debe ser naturalmente muy bajo: si es mayor a un 5% indica que debe efectuarse una cuidadosa revisión de los datos básicos a partir de los cuales se calcularon las variables que componen la oferta interna de dicha fuente. (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2013, pág. 16)

## 1.2. Consumo de energía.

Es la energía utilizada ya sea como uso propio del sector energético y en los distintos sectores consumidores, tanto para uso energético como No energético.

**Consumo propio:** Es la energía utilizada por el sector energético para su funcionamiento en las etapas de producción, transformación, transporte, distribución y almacenamiento.

**Consumo final:** Se incluyen todos los flujos energéticos agrupados según los sectores socioeconómicos en que son consumidos, tanto para uso energético como No energético.

**Consumo final energético:** Es la cantidad total de productos primarios y secundarios utilizados por todos los sectores de consumo para la satisfacción de sus necesidades energéticas.

**Consumo final por usos de energía:** Es la energía final utilizada para cada uso energético en los diferentes sectores de consumo. La forma de obtener la información sobre usos finales de energía es realizando periódicamente encuestas y sondeos en los sectores de consumo. En los estudios de campo para determinar usos finales de energía se deben revelar también equipos y sus características a fin de determinar las eficiencias que permitan estimar el consumo de energía útil para cada fuente y uso.

**Consumo de energía útil:** Es la energía efectivamente utilizada en los diferentes sectores y subsectores de consumo, para cada uso final y fuente de energía, considerando las tecnologías empleadas en los mismos y sus eficiencias. Las diferencias entre la energía final

para cada uso, según lo indicado anteriormente, y la energía útil son precisamente las pérdidas en el consumo. De otro modo, el cociente entre energía útil y energía final para cada uso y fuente de energía es la eficiencia de esa fuente en el respectivo uso.

**Consumo final no energético:** Está definido por los consumidores que emplean fuentes energéticas como materia prima para la fabricación de bienes no energéticos, por ejemplo, asfaltos, solventes, azufre, spray oil, etc.

Sintetizando la apertura de los sectores de consumo, se los clasifica de la siguiente manera:

**Sector residencial:** El consumo final de este sector es el correspondiente a los hogares urbanos y rurales del país.

**Sector comercial, servicios y administración pública:** Incluye el consumo de todas las actividades comerciales y de servicio de carácter privado, los consumos energéticos del gobierno a todo nivel (nacional, provincial, municipal), instituciones y empresas de servicio público como educación, salud, etc.

**Sector transporte:** Incluye los consumos de energía de todos los servicios de transporte dentro del territorio nacional, sean públicos o privados, para los distintos medios y modos de transporte de pasajeros y carga (carretera, ferrocarril, aéreo y fluvial-marítimo). (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2015, pág. 198)

**Sector agricultura, pesca y minería:** Comprende los consumos de combustibles relacionados con toda la actividad agropecuaria, silvicultura y la pesquería. Incluye, además, todos los consumos de energía de las actividades extractivas e industriales vinculadas a la minería.

**Sector industrial:** Comprende los consumos energéticos de toda la actividad industrial, ya sea extractiva o manufacturera (pequeña, mediana y gran industria), y para todos los usos, excepto el transporte de mercaderías, que queda incluido en el sector transporte.

**Construcción y otros:** Incluye el consumo energético de las actividades de la construcción y eventualmente otros sectores menores no incluidos en los anteriores. (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2015, pág. 199)

### 1.3. Energías primarias en Ecuador.

La energía eléctrica puede generarse en centrales eléctricas de distintas tecnologías a partir de recursos energéticos renovables y No renovables.

Las energías primarias renovables en Ecuador utilizadas para generar electricidad son:

- Hidroenergía
- Geoenergía (bajo investigación)
- Energía eólica
- Energía solar
- Gas natural
- Biomasa

No se han considerado como posibles fuentes primarias el carbón mineral ni la energía nuclear, cuyas perspectivas aún a largo plazo parecen reducidas en función de la disponibilidad de recursos renovables del país.

Las fuentes de energía No renovables para generación eléctrica en Ecuador son principalmente el diesel y el fuel oil. (Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías, 2015)

En la Figura 1.1 se muestra la clasificación de las plantas de generación energética.

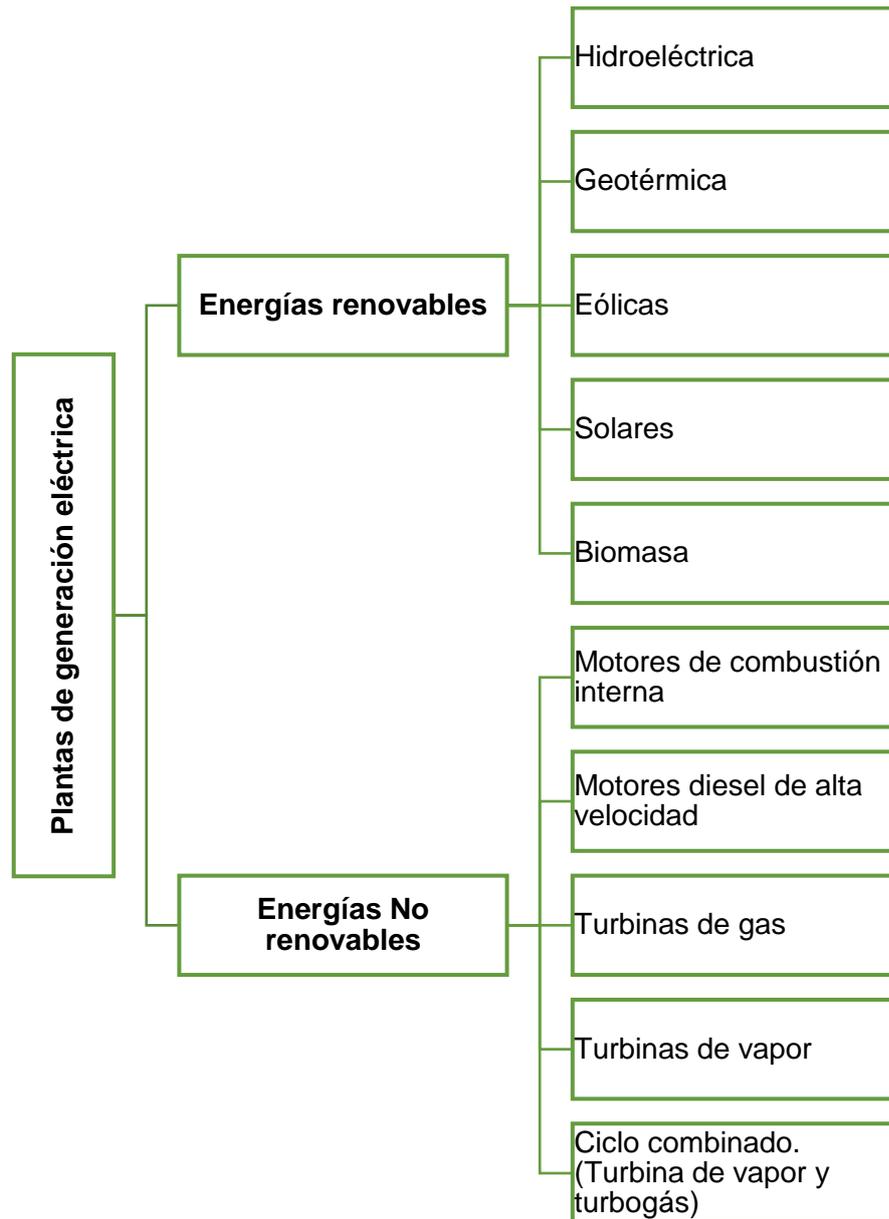


Figura 1.1. Clasificación de las plantas de generación eléctrica.

Fuente: INER

Elaboración: Autores.

## 1.4. Energías renovables

### 1.4.1. Hidráulica

Energía hidráulica es aquella que se obtiene del aprovechamiento de las energías cinética y potencial de la corriente del agua. Es un tipo de energía verde cuando su impacto ambiental

es mínimo y usa la fuerza hídrica sin represarla, en caso contrario es considerada sólo una forma de energía renovable. (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2013)

Nuestro país posee una importante cantidad de recursos hídricos, que se originan en su mayoría en la cordillera de los Andes, su caudal varía de acuerdo a las condiciones climáticas y geográficas a lo largo de su recorrido; se cuenta con 29 sistemas hídricos formados por 79 cuencas. (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2013)

#### **1.4.2. Geotérmica.**

La energía geotérmica es la que puede obtenerse mediante el aprovechamiento del calor del interior de la Tierra. El interior de la tierra está caliente y la temperatura aumenta con la profundidad. (INER)

Las capas profundas están a temperaturas elevadas; y, a menudo, a esa profundidad hay capas freáticas en las que se calienta el agua, generando incluso vapor. El agua caliente o vapor, al ascender a la superficie, da lugar a los géiseres o a las fuentes termales, utilizadas para baños desde la época de los romanos. Actualmente, el progreso en los métodos de perforación y bombeo permiten explotar la energía geotérmica en numerosos lugares del mundo. (INER, 2015)

En la actualidad, el uso de la geotermia en el Ecuador se limita a balnearios y piscinas termales. Según un estudio publicado en el 2010 por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), denominado “Plan para el aprovechamiento de los recursos geotérmicos en el Ecuador”, en el país existen 16 zonas de interés.

En dicho estudio se lista 21 localidades de Ecuador que merecen la realización de estudios de reconocimiento y exploración geotérmica. Debido a su alto potencial para generar electricidad, 5 de estos lugares ya han sido estudiados (Tufiño-Chiles-Cerro Negro, Chachimiro, Chacana, Chalpatán y Chalupas).

El propósito del INER para incentivar esta investigación, es el de retomar el desarrollo en las etapas de reconocimiento y exploración del recurso geotérmico existente en el territorio nacional, iniciado en 1978. Es por esto que se ha incluido a la Geotermia como una línea de investigación prioritaria, que permitirá diversificar la matriz energética, fomentando el uso de energías renovables no convencionales que cubran la demanda energética nacional. (Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías, 2015)

### **1.4.3. Eólica.**

La energía eólica nace del movimiento de las masas de aire que produce el viento, creando energía cinética propia de los cuerpos en movimiento). Desde hace siglos, la energía del viento ha sido utilizada para mover las aspas de los molinos de granos y cereales, así como para extraer aguas subterráneas. (INER, 2016)

En las últimas décadas, se advierte a nivel mundial un sostenido crecimiento de la energía producida en los parques eólicos que, en muchos países, representan un importante componente del total de la oferta de energía eléctrica proveniente de fuentes renovables. (INER, 2016)

Es por esto que el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), realizó el proyecto de investigación denominado “Análisis de un parque eólico en condiciones extremas”. (INER, 2016)

El objetivo de este proyecto es identificar aquellas variables meteorológicas y eléctricas que afecten en mayor medida al rendimiento energético del parque eólico Villonaco (Loja), lo que servirá para la promoción del recurso eólico que aportará a la demanda eléctrica nacional. El estudio de este parque se ha convertido en un pilar fundamental para el desarrollo de la energía eólica en el país. (Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías, 2015)

### **1.4.4. Solar.**

El sol es uno de los recursos más confiables para garantizar la seguridad energética. Se conoce que la cantidad de energía solar que alcanza la superficie de la Tierra podría suministrar todas las necesidades energéticas del planeta. (INER, 2014)

El Ecuador tiene altos niveles de radiación solar, pero la participación de esta fuente para cubrir la demanda energética nacional es mínima, por lo que el país está perdiendo la oportunidad de convertir a la energía solar en la tercera fuente de energía, luego del petróleo y la hidroelectricidad. (INER, 2014)

Al estar en la mitad del mundo, el potencial de aprovechamiento de la energía solar en nuestro país es enorme; y, su uso extensivo ayudaría a alcanzar una independencia energética de largo plazo. Esto significa que es necesario empezar con la cuantificación de este recurso, antes de proponer un proyecto de investigación e inversión que beneficie al país. En este contexto, el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER) está dando los primeros pasos para evaluar el recurso solar y utilizar esta

información como base para futuros proyectos. (Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías, 2015)

#### **1.4.5. Biomasa.**

En el Ecuador, debido a su naturaleza agrícola, la biomasa residual constituye una fuente renovable de energía con un alto potencial de aprovechamiento. La bioenergía o energía de biomasa, es un tipo de energía renovable procedente del aprovechamiento de la materia orgánica formada en algún proceso biológico. (INER, 2015)

Se puede decir que es energía solar captada y almacenada por los organismos fotosintéticos como las plantas.

El Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), en el camino hacia el uso de la biomasa residual con fines energéticos, está desarrollando varios proyectos que tienen como objetivo el aprovechamiento de los recursos naturales para el uso eficiente de la energía en el Ecuador. (Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías, 2015)

#### **1.5. Tipos de consumo.**

Se trata del uso final que se da a la energía eléctrica, la misma que sirve para clasificar a las cargas.

##### **Cargas 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, condominios, 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 bajos de consumo.
- Zona Muy Baja. En esta zona se encuentran los que poseen niveles muy bajo de consumo. (Coronel & Peláez, 2015, pág. 38)

### **Cargas Comerciales.**

Son cargas de actividades comerciales, poseen características resistivas, generalmente se encuentran localizadas en las áreas céntricas de las ciudades, centros comerciales y los edificios de oficinas. (Coronel & Peláez, 2015, pág. 38)

### **Cargas Industriales.**

Estas cargas se caracterizan por tener un importante componente de energía reactiva, esto se da por tener un gran número de motores en sus instalaciones, lo que ocasiona que se tenga que corregir el factor de potencia.

### **Cargas de Alumbrado Público.**

Son de gran uso y su función primordial es el de contribuir a la seguridad ciudadana en las horas nocturnas. Dentro de estas cargas se encuentran luminarias de Mercurio (En desuso), Sodio (baja y alta presión; simple y doble nivel de potencia), Leds y las de Inducción (futuro), con características resistivas. (Coronel & Peláez, 2015, pág. 38)

**CAPÍTULO II**  
**COMUNIDADES AISLADAS**

En este capítulo se realiza una descripción de las comunidades rurales las cuales vamos a analizar y en base a sus datos realizar el estudio energético.

Las redes de distribución rurales son usadas en extensiones territoriales que tienen zonas agrícolas, pecuarias o forestales. Dichas redes deben poder suministrar energía eléctrica con un grado de seguridad y eficiencia, para de esta manera lograr cumplir con las necesidades de cada cliente como el alumbrado de las viviendas y otras que mejoran la calidad de vida como son los aparatos electrodomésticos y la industrialización agropecuaria.

Las redes rurales en el país se han venido desarrollado gracias al Fondo de Electrificación Rural y Urbano-Marginal (FERUM), este es un programa que tiene la finalidad de mejorar las condiciones de vida, llevando energía eléctrica aquellas personas de menores recursos y reducir la exclusión social.

El FERUM ejecuta proyectos eléctricos enfocados a mejorar las condiciones de vida de la población rural y urbano-marginal, sectores históricamente excluidos en lo social y económico, buscando la equidad y procurando crear condiciones propicias que incentiven el desarrollo de los mismos, en aspectos como educación, salud, comunicación, turismo, agroindustria, entre otros, utilizando la energía eléctrica. (Ministero de Electricidad y Energía Renovable, 2014)

En el **ANEXO 1** podemos observar la tasa de pobreza multidimensional en el Ecuador.

En este tipo de redes se toma en cuenta que:

Los usuarios son muy dispersos.

Son zonas de difícil acceso.

Las cargas son generalmente monofásicas.

## **2.1. Energización en Localidades Rurales Aisladas.**

El reto de la electrificación rural en el Ecuador es acentuado por algunas características específicas, tales como:

- Gran dispersión de los consumidores con reducida demanda.
- Concentración de la demanda en un breve periodo del día.

Por estas características, en muchos casos la electrificación rural no tiene interés económico para inversiones privadas y requiere consecuentemente de subsidios públicos.

## **2.2. Electrificación Rural en Ecuador.**

En el Ecuador la demanda de energía eléctrica en los sectores rurales y alejados a líneas de interconexión se trata de suplir con generación termoeléctrica por motores de combustión interna o generadores los cuales proporcionan electricidades muy pocas horas al día en varios poblados, y acrecienta la dependencia al suministro de combustibles.

Actualmente la normativa relativa a la electrificación rural vienen marcada fundamentalmente por la LRSE (LEY DE REGIMEN DEL SECTOR ELECTRICO), en la que se especifica que el Estado promoverá los proyectos de desarrollo de electrificación rural y urbano - marginal, y las obras de electrificación destinadas a la provisión de agua potable. Además se establece el Fondo de Electrificación Rural y Urbano - Marginal (FERUM).

Las normas generales que deben observarse para la planificación y aprobación de proyectos y para la ejecución de obras que se financien con los recursos económicos del FERUM están definidas en el “Reglamento para la Administración del Fondo de Electrificación Rural-Urbano Marginal”.

Desde la creación del FERUM se estima que se ha conseguido aumentar la cobertura de electricidad total en las zonas rurales en un 6%. Según las estadísticas de censo y vivienda del año 2010 la electrificación en el sector rural alcanzaba el 89,03 % y en el sector urbano el 94,77%. Según el Plan Maestro de Electrificación 2013 – 2022 se proyecta alcanzar para el año 2022 un nivel de cobertura eléctrica para el sector rural del 96,29%. (CELEC EP, 2013)

De acuerdo al censo realizado por el INEC en el año 2010, existen en las zonas rurales del Ecuador alrededor 233.275 viviendas que no tienen acceso a la electricidad; por lo cual se estima que aproximadamente un millón de ecuatorianos no cuentan con electricidad. (INEC, 2010)

La cobertura de energía eléctrica en Ecuador aumentó considerablemente en los últimos años; sin embargo, el sector se caracteriza por los bajos niveles de cobertura,

especialmente en áreas rurales; pobre calidad y deficiencia del servicio; una limitada recuperación de costos y un alto nivel de dependencia en las transferencias financieras del gobierno central y de los gobiernos provinciales y seccionales.

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Macará ambiciona destinar recursos económicos para la implementación de varios proyectos dirigido a comunidades rurales con la finalidad de dotar de estos sistemas sean estos de agua potable, alcantarillado, riego, electricidad, etc., tan necesarios para el desarrollo de los pueblos y así mitigar en gran medida los impactos que se producen al no contar con estos servicios. Por ello se ha visto la necesidad de dotar del servicio eléctrico al barrio Angashcola mediante la ejecución en primera instancia de los estudios del proyecto, los mismos que servirán como punto de arranque para la construcción de dicha obra, fundamentalmente conscientes de que una de las causas más frecuentes para el escaso desarrollo de las comunidades rurales, es la falta de cobertura existente en cuanto a servicios básicos.

## **2.3. Descripción de la situación actual del área de intervención del proyecto.**

### **2.3.1. Localización.**

El cantón de Macará se encuentra ubicado al extremo sur occidental de la república del Ecuador, a 79°57'49.39" de longitud oeste y 4°23'13.11" de latitud Sur, tiene 575 kilómetros cuadrados, constituyendo el 5.2% de la superficie de la provincia de Loja, pero es la subcuenca alta más importante del Catamayo - Chira. Como el resto de la Provincia, Macará está situada en los Andes Bajos, recibiendo una mayor influencia tanto del Pacífico, como de la Amazonía, lo cual le otorga una gran originalidad a la región lojana, respecto al conjunto andino de seis mil kilómetros que va desde Venezuela hasta la Patagonia. En esta región, las cadenas montañosas pierden su carácter longitudinal: en el nudo de Graguahuma, las dos cordilleras se anudan, la occidental se debilita, se achica y ramifica en brazos de menor altura, pero de gran rugosidad; solo la cordillera oriental mantiene su dirección, pero es menos alta y ancha. Los suelos de la región son de origen terciario a diferencia de los del norte que proceden de cenizas volcánicas, y adicionalmente, Loja es "un sahel", es decir "un borde, un escalón, una transición al desierto costero del norte del Perú" (Gondard, 1983). Estas notables diferencias respecto al conjunto andino: la de situarse en los Andes Bajos, en la transición al desierto peruano, en un conjunto orográfico de suelos terciarios, e intensamente arrugados. En la Figura 2.1 se muestra la ubicación geográfica del cantón Loja.

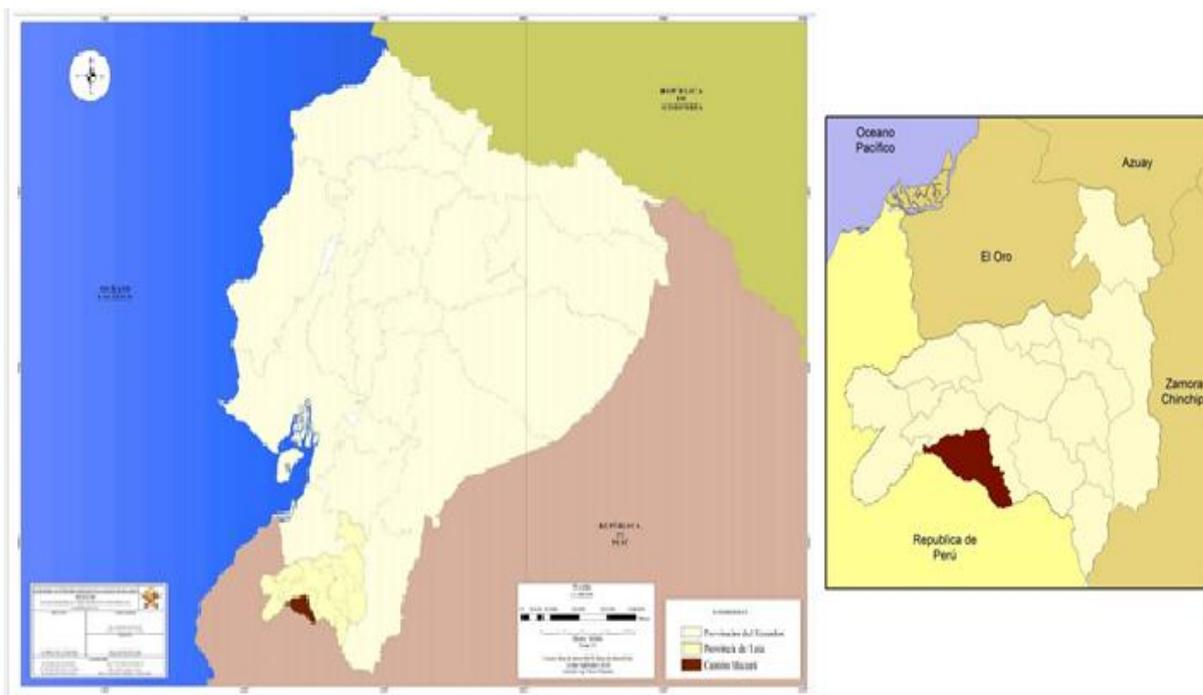


Figura 2.1. Ubicación geográfica del cantón Macará.

Fuente: PDOT Macará.

Elaboración: Autores.

El Barrio de Angashcola se encuentra localizado en la Parroquia la Victoria a 26 km de la ciudad de Macará. Geográficamente el proyecto se encuentra ubicado conforme a las siguientes coordenadas UTM, las mismas que fueron tomadas en la Escuela Dr. Gustavo Ortiz Orellana, todos estos datos se detallan en la Figura 2.2 y la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Coordenadas UTM del barrio Angashcola.

CANTÓN	LOCALIDAD	COORDENADAS		ALTITUD (m.s.n.m)
		X	Y	
MACARÁ	ANGASHCOLA	629243.9877	9509016.4318	628.0000

Fuente: Coordenadas del levantamiento topográfico.

Elaboración: Autores.

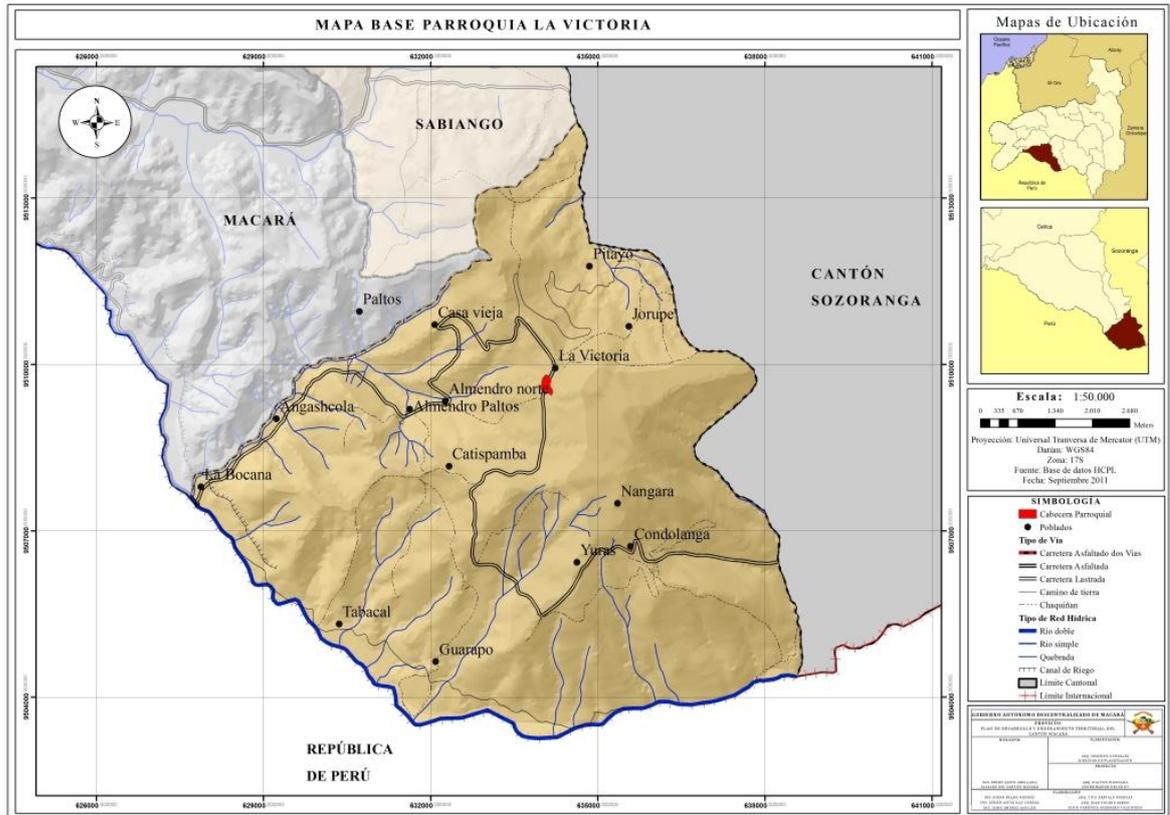


Figura 2.2. Ubicación geográfica de Angashcola.

Fuente: PDOT GAP La Victoria.

El área levantada en el sector de Angashcola es aproximadamente de 177.68 Ha. En la Figura 2.3 se muestra una vista aérea de la ubicación de dicho sector.



Figura 2.3. Vista del área del barrio Angashcola.

Fuente: Google Earth.

Elaboración: Autores.



Figura 2.4. Vista panorámica del barrio Angashcola.

Elaboración: Autores.

### 2.3.2. Población.

En la actualidad el barrio Angashcola cuenta con 151 habitantes, distribuidos en 40 familias, dando un promedio de 3.78 habitantes por vivienda. La estructura de la unidad familiar está conformada en un 41.06 % por hombres, 33.11 % por mujeres y un 25.83 % por niños, estos valores se detallan en la Figura 2.5.

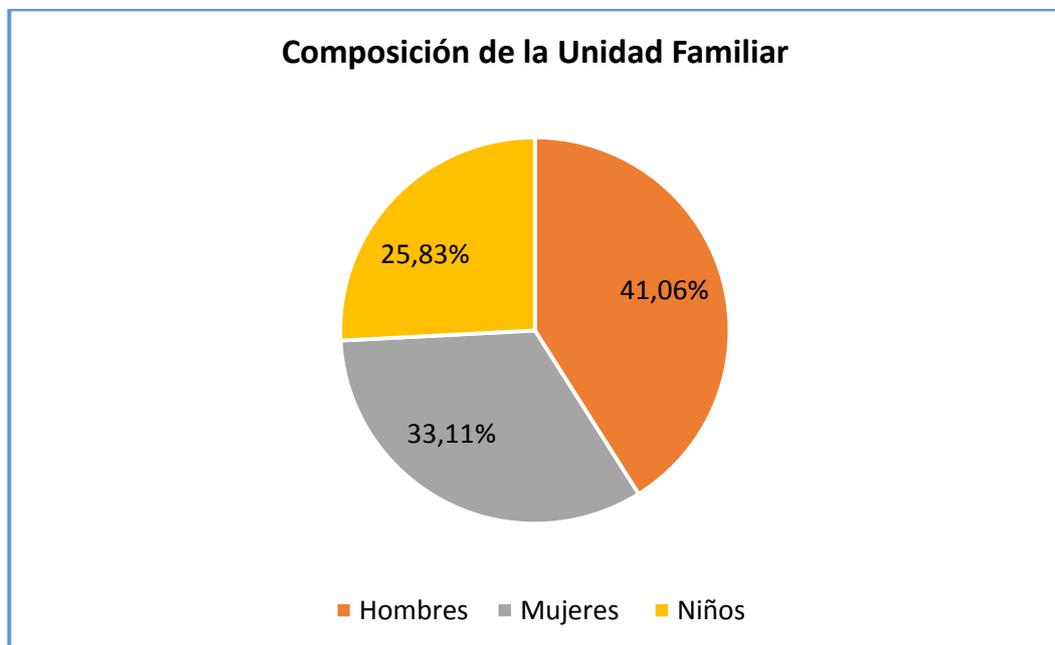


Figura 2.5. Composición de la Unidad Familiar del barrio Angashcola.

Fuente: PDOT GAP La Victoria.

Elaboración: Autores.

### **2.3.3. Centros educacionales.**

En Angashcola existe un centro educativo de carácter público y está administrado por el Ministerio de Educación, el cual se describe a continuación:

**Escuela Fiscal Mixta Dr. Gustavo Ortiz Orellana.-** El establecimiento es de tipo estatal y consta con Aula compartida para vivienda, batería sanitaria y bebedero, en la Figura 2.6 se muestra una fotografía de dicho establecimiento.



Figura 2.6. Unidad Educativa Dr. Gustavo Ortiz Orellana.

Elaboración: Autores.

### **2.3.4. Centros de salud.**

En lo referente a atención en salud, asisten al subcentro de salud de La Victoria o al dispensario del Seguro Social Campesino en el sector de La Bocana, o se trasladan en casos más graves a Macará o a la ciudad de Loja.

### **2.3.5. Servicios básicos.**

Los principales servicios con los que dispone la comunidad son: energía eléctrica, agua entubada y letrinas.

#### **2.3.5.1. Energía eléctrica.**

La parroquia La Victoria es dotada de energía eléctrica mediante el alimentador aéreo “Sozoranga” proveniente de la subestación Macará que distribuye 13.8 Kv y del cual se

ramifica la energía a los diferentes barrios, para las tomas domiciliaria y alumbrado público la energía es convertida a 220 v y 110 v mediante transformadores.

Según el censo de población y vivienda del 2010 la cobertura del servicio de energía eléctrica en la parroquia La Victoria es del 84.37% que representa 340 viviendas ocupadas con personas presentes de las cuales 332 casos reciben luz eléctrica de la red de empresa eléctrica de servicio público y los restantes 8 casos mediante la captación de energía a través de paneles solares, las viviendas que no cuentan con luz eléctrica suman 63 y representan el 15.63% del total de viviendas ocupadas con personas presentes. En la Tabla 2.2 se detalla la cobertura del servicio eléctrico de la parroquia La Victoria.

Tabla 2.2. Cobertura del servicio de energía eléctrica.

<b>Procedencia de luz eléctrica</b>	<b>Casos</b>	<b>%</b>
Red de empresa eléctrica de servicio público	332	82.38%
Panel Solar	8	1.99%
No tiene	63	15.63%
<b>Total</b>	<b>403</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: PDOT-MACARÁ, 2011.

Elaboración: Autores.

El alumbrado público no existe en los barrios Angashcola, Paltos, Condolanga y Nangara, mientras que los barrios que cuentan con el servicio tienen una cobertura básica en la mayoría de los casos se encuentra únicamente alrededor de los equipamientos educativos y recreativos.



Figura 2.7. Redes eléctricas.

Elaboración: Autores.

#### **2.3.5.2. Agua.**

En los barrios Condolanga, Nangara, Yuras y Angashcola, de la parroquia La Victoria el agua que disponen es entubada, con obras precarias en las captaciones, un tanque de almacenamiento y conducciones a través de manguera de polietileno, sin ningún tratamiento del agua. Las comunidades no están organizadas lo que no les permite una adecuada gestión ante los organismos pertinentes en busca de mejoras para sus barrios.

#### **2.3.6. Religión.**

El 100% de pobladores son católicos, la capilla del sector se encuentra deteriorada, la mayoría de los feligreses del sector acuden los domingos a la capilla de la Victoria.

#### **2.3.7. Fiestas tradicionales.**

En lo relacionado a las festividades de la comunidad, priman las de carácter religioso. Para la Semana Santa existen numerosas celebraciones religiosas tradicionales.

#### **2.3.8. Vialidad.**

Para llegar a estos barrios desde la ciudad de Loja, se lo hace por la vía panamericana Loja – Macará (eje N° 3), siendo una vía de primer orden la misma que está conformada por

carpeta asfáltica, o la vía Loja – Cariamanga – Macará, asfaltada pero en malas condiciones.

Para acceder al barrio de Angashcola desde la capital provincial, se lo realiza a través de las siguientes vías: 190km de la vía Loja-Macará y 26km de la vía Macará-Angashcola que presenta unos tramos asfaltada y otros lastrada. En la Figura 2.8 se muestra una fotografía de la vialidad interna del barrio Angashcola.

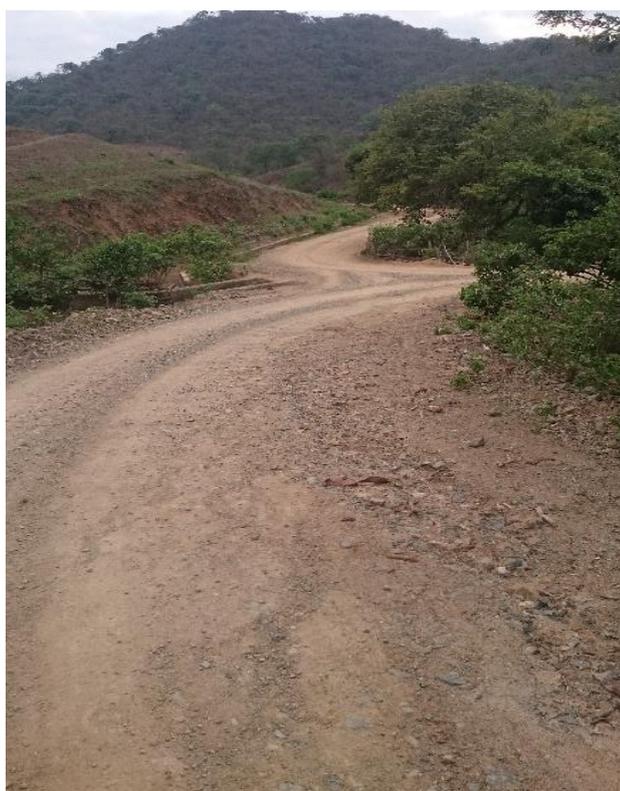


Figura 2.8. Vialidad interna del barrio Angashcola.

Elaboración: Autores.

## **2.4. Aspectos ambientales.**

### **2.4.1. Aspecto climatológico.**

Según la clasificación de pisos térmicos de Cañadas (1983), en la parroquia La Victoria predominan los climas subtropical y tropical, Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Climas térmicos de la parroquia La Victoria.

CLIMA	RÉGIMEN TÉRMICO (°C)	SUPERFICIE (ha)	%
Subtropical	18-20	244,864	55,07
	20-22	3455,837	
Tropical	22-24	3018,821	44,93
<b>TOTAL</b>		6719,522	100,00

Fuente: PDOT GAP La Victoria

Elaborado por: Autores.

En la parroquia predominan los climas subtropical y tropical, ocupando el 55% y el 45% de la extensión territorial respectivamente. Entre los 1000 y 2000 msnm se identifica el clima subtropical con una fluctuación de la temperatura entre 18 y 22°C, mientras que el clima tropical se localiza en las cotas menores a 1000 msnm con un rango entre los 22 y 24°C.

También podemos citar las estaciones meteorológicas, que se encuentran dentro del área de estudio, y que se detallan en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4. Estaciones meteorológicas dentro del área de estudio.

NOMBRE	NORTE	ESTE
MACARÁ	9516923	617063

Fuente: INAMHI (Datum WGS 84).

Elaborado por: Autores.

### Lluvias:

Respecto a la precipitación media anual en el 79% de la extensión parroquial correspondiente a una zona semi – húmeda se presentan precipitaciones entre los 750 y 1000 mm mientras que en el 21% de la extensión se dan precipitaciones entre los 1000 y 1250 mm característico de la zona húmeda, además dichas precipitaciones ocurren en los primeros meses del año desde enero hasta abril.

#### **2.4.1.1. Temperatura.**

El sector en estudio goza de un excelente clima, entre los 1000 y 2000 msnm se identifica el clima subtropical con una fluctuación de la temperatura entre 18 y 22°C, mientras que el clima tropical se localiza en las cotas menores a 1000 msnm con un rango entre los 22 y 24°C.

#### **2.4.1.2. Humedad.**

La humedad relativa promedio en el periodo de 2001 al 2011, registrada para la ciudad de Macará, es 68,7%. En Junio se genera la máxima humedad con un 79%, mientras que en noviembre la humedad es mínima con un valor de 57,3%.

Humedad Máxima.....	79% (mes de Junio)
Humedad Media.....	68,7%
Humedad Mínima.....	57,3% (mes de Noviembre)

Relacionando los periodos por años desde el 2001-2011 la humedad promedio se ha mantenido, variando esta humedad de acuerdo a los periodos o estaciones, siendo la humedad máxima en tiempo de invierno; siendo problemas como sudor, paredes deterioradas por el moho lo que provoca la humedad alta sobre todo en el invierno.

#### **2.4.1.3. Precipitación.**

Para el análisis de la precipitación media anual en la parroquia, no se tiene datos de alguna estación meteorológica, se podría decir que es un área semiseca, la distribución de las lluvias es heterogénea. Tomando como base el mapa de isoyetas, en la parroquia La Victoria se presentan las siguientes zonas pluviométricas (clasificación de Blair), donde se ubica en las zonas de, Semi-Húmedo y las partes altas con una zona húmeda que se detallan a continuación en la Tabla 2.5 y Figura 2.9.

Tabla 2.5. Isoyetas de la parroquia La Victoria.

RANGO (mm)	SUPERFICIE (ha)	%
1000 – 1250 mm	5337.632	79.43
750 – 1000 mm	1382.159	20.57
TOTAL	6719.521	100

Fuente: PDOT GAP La Victoria

Elaboración: Autores.

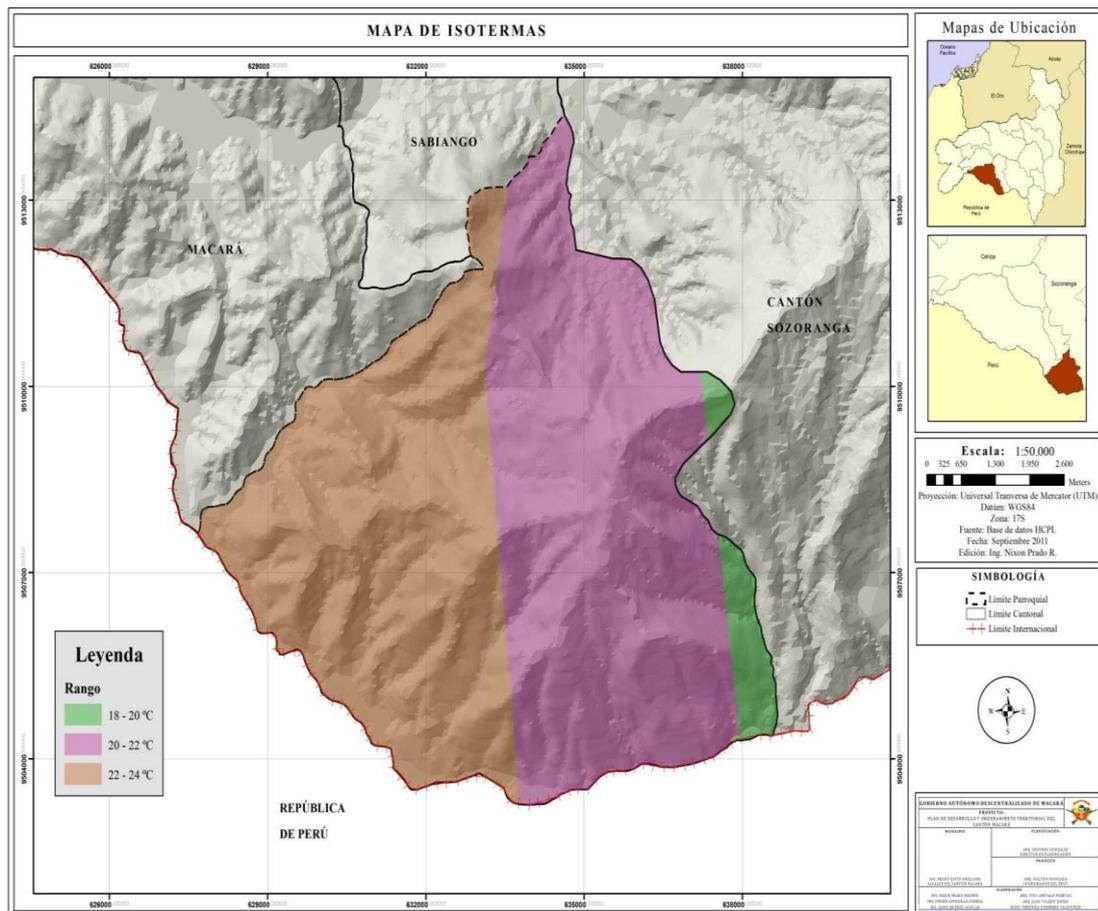


Figura 2.9. Mapa de isotermas.

Fuente: PDOT GAP La Victoria.

Elaboración: Autores.

- a. Semi húmedo.-** Zonas con precipitación entre 750 y 1000 mm al año, ocupa una pequeña extensión del territorio parroquial y localizado en la parte oeste, que incluye las poblaciones de Angashcola, La Bocana, Tabacal y Guarapo.

**b. Húmedo.-** Superior a los 1000 mm anuales con mayores precipitaciones hacia la cima de la cordillera, abarca la mayor parte del área parroquial desde el norte a sur y lado este.

Se tiene un tipo de régimen pluviométrico en la parroquia, que es el de Tipo Costa, con precipitaciones en los primeros meses del año.

El comportamiento del clima con el aumento de la temperatura en °C, teóricamente ha provocado altos niveles de deforestación, para el efecto es necesario emprender en un plan de reforestación con un enfoque de manejo de cuencas hidrográficas.

Otro de los factores climáticos de mucha importancia en la ecología son las precipitaciones pluviales, mismas que en la parroquia La Victoria como en el cantón Macará se hacen presentes principalmente en los meses de enero, febrero, marzo y abril; considerados éstos como los meses más lluviosos. En cambio los meses más secos corresponden a los comprendidos entre mayo y noviembre, siendo los meses de julio y agosto donde existe mayor estiaje. En las Figura 2.10 se muestra el porcentaje de las isoyetas de la parroquia La Victoria, y en la Figura 2.11 se muestra el mapa de las isoyetas de dicha parroquia.

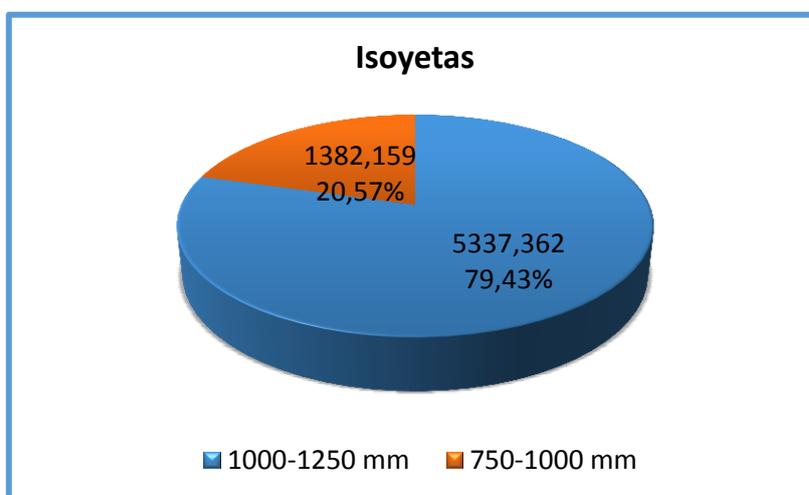


Figura 2.10. Isoyetas de la parroquia La Victoria.

Fuente: PDOT GAP La Victoria.

Elaboración: Autores.

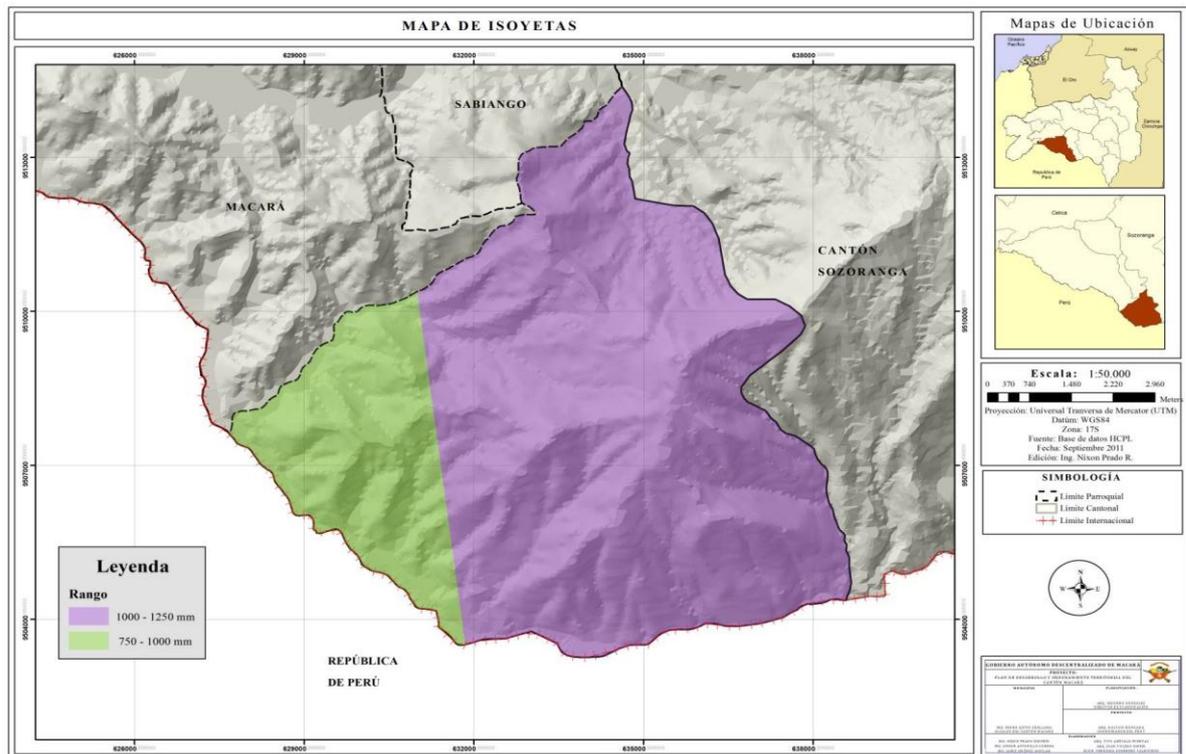


Figura 2.11. Mapa de isoyetas de la parroquia La Victoria.

Fuente: PDOT GAP La Victoria.

Elaboración: Autores.

## 2.4.2. Aspectos físicos.

### 2.4.2.1. Afecciones al medio físico.

Los principales problemas que afectan a Angashcola los cuales se originan por el mal manejo del ambiente, y entre los más importantes encontramos:

- **Contaminación del agua.-** En algunos sistemas falta protección de las captaciones, existe contaminación por heces de ganado y chivos
- **Poca agua de consumo durante el verano.-** La comuna presenta problemas en cantidad de agua durante el verano.
- **Hay menos bosques.-** Los ecosistemas naturales: bosque nativo han disminuido mucho por intervención humana: quemas, ampliación de la frontera agrícola.
- **Sembríos de maíz compiten con el bosque nativo.-** Se sembraron maíz en la parte alta incrementando la frontera agrícola y acabando con las fuentes de agua.

#### 2.4.2.2. Topografía de la zona.

Angashcola se caracteriza por ser una zona irregular con una muy difícil y accidentada topografía. Los rangos de pendientes establecidos entre ciertos valores máximos y mínimos, por ciertas características que permiten determinar terrenos que puedan utilizarse para usos urbanos y en cuales se tendrían limitaciones. Dentro del área del proyecto se han establecidos cuatro rangos de pendientes:

1. Del 0% al 10% siendo suelos urbanizables.
2. Del 10% al 20% suelos que tienen una inclinación.
3. Del 20% al 30% suelos con una inclinación mayor.
4. Pendientes mayores al 30% son pendientes muy inclinadas y no aptas para urbanizar.

Dicho esto Angashcola presenta una geografía muy accidentada, en este territorio existen una amplia gama de flora y fauna, clima y topografía.

Las áreas aptas para asentamientos humanos y labores agrícolas se circunscriben a zonas relativamente planas (faldeos y mesetas con pendientes inferiores al 30%) que se presentan en forma discontinua, principalmente siguiendo los valles y pequeñas planicies de fondo-valle, a continuación en la Figura 2.12 se muestran fotografías de la topografía de la comunidad.



Figura 2.12. Topografía de la comunidad.

Elaboración: Autores.

### 2.4.2.3. Hidrografía.

En la extensión territorial de la parroquia La Victoria se identifican las siguientes quebradas: Angashcola, Ardillas, Guásimo, Hueco de Rueda, Limón, Luguime, Palacras, Palto y Simoras, además el río limítrofe con la república del Perú llamado Macará (Calvas).

### 2.4.3. Aspectos socioeconómicos.

#### 2.4.3.1. Principales actividades económicas.

El barrio Angashcola, tiene una actividad económica bastante limitada, pues la mayoría de sectores posee estas actividades solo para satisfacer el autoconsumo. Se practica mayoritariamente la agricultura, en el caso de los productos que si se destinan para la venta su comercialización es principalmente dentro de la comunidad, hacia Macará y hacia Loja.

La actividad económica realizada por los jefes de familia tanto hombre como mujeres y que sobresalen son las vinculadas a la agricultura con un 57.50%, una población fundamentada económicamente en la producción agrícola, aunque ésta sea en gran mayoría destinada para el consumo local y en menor proporción a otros lugares. La actividad económica más importante de las mujeres es la de quehaceres domésticos 35.00% y el restante 7.50% se dedica a otra actividad complementaria. (Figura 2.13).

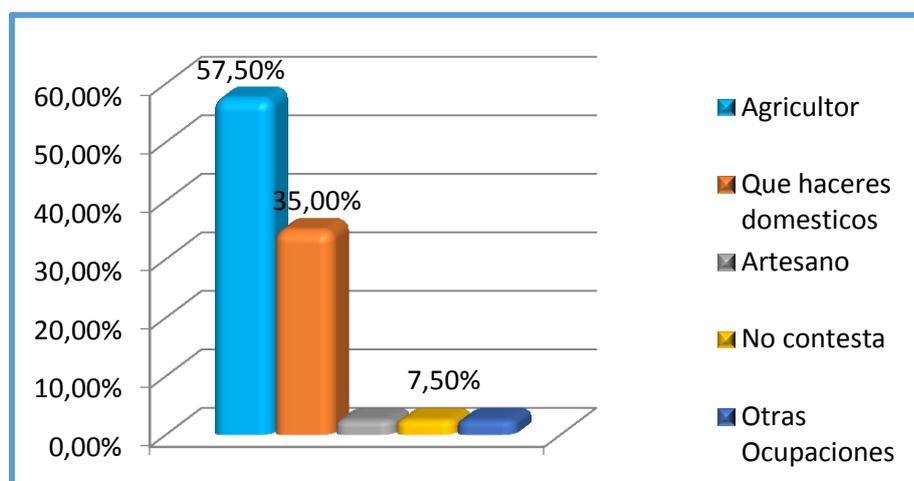


Figura 2.13. Actividades económicas del barrio Angashcola.

Fuente: Encuesta Socio – Económica.

Elaboración: Autores.

### 2.4.3.2. Niveles de educación.

El nivel de educación de la comunidad no es el adecuado, el porcentaje de personas que poseen instrucción primaria es del 22.50 %, mientras que sólo el 2.50 % de las personas han recibido instrucción secundaria, estos datos se detallan en la Figura 2.14.

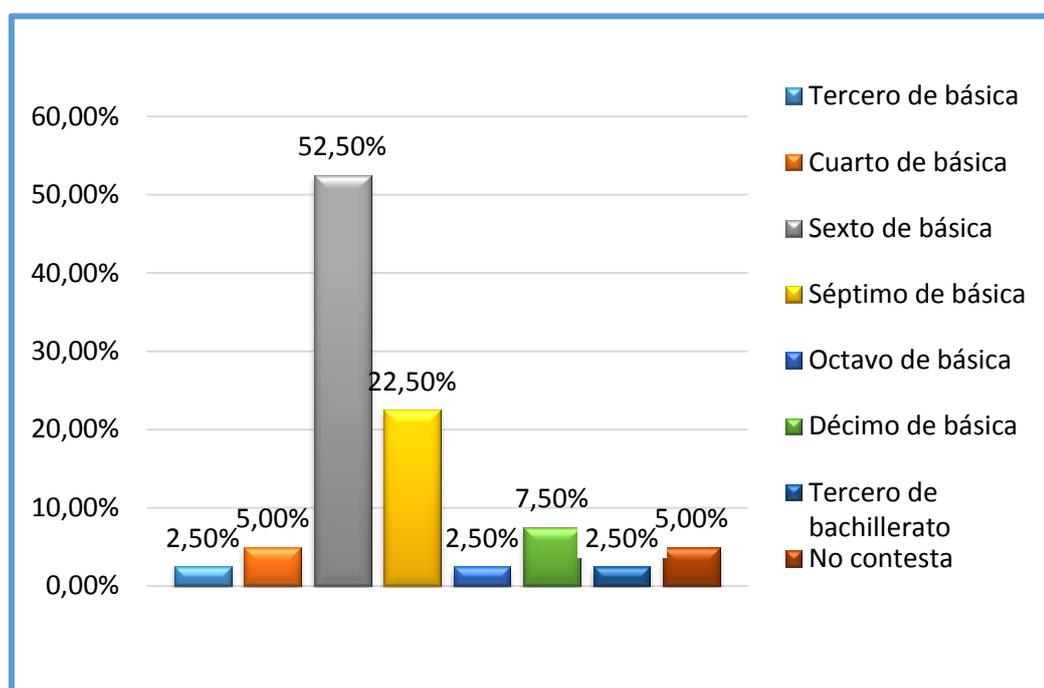


Figura 2.14. Nivel de instrucción en la comunidad.

Fuente: Encuesta Socio – Económica

Elaboración: Autores.

### 2.4.3.3. Datos de vivienda y tipos de construcción.

De las encuestas realizadas se desprende que el 50.00 % de las viviendas son propias y de uso residencial, el 27.50 % de los domicilios son alquilados, un 7.50 % de las casas son prestadas y un porcentaje similar se encuentran en construcción, todos estos datos se detallan en la Figura 2.15.

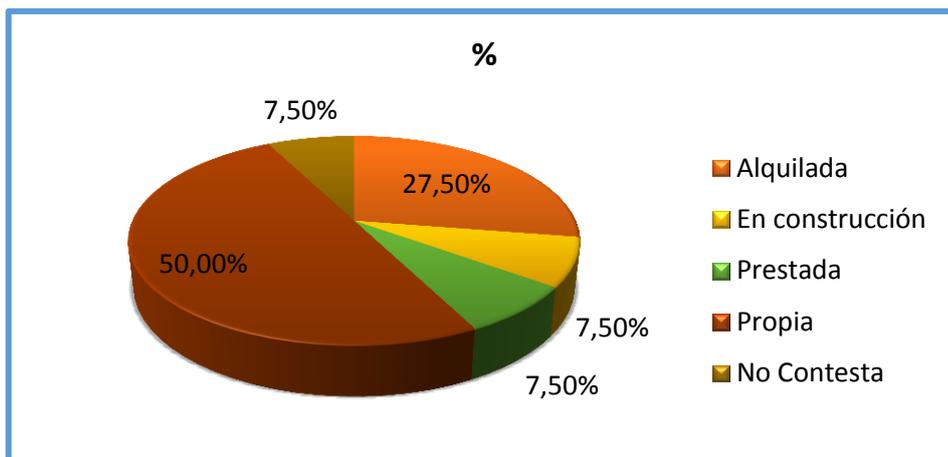


Figura 2.15. Propiedad de la vivienda en la comunidad.

Fuente: Encuesta Socio – Económica.

Elaboración: Autores.

El material predominante utilizado en la construcción de las viviendas es el ladrillo alcanzando el 57.50 % de las casas edificadas, mientras que el 27.50 % de las viviendas son de adobe o tapial, el 5.0% son de madera y el 10. 0% de los encuestados no contesta esta pregunta, a continuación en la Figura 2.16 se detallan estos valores.

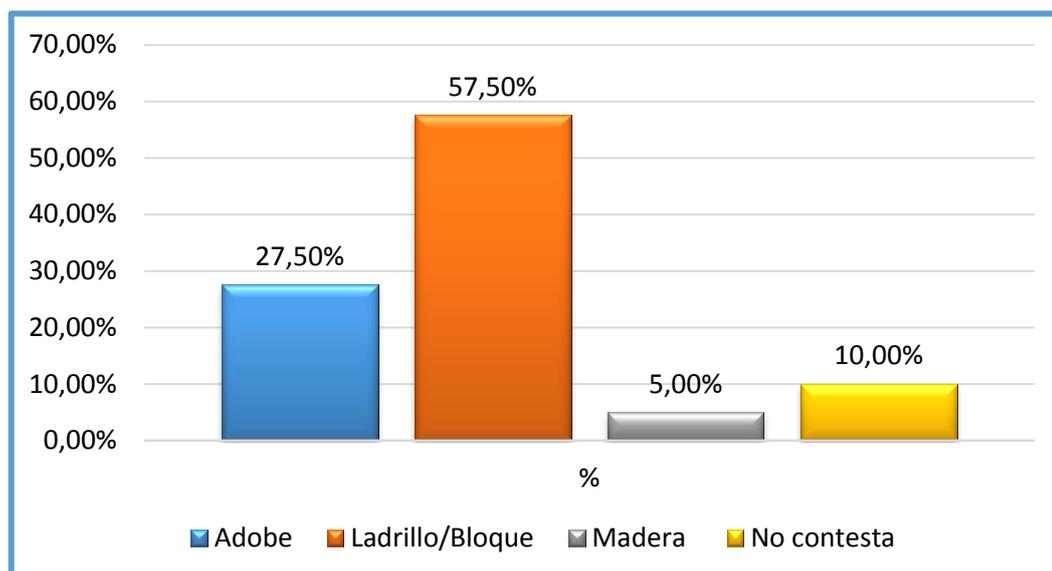


Figura 2.16. Material de las viviendas.

Fuente: Encuesta Socio – Económica.

Elaboración: Autores.

#### 2.4.3.4. Ingresos mensuales y gastos familiares mensuales.

Podemos decir que los ingresos promedios mensuales de cada familia según las encuestas realizadas es que el 15.12 % tienen ingresos mayores a los 300 USD, valores que fluctúan de 201 USD a 300 USD el 50.52 %, ingresos de 101 USD a 200 USD el 21.31 %, y familias con ingresos inferiores a los 100 USD el 13.06 %.

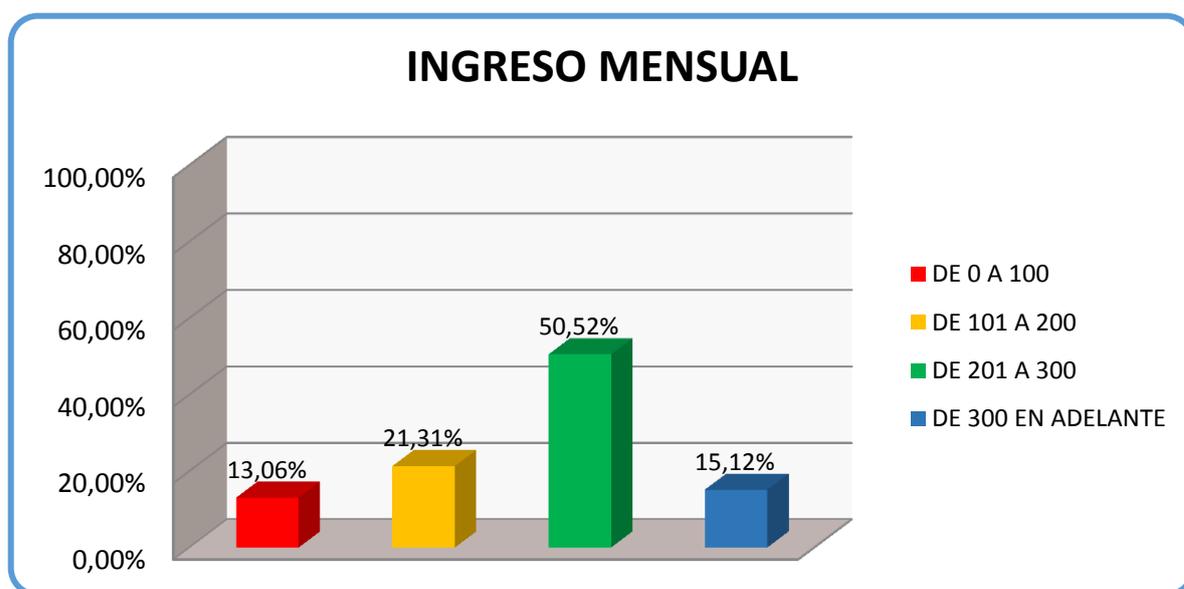


Figura 2.17. Ingresos mensuales (USD).

Fuente: Encuesta Socio - Económica

Elaboración: Autores.

En cuanto a los gastos familiares promedios en la comunidad, vemos que mayor porcentaje o rubro lo destinan para alimentación y educación, seguidos de otros gastos como transporte, vestimenta y energía eléctrica. Estos valores están expresados en la Tabla 2.6 que se muestran a continuación:

Tabla 2.6. Gastos promedios mensuales en USD.

DESCRIPCIÓN	MONTO
AGUA	2.00
ENERGÍA ELÉCTRICA	5.89
TELÉFONO (FIJO Y CELULAR)	3.69
TRANSPORTE	9.90
ALIMENTACIÓN	138.86
SALUD	2.42
EDUCACIÓN	22.29
COMBUSTIBLE	10.00
VESTIMENTA	7.71
VIVIENDA	2.17
OTROS	15.00
<b>GASTO MENSUAL PROMEDIO (USD)</b>	<b>219.92</b>

Fuente: Encuesta Socio - Económica

Elaboración: Autores.

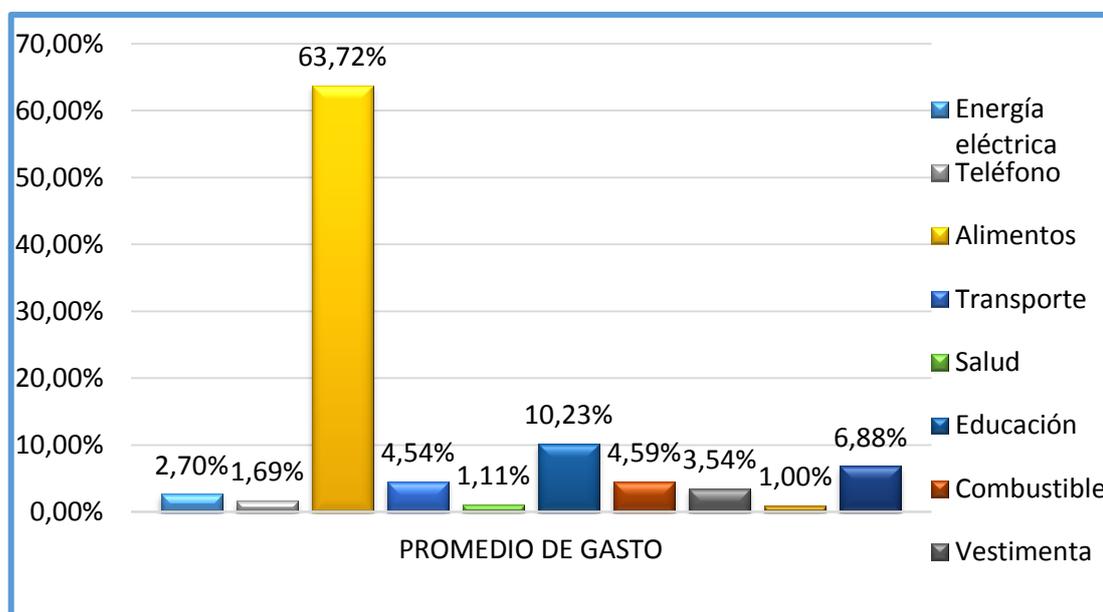


Figura 2.18. Gastos promedio mensuales en %.

Fuente: Encuesta Socio – Económica.

Elaboración: Autores.

En el gráfico anterior, Figura 2.18 se pueden observar los porcentajes de los gastos promedios familiares; aquí podemos apreciar con mayor detalle la información expuesta en la tabla anterior, vemos que mayor porcentaje o rubro lo destinan para alimentación y educación con el 63.72% y 10.23% respectivamente, seguidos de otros gastos no especificados con el 6.88%, combustible 4.59%, transporte con el 4.54%, vestimenta 3.54%, energía eléctrica 2.70%, telefonía fija y celular con el 1.69%, salud 1.11%.

#### 2.4.3.5. Uso actual del suelo.

Los principales cultivos transitorios en modalidad de sembrío “solo” en las diferentes parroquias del cantón son: el maíz duro seco, arroz y maní.



Figura 2.19. Uso actual del suelo.

Elaboración: Autores.

**Cultivos Permanentes.**-Los cultivos permanentes del cantón son: banano, café y caña de azúcar para otros usos. También se cultiva limón, naranja, mango, chirimoya, piña, papaya entre otros.

**Cultivos Asociados.**-Los cultivos asociados son fréjol seco, fréjol tierno, maíz duro choclo, maíz duro seco, maní, banano, café, etc; los cultivos asociados del cantón son con productos permanentes y transitorios.

#### 2.5. Matriz energética del sector rural.

En la Tabla 2.7 se muestra en forma detallada el consumo energético del sector residencial rural.

Tabla 2.7. Estructura de consumo energético del sector residencial rural.

<b>Estructura de consumo del sector residencial rural (%)</b>						
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Gas Natural			0,004	0,004	0,002	0,002
Leña	17,5	16,1	15	14,2	13,1	12,5
Electricidad	30,4	31,33	31,9	33,1	33,9	36,1
Gas Licuado	52,1	52,6	53,1	52,7	53	51,4
Kerosene	0,01	0,01	0,005	0,002	0,001	0,001
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fuente: Balance Energético Nacional 2015.

Elaboración: Autores.

En la Figura 2.20 se muestra la estructura de consumo del sector residencial rural en %, esto es de acuerdo al Balance Energético Nacional realizado en el año 2015.

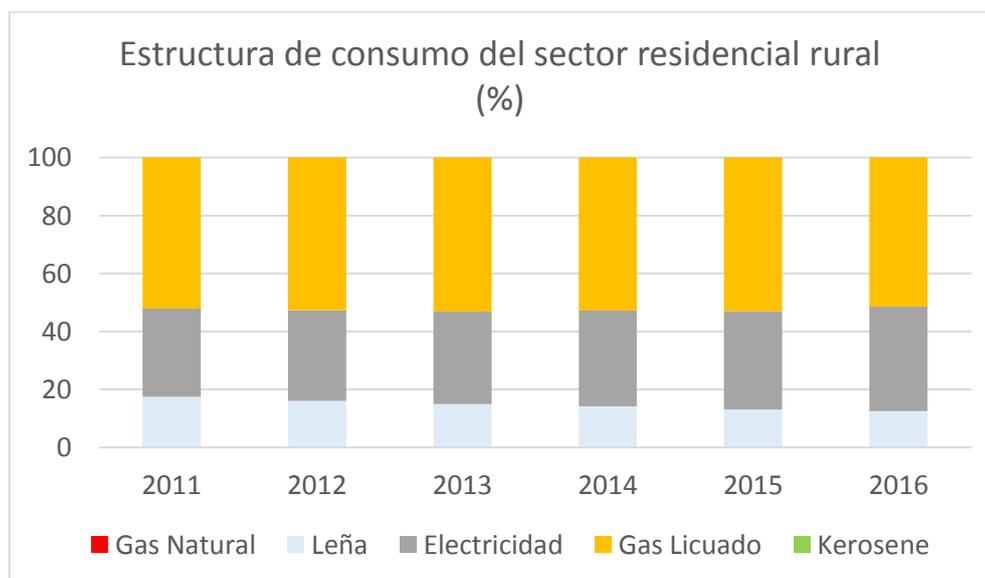


Figura 2.20. Estructura de consumo del sector residencial rural (%).

Fuente: Balance Energético Nacional 2015.

Elaboración: Autores.

En la Tabla 2.8 se muestra las equivalencias entre las distintas formas de consumo energético.

Tabla 2.8. Equivalencias energéticas.

Energía (kwh)	GLP	Carbón	Leña	Galones Diesel
13,66	1kg.	2kg.	6kg.	0.35

Fuente: ELGAS.

Elaboración: Autores.

### 2.5.1. Usos de la electrificación rural.

De acuerdo a un estudio publicado en la Revista “Interconexiones”, cuyo objetivo fue determinar las principales actividades económicas a las que se dedican los moradores del sector rural, y que tomó como muestra a 350 clientes se dedujo que el 86% de encuestados se dedican principalmente a la agricultura y las artesanías, por lo que utilizan la energía eléctrica solamente como apoyo mínimo para su trabajo (Tabla 2.9). (Revista Energética Interconexiones, 2013, pág. 36 y 37)

Tabla 2.9. Principales actividades del sector rural.

<b>Principales actividades del sector rural</b>	
<b>Actividad</b>	<b>Porcentaje</b>
Agricultura	69%
Artesanías	17%
Trabaja fuera del sector	5%
Otros	9%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

Fuente: “Revista Interconexiones”.

Elaboración: Autores.

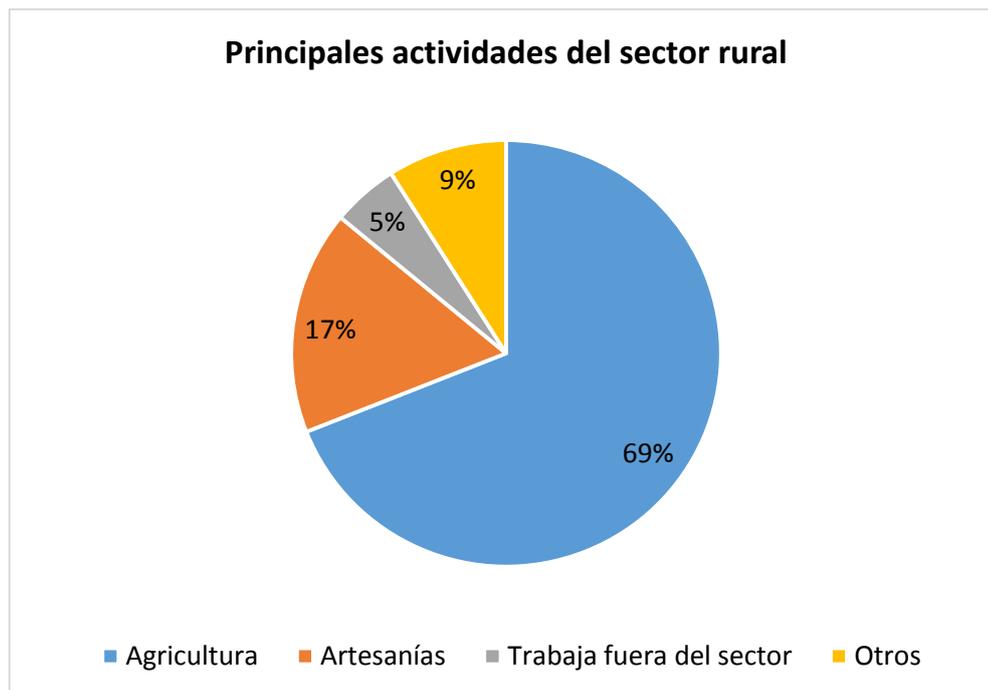


Figura 2.21. Principales actividades del sector rural.

Fuente: PDOT GAP La Victoria.

Elaboración: Autores.

El porcentaje de usuarios que no utiliza energía eléctrica para su trabajo, sino únicamente para alumbrarse o para las labores del hogar es de 82%; el 6% utiliza la energía como base para su trabajo y un 12% la usan como apoyo, pero no específicamente como medio que facilita su sustento.

Los aparatos eléctricos que más utilizan los clientes encuestados son lámparas incandescentes, con un promedio de 4 a 5 lámparas por vivienda, un radio y una televisión y apenas el 5% posee herramienta para su trabajo.

El promedio de tiempo diario de uso de los aparatos eléctricos es de 3 a 3,5 horas al día.

El consumo promedio de un abonado rural tipo en los proyectos FERUM construidos en los últimos años en la CENTROSUR es de 23,56 KW/mes

De acuerdo con la evolución esperada para el factor de carga, la demanda de electricidad tendría los siguientes crecimientos medios anuales entre 2003 y 2013 para los escenarios de crecimiento menor, medio y mayor (Tabla 2.10):

Tabla 2.10. Crecimientos medios anuales de la demanda de electricidad entre 2003 y 2013.

Demanda de Energía	4,0%	5,1	6,0%
Demanda de Potencia	3,7	0,7	5,50%
Escenarios	Menor	Medio	Mayor

Fuente: CENTROSUR

Elaboración: Autores.

Si observamos la tasa de crecimiento de la demanda, podemos notar que en los últimos dos años, 2012 y 2013 se ha registrado un incremento de 5,13% y 4,0% respectivamente; por lo tanto, dicha tendencia cuadra con el pronóstico de crecimiento.

Este escenario podrá cumplirse siempre que haya una importante reactivación económica en el país; así como el incremento del uso industrial de la energía eléctrica, para lo cual se pretende proponer la diferenciación horaria en este consumo, de modo que los usuarios puedan reducir los costos de sus planillas sobre la base de un mejor factor de utilización.

En la Tabla 2.11 y Figura 2.22 se detalla el porcentaje del uso eléctrico que tienen los habitantes del sector.

Tabla 2.11. Porcentaje del uso eléctrico del sector.

<b>Uso Eléctrico</b>	
Alumbrado	82%
Trabajo	6%
Apoyo y Otros	12%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

Fuente: PDOT GAP La Victoria.

Elaboración: Autores.

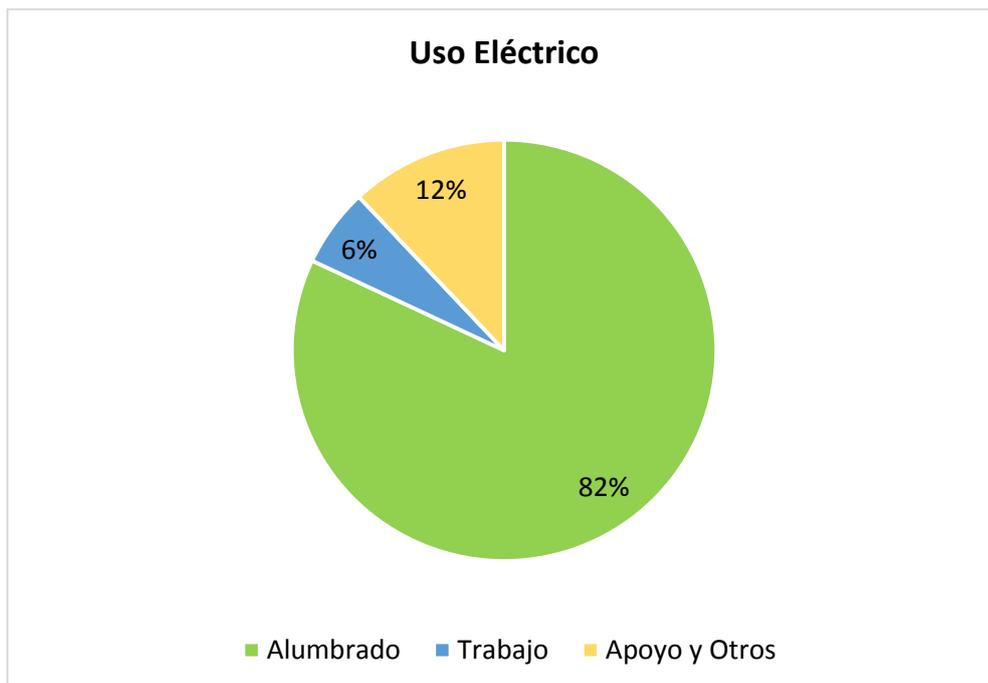


Figura 2.22. Uso eléctrico.

Fuente: PDOT GAP La Victoria.

Elaboración: Autores.

### 2.5.2. Evolución del consumo global del Servicio por Habitante.

Para efectos de determinar la evolución del consumo global del servicio por habitante, tomaremos como base la categoría residencial; puesto que, este sector es el que agrupa a los consumidores, mientras que el resto de categorías representa negocios, industrias y otros.

De acuerdo a la información publicada por el CONELEC, el consumo unitario se registra en KWh por cada cliente. Es decir que, cada "cliente" representa un medidor por vivienda.

De acuerdo a dichos parámetros de cálculo, en la siguiente tabla (Tabla 2.12) se expondrá la evolución de consumo unitario KWh/ habitante de la categoría residencial:

Tabla 2.12. Consumo de energía eléctrica per cápita.

Consumo de Energía Eléctrica Per Cápita				
Año	Consumo Eléctrico (GWh)	Población del País (Miles)*	Consumo Per Cápita (kWh/hab.)	Variación (%)
1999	7,731	12,121	638	
2000	7,885	12,990	607	-4.83%
2001	8,158	12,480	654	7.68%
2002	8,596	12,661	679	3.86%
2003	9,107	12,843	709	4.45%
2004	9,690	13,027	744	4.90%
2005	10,305	13,215	780	4.83%
2006	11,039	13,408	823	5.59%
2007	11,863	13,605	872	5.91%
2008	12,580	13,805	911	4.51%
2009	13,213	14,010	943	3.49%
2010	14,077	14,307	984	4.32%

Fuente: \* INEC.

Elaboración: Autores.

## 2.6. Demanda.

**Población de Referencia:** De acuerdo con la encuesta socio - económica la población dentro del área de influencia donde se implantará el proyecto es de 151 habitantes distribuidos en 40 familias y dos instituciones públicas, capilla en mal estado y Escuela.

**Población Demandante Potencial:** De acuerdo con las encuestas socio - económica la población dentro del área de influencia que potencialmente requiere del servicio son los 151 habitantes.

**Población Demandante Potencial Futura:** La población potencialmente demandante futura representa el 100 % de los pobladores del barrio Angashcola.

Población demandante potencial actual a enero de 2016:	151 habitantes
Vida útil del proyecto:	15 años
Tasa de crecimiento poblacional para la Sierra:	1.0 %

Tabla 2.13. Proyección de la población futura.

AÑOS	No. HABITANTES
2017	153
2018	154
2019	156
2020	157
2021	159
2022	160
2023	162
2024	164
2025	165
2026	167
2027	168
2028	170
2029	172
2030	174
2031	175

Fuente: Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias.

Elaboración: Autores.

$$P_f = P_a (1 + r)^n$$

$$P_f = 151 (1 + 0.01)^{15} = 175 \text{ habitantes}$$

**Población Demandante Efectiva:** La población potencialmente demandante efectiva son las 40 familias y dos instituciones públicas, es decir 151 habitantes, que representa al 100.0 % de los pobladores del barrio Angashcola.

**Población Demandante Efectiva Futura:** La población potencialmente demandante efectiva futura se determinó utilizando el método geométrico. Este método usa el Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias.

Población demandante efectiva actual a enero de 2016:	151 habitantes
Vida útil del proyecto:	15 años
Tasa de crecimiento poblacional para la Sierra:	1.0 % <sup>2</sup>

$$P_f = P_a (1 + r)^n$$

$$P_f = 151 (1 + 0.01)^{20} = 175 \text{ habitantes}$$

**CAPÍTULO III**  
**DEFINICIONES MATEMÁTICAS**

El estudio será enfocado a los clientes residenciales rurales del sur de nuestro país y tomará como referencia las políticas y procedimientos actuales.

Se analizará los métodos de cálculo para dimensionamiento de la distribución que utilizan empresas del sector y el procedimiento actual con las DMU (Demanda máxima unitaria).

Se realizarán encuestas para determinar las costumbres y comportamiento de los clientes rurales mismos que serán utilizados para determinar el impacto en la demanda actual.

### **3.1. Definiciones.**

El desarrollo del presente estudio requiere las referencias a un conjunto de conceptos básicos, especialmente de aquellos parámetros que inciden directamente en la determinación de la demanda.

Por lo tanto es primordial presentar previamente los conceptos que van a ser de utilidad para un mejor entendimiento de los procedimientos desarrollados en los capítulos posteriores.

#### **3.1.1. Parámetros para la determinación de la demanda.**

##### **Potencia**

Es la tasa a la cual la energía es transmitida o entregada en el tiempo.

Para propósitos de análisis, la potencia en un circuito de corriente alterna puede ser además definida de acuerdo al tipo de potencia. Estas son entre otras: Potencia instantánea, Potencia aparente, Potencia activa, Potencia reactiva. (Salazar & Tisalema, págs. 11 - 12)

##### **Demanda**

Es la carga en los terminales receptores de una instalación o sistema, promediada sobre un intervalo específico de tiempo.

Puede expresarse en diferentes tipos de potencia Activa (kW), Reactiva (kvar), Aparente (kVA), etc. También se expresa en unidad de intensidad de corriente (A).

Se la puede obtener a partir del número de kWh consumidos durante un periodo particular dividido para el tiempo en horas de este periodo. (Salazar & Tisalema, págs. 11 - 12)

$$D_{media} = \frac{kWh}{\#horas} \quad (1)$$

Para que la demanda quede perfectamente definida, es necesario que se especifique su intervalo, periodo y forma de medición. (Salazar & Tisalema, pág. 10)

### **Intervalo de Demanda**

Es el periodo de tiempo sobre el cual es promediada la carga. Su valor depende de las diferentes aplicaciones y está gobernado por la constante de tiempo térmica del equipo bajo consideración. Sin embargo los valores típicos pueden ser: 5, 10, 15, 30, 45 o 60 minutos. (Salazar & Tisalema, págs. 11 - 12)

### **Demanda Máxima**

Es la mayor de todas las demandas que han ocurrido durante un periodo específico de tiempo, donde el periodo puede ser determinado convenientemente de acuerdo a distintos intereses, así se tienen periodos: diarios, semanales, mensuales, etc. (Salazar & Tisalema, págs. 11 - 12)

### **Demanda Diversificada o Demanda Coincidente**

Es la demanda de un grupo compuesto de varias cargas. Es la demanda de todo el grupo promediado sobre un intervalo de tiempo particular. (Salazar & Tisalema, págs. 11 - 12)

### **Factor de Potencia**

El factor de potencia se define como la razón entre la potencia activa y la potencia aparente.

El factor de potencia individual es diferente al factor de potencia de un conjunto de cargas, pero serán iguales solo si las potencias tanto aparente como reactiva de las cargas están distribuidas uniformemente. (Salazar & Tisalema, págs. 11 - 12)

Esto se puede asumir en sectores residenciales donde el factor de potencia de la cara es similar debido a que no hay mucha variación de potencia por la presencia predominante de carga resistiva. (Salazar & Tisalema, págs. 11 - 12)

### **Periodo de medición de la demanda**

El periodo es el intervalo de tiempo durante el cual se realiza la medición de la demanda y puede ser:

#### **A corto plazo**

Diario, semanal, mensual, anual.

Diario es usado para fines de muestreo de abonados sean estos residenciales, comerciales o industriales, cuando la información requerida es totalmente preliminar.

Los periodos semanales o mensuales sirven para detectar el comportamiento de carga en alimentadores primarios, con miras a futura expansión de servicio.

Un periodo anual por ser un tiempo relativamente más largo que los anteriores nos permite realizar mejoras en capacidad de transformación de una subestación o mejorar las necesidades de generación. (Salazar & Tisalema, pág. 12)

### **Mediano plazo**

Se considera un periodo de dos a cuatro años, para tomar en cuenta cambios en la economía de la región, desarrollo industrial, agrícola, etc. (Salazar & Tisalema, pág. 13)

### **Largo plazo**

Este periodo se considera de cinco a diez años o mayores, nos permite la planeación de nuevas centrales, su instalación y operación. (Salazar & Tisalema, pág. 13)

### **Factor de demanda**

Se define como la razón entre la demanda máxima de un sistema y la potencia instalada total conectada a dicho sistema.

Este factor indica el grado en el que se haya operado la cara instalada en forma simultánea.

El factor de la demanda es menor que la unidad, pues cuando es igual a la unidad significa que la carga total conectada es energizada simultáneamente para el intervalo de demanda máxima. (Salazar & Tisalema, pág. 13)

$$F_{dem} = \frac{D_{max}}{C_{instalada}} \quad (2)$$

### **Factor de diversidad**

Es la razón que existe entre la suma de las demandas máximas individuales de distintas subdivisiones de un sistema, y su demanda máxima coincidente. (Salazar & Tisalema, págs. 13 - 14)

$$F_{div}(N) = \frac{D_1 + D_2 + D_3 + \dots + D_N}{D_{coincidente}} \quad (3)$$

Donde:

$D_1 + D_2 + D_3 + \dots + D_N$ , son las máximas demandas de las cargas 1, 2, 3,.... y N, respectivamente, independientemente de la hora en que haya ocurrido cada una de ellas.

$D_{coincidente}$  Es la demanda máxima del grupo (1+2+3+.....+N) cargas. (Salazar & Tisalema, págs. 13 - 14)

### Factor de coincidencia

Es la relación entre la demanda máxima coincidente, y el sumatorio de las demandas máximas coincidentes individuales de las distintas subdivisiones del sistema. (Salazar & Tisalema, págs. 13 - 14)

$$F_{coin}(N) = \frac{1}{F_{div}(N)} = \frac{D_{coincidente}}{D_1 + D_2 + D_3 + \dots + D_N} \quad (4)$$

### Factor de utilización (Fu)

Es la razón entre la demanda máxima y la capacidad nominal del sistema en un intervalo de tiempo.

$$F_u = \frac{C_m}{C_{ins}} = \frac{D_m}{C_{ins}} \quad (5)$$

Dónde:

Cins = Capacidad instalada

El factor de utilización indica la utilización máxima del equipo o instalación. (Salazar & Tisalema, págs. 13 - 14)

### Factor de carga (Fc)

Está dado por la razón entre la carga (demanda) promedio y la carga (demanda) máxima durante un mismo intervalo de tiempo dado.

$$F_c = \frac{D_p}{D_m} \quad (6)$$

Dónde:

Dp = Demanda promedio

El factor de carga está dentro de los siguientes límites:

$$0 < F_c \leq 1 \quad (7)$$

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: (Salazar & Tisalema, págs. 13 - 14)

$$F_c \text{ anual} < F_c \text{ mensual} < F_c \text{ semanal} < F_c \text{ diario} \quad (8)$$

## Curva de carga

Curva que grafica Demanda vs tiempo, muestra el valor de una carga específica para cada intervalo de demanda. Esta curva da una idea muy clara de lo que pasa en el sistema, además permite obtener la energía consumida (área bajo la curva).

En la figura 3.1 muestra el comportamiento de la carga conectada al sistema, en un periodo de tiempo considerado para la medición, por lo que obtener este tipo de curvas es algo fundamental en cualquier estudio de sistemas de distribución, puesto que varios parámetros útiles en diseño de redes de distribución se sustentan en ella. (Salazar & Tisalema, págs. 13 - 14)

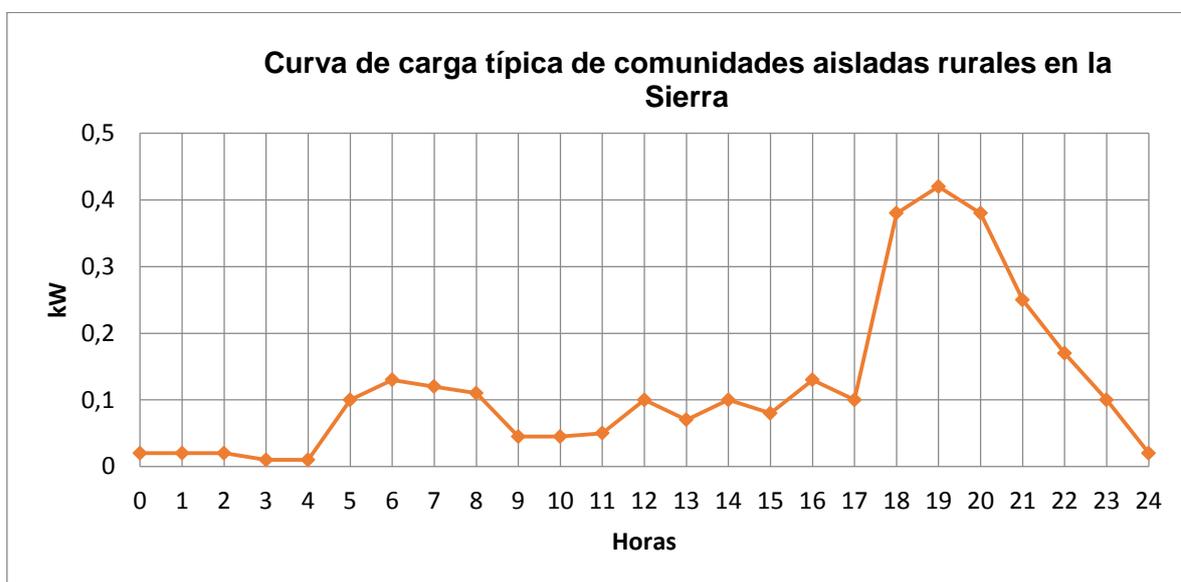


Figura 3.1. Curva de carga típica de comunidades aisladas rurales en la región Sierra.

Fuente: Asociación de Ingenieros de ICAI

Elaboración: Autores.

## Factor de pérdidas

Es la razón entre las pérdidas promedio y las pérdidas que corresponden al pico de carga.

Este factor es una medida del grado en que las pérdidas dentro de un dispositivo se mantienen a través del periodo en el cual las pérdidas están siendo consideradas. (Salazar & Tisalema, pág. 15)

### **3.2. Clasificación de las cargas eléctricas de acuerdo con la confiabilidad.**

La clasificación tiene en cuenta los daños que pueden sufrir los usuarios por la interrupción del suministro de energía eléctrica, a las cargas eléctricas se las puede clasificar de la siguiente manera:

#### **Cargas sensibles:**

Son aquellas en las cuales una interrupción del suministro de energía eléctrica causa serios daños o perjuicios al consumidor como por ejemplo: riesgo de muerte, daños en procesos de fabricación en serie, daños en equipos costosos como computadoras y máquinas controladas por sistemas electrónicos. (Salazar & Tisalema, págs. 13 - 14)

#### **Cargas semisensibles:**

Se encuentran en esta categoría aquellas cargas que una interrupción del suministro de energía eléctrica (no mayor a 10 minutos) no causa grandes pérdidas o perjuicios al consumidor por ejemplo están las: fábricas medianas que no tienen complicados y delicados procesos de fabricación pero que causan desocupación a empleados y obreros, etc. (Salazar & Tisalema, págs. 13 - 14)

#### **Cargas 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. (Salazar & Tisalema, págs. 13 - 14)

#### **Características de las cargas eléctricas**

Los sistemas de distribución, existen para abastecer de energía eléctrica a los usuarios finales, es así que las características de las cargas son de gran importancia, ya que influyen directamente en los sistemas de transmisión y distribución. (Salazar & Tisalema, págs. 13 - 14)

#### **Densidad de carga**

Es la relación entre la carga instalada y el área de la zona del proyecto a servir. (Salazar & Tisalema, págs. 13 - 14)

$$\text{Densidad de Carga} = \text{Carga Instalada} / \text{área de la zona} \text{ [kVA/km}^2, \text{kW/km}^2\text{]}$$

### **Carga instalada**

La carga instalada corresponde a la suma de todas las potencias nominales de los servicios instalados o conectados en una red o parte de ella, expresada generalmente en [kVA, MVA, kW, o MW] (Salazar & Tisalema, págs. 13 - 14)

$$C_i = \sum \text{kW de c/u de los servicios instalados}$$

### **Capacidad instalada**

La capacidad instalada corresponde a la suma de todas las potencias nominales de los equipos instalados o conectados en una red o parte de ella.

Conocida también como capacidad nominal del sistema. (Salazar & Tisalema, págs. 13 - 14)

$$C_{ins} = \sum W \text{ de c/u de los equipos instalados.}$$

### **Carga máxima**

Llamada también demanda máxima y es el máximo valor de la carga que se presenta en un determinado periodo de tiempo.

Es el principal factor de pérdidas en el sistema, ya que es aquí donde se presenta la máxima caída de tensión. Además la demanda máxima corresponde a un factor de diseño, siendo imposible calcularla con exactitud. Lo que se hace es calcularse o estimarse en base a estadísticas. (Salazar & Tisalema, págs. 13 - 14)

### **Número de horas de carga equivalente**

El número de horas equivalentes viene definido por la siguiente ecuación:

$$EH = \frac{\text{Energía Total Consumida (kWh)}}{\text{Carga Máxima (kW)}} \quad (9)$$

### **Demanda máxima unitaria (DMUn)**

El valor máximo de la potencia, expresada en Watios, kW o kVA que se transfiere de la red eléctrica de distribución de baja tensión a la instalación del consumidor tipo durante el periodo de máximo requerimiento. (Salazar & Tisalema, págs. 13 - 14)

### **Demanda máxima unitaria proyectada (DMUp)**

Se expresa en kWh/mes/abonado (consumo) o kVA (potencia, considerando el factor de potencia a nivel de abonado residencial de 0,92) considerará los incrementos de la DMUp durante el período de vida útil de la instalación, originados en la intensificación progresiva en el uso de artefactos domésticos. (Salazar & Tisalema, págs. 13 - 14)

## **Tasa de crecimiento de la demanda**

Para el diseño de circuitos primarios se debe tomar en consideración las proyecciones de la demanda en la zona de influencia de la línea primaria o de la subestación. En estos casos y teniendo en cuenta la escasez de datos estadísticos confiables y numerosos que permiten aplicar criterios de extrapolación, se debe determinar una tasa de crecimiento geométrico en base a los siguientes factores:

- El crecimiento demográfico.
- El aumento en el consumo por mejoramiento del nivel de vida.
- Los desarrollos industriales, comerciales, turísticos, agropecuarios y otros previsible.
- El posible represamiento de la demanda debido al mal servicio prestado anteriormente.
- La ubicación de instituciones educativas que demandan recursos tecnológicos tales como Internet. (Coronel & Peláez, 2015, págs. 37 - 40)

Para la tasa de crecimiento de la demanda se utilizará una de las siguientes fórmulas de acuerdo a las necesidades y experiencia del proyectista. (Salazar & Tisalema, págs. 13 - 14)

### **Tasa de crecimiento Geométrico**

$$r = \sqrt[n]{\frac{D_n}{D_0}} - 1 \quad (10)$$

### **Tasa de crecimiento Aritmético**

$$r = \frac{\frac{D_n}{D_0} - 1}{n} \quad (11)$$

Dónde:

$D_n$  Demanda para el período de proyección (cargas de diseño)

$D_0$  = Demanda actual

$N$  = Período de proyección: 15 años para redes de distribución primarias

10 años para transformadores de distribución

## **Parámetros para el muestreo**

### **Media muestral**

Uno de los parámetros que permite encontrar un valor en torno al cual se agrupa la mayoría de un grupo de mediciones o la mayoría de ellas, se denomina la media maestra.

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  $n$ . (Salazar & Tisalema, págs. 13 - 14)

$$x = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (12)$$

### **Varianza muestral**

Luego de determinar la localización de las observaciones, es conveniente tener idea de la variabilidad de las mismas.

Una de las medidas descriptivas que permite especificar esta variabilidad se denomina varianza.

La varianza muestral de un conjunto de  $n$  mediciones  $x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n$  notada como  $s^2$  se calcula de la siguiente ecuación. (Salazar & Tisalema, págs. 13 - 14)

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - x)^2 \quad (13)$$

### **Desviación estándar**

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. (Salazar & Tisalema, págs. 13 - 14)

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - x)^2} \quad (14)$$

### **Elemento**

Un elemento es un objeto en el cual se toman las mediciones. (Salazar & Tisalema, 2002, págs. 13 - 14)

### **Población**

Una población es una colección de elementos acerca de los cuales se desea hacer alguna inferencia. (Salazar & Tisalema, págs. 13 - 14)

## **Muestra**

Una muestra es una colección de elementos seleccionados de una población. (Salazar & Tisalema, págs. 13 - 14)

## **Muestreo**

Es un método científico que pone en práctica principios matemáticos que permiten hacer generalizaciones acerca de toda la población o de determinada clasificación, examina cuidadosamente a unos pocos elementos. (Salazar & Tisalema, págs. 13 - 14)

## **Área típica de carga**

Sector de una población que tiene características más o menos uniforme en cuanto al nivel económico, tipo de actividades que desarrollan sus habitantes y si estándar de vida. (Salazar & Tisalema, págs. 16 - 18)

### **3.3. Proyección estadística.**

Es una estimación del comportamiento de una variable a futuro; se estima el valor de una variable en el futuro partiendo de la información que se tiene en el presente. (Chaparro, Contreras, Giamporcaro, & Rodulfo, 2014)

De acuerdo a Sapag, N (2007) El resultado se debe considerar sólo como una medición de evidencias incompletas, basadas en comportamientos empíricos de situaciones parcialmente similares o en inferencias de datos estadísticos disponibles. (Sapag, 2007, pág. 65)

Se utiliza las proyecciones para la demanda porque:

- Para observar cómo ha evolucionado la variable a través del tiempo.
- Observar cómo ha evolucionado la variable a través del tiempo.
- Observar cómo se relaciona con otras variables, ya que puede ser de manera directa o inversa.
- Obtener una estimación de como evolucionarían las variables independientes asociadas con la demanda, oferta y precios.
- Observar cómo afectará la política económica a cada una de las variables que se estudia. (Chaparro, Contreras, Giamporcaro, & Rodulfo, 2014)

### 3.3.1. Clasificación de los métodos para la proyección.

En la figura 3.2 se muestra la clasificación de estos métodos.

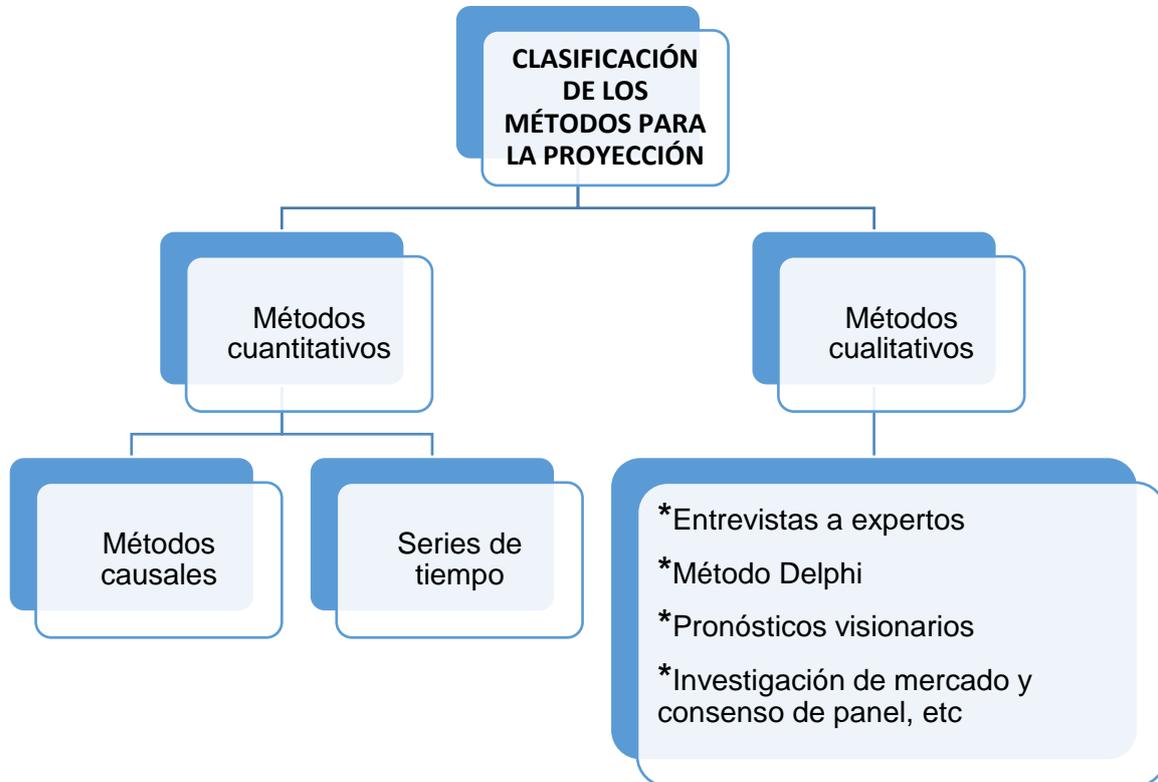


Figura 3.2. Clasificación de los métodos para la proyección.

Fuente: Chaparro, Contreras, Giamporcaro, & Rodulfo, 2014

Elaboración: Autores.

Nosotros nos basaremos en los métodos cuantitativos, que se describen a continuación:

#### **Métodos Causales:**

Se fundamenta en la posibilidad de confiar en el comportamiento de una variable que puede explicar los valores que asumiría la variable a proyectar.

#### **Series de tiempo**

Pronostican el valor futuro de la variable que se desea estimar extrapolando el comportamiento histórico de los valores observados para esa variable.

#### **Métodos más comunes**

Los métodos más comúnmente utilizados son:

- Mínimos cuadrados ordinarios (tendencia lineal).

- Coeficientes de correlación.
- Estimación de tasas de crecimiento promedio.
- Estimación de tendencias:
  - Tendencia respecto al tiempo.
  - Tendencia respecto a la población.
  - Tendencia respecto al PIB.
  - Tendencia respecto a otras variables. (Chaparro, Contreras, Giamporcaro, & Rodulfo, 2014)

En la Figura 3.3 se muestra los métodos más comunes para realizar proyecciones.

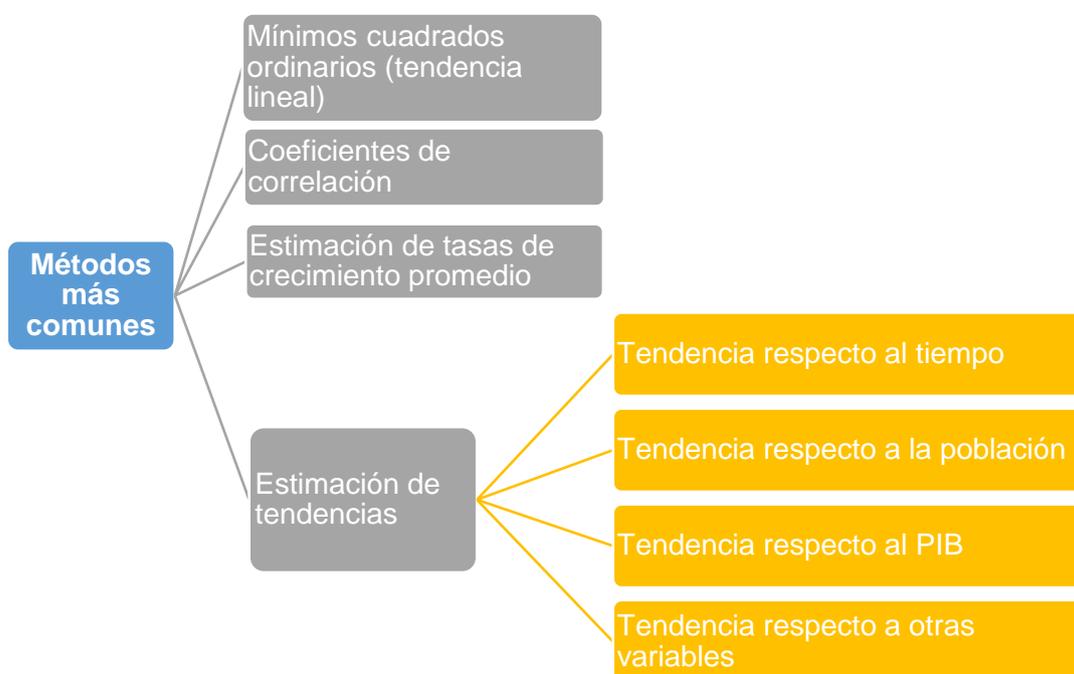


Figura 3.3. Métodos más comunes para proyecciones.

Fuente: Chaparro, Contreras, Giamporcaro, & Rodulfo, 2014

Elaboración: Autores.

### Mínimos cuadrados

Dado un conjunto de datos (pares) es encontrar la función que mejor se adapte a los datos, que presente el mejor ajuste, y empleando el criterio del mínimo error cuadrático. (Ausay, Cruz, Mera, Salinas, Jines, & Quevedo)

En el método de mínimos cuadrados se usa una función de tipo lineal que se muestra a continuación:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X \quad (15)$$

## Modelos econométricos

Los modelos econométricos permiten explicar el comportamiento de una o más variables en función de otra a través de la estimación de una relación matemática, en este modelo sólo se incluyen variables que se pueden cuantificar o valorar y que están disponibles.

Estos modelos cuenta con una parte determinística (relación) y con una componente estocástica al cual se denomina residuo o error. En la componente se encuentran comprendidas las variables que se consideran irrelevantes, o aquellas variables que tienen influencia no es posible su medición y tampoco sus errores en la medición. Esto es, el residuo representa la variación que no es explicada por el modelo. (Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), 2013, pág. 97)

La formulación de los modelos econométricos se basó en una especificación del tipo lineal en logaritmos, como se expresa en la siguiente ecuación.

$$\ln Y_t = \ln \alpha + \beta_1 \ln X_{1t} + \beta_2 \ln X_{2t} + \dots \beta_k \ln X_{ik} + \varepsilon_t \quad (16)$$

Donde:

$\ln$ : Modelo Lineal a estimar

$Y_t$ : Variable a explicar

$X_t$  = variables explicativas

$\varepsilon_t$ : término de error aleatorio

Los coeficientes:

$\alpha$ : ordena al origen

$\beta$ : Elasticidades de  $Y_t$  con respecto a las  $X_t$ .

Para este método, se utilizó como variables explicativas o independientes el PIB y la población nacional, el ingreso per cápita, el número de viviendas y las viviendas con energía eléctrica del país. (Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), 2013, pág. 98)

En los modelos econométricos el método que se usa por lo general es el Mínimo Cuadrados Ordinarios (MCO)<sup>3</sup>. Este método permite encontrar la función que mejor se ajusta al conjunto de puntos dados por los datos reales observados, minimizando la suma del cuadrado de los errores o residuos. El residuo o error,  $\varepsilon_t$ , surge de la muestra o conjunto de datos analizados,

por lo tanto se puede conocer. (Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), 2013, pág. 98)

A continuación en la figura 3.4 se muestra una gráfica de MCO realizada en Matlab, donde nos muestra lo que se dijo de este método, lo cual se resume que este método ajusta los valores de manera lineal.

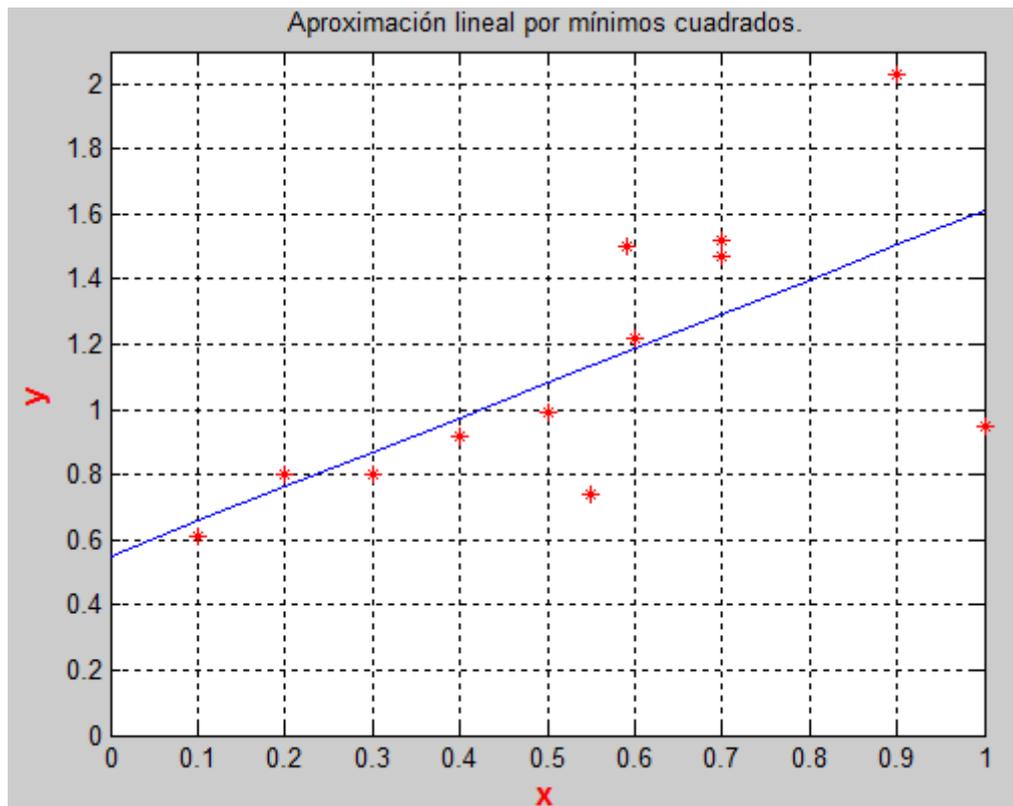


Figura 3.4. Método de aproximación lineal por Mínimos Cuadrados.

Elaboración: Autores.

## **CAPÍTULO IV**

### **ESTUDIO DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA COMUNIDADES AISLADAS MENCIONADAS**

El análisis previo a la adopción de un método requiere el manejo de parámetros cuyas definiciones se detallaron en el Capítulo III, las mismas que será aplicadas en los diferentes procedimientos y facilitaran el entendimiento del desarrollo de cada uno de los métodos detallados a continuación.

Uno de los aspectos fundamentales para la elaboración de un sistema de generación es la evaluación de la demanda existente en la zona. Con esto, es posible realizar un dimensionamiento adecuado de los distintos equipos y así diseñar un sistema eficiente, confiable y óptimo para la demanda existente o proyectada, y en nuestro caso particularmente garantizar la autonomía de generación en un periodo apropiado. El estudio de la demanda actual y futura se realiza estimando una curva de carga.

La estimación de la demanda residencial se realiza tomando una vivienda promedio, es decir, se calculan los consumos de artefactos presentes en una vivienda con 4 habitantes con total de 151 residentes aproximadamente. Esto se justifica debido a la homogeneidad que presenta el sector residencial en cuanto a consumos.

El análisis previo a la adopción de un método requiere el manejo de parámetros cuyas definiciones se detallaron en el Capítulo III, las mismas que será aplicadas en los diferentes procedimientos y facilitaran el entendimiento del desarrollo de cada uno de los métodos detallados a continuación.

Se describe los métodos utilizados por distintas Empresas Distribuidoras de Energía del país para el dimensionamiento del Sistema de Distribución, específicamente se analizarán los procedimientos actuales para determinar la Demanda Diversificada (DD) y la Demanda Máxima Unitaria (DMU).

#### **4.1. Categoría Residencial.**

Son consumidores de tipo residencial aquellos habitantes que presentan un requerimiento de energía que se orienta principalmente a la iluminación de viviendas y el uso de aparatos electrodomésticos. Más específicamente, son las viviendas habitadas que poseen cargas fáciles de clasificar, como iluminación, electrodomésticos y artefactos de audio/video principalmente.

Consumo promedio vivienda: Actualmente en todas las viviendas se ha reemplazado los focos tradicionales de 100 W por ahorradores de entre 20 y 25 W en promedio cada casa cuenta 4 ó 5 focos, un radio, un televisor y algún otro pequeño artefacto. El consumo diario se obtiene multiplicando las potencias de los artefactos con sus respectivos factores y

tiempos de uso. Obteniendo así la demanda estimada para la categoría residencial del barrio Angashcola por vivienda. Para el cálculo se estima alrededor de 6 horas de funcionamiento de los focos y demás artefactos electrodomésticos en un rango de utilización de 3-4 horas. En la Tabla 4.1 se presentan la demanda de energía estimada por vivienda actualmente.

Tabla 4.1. Demanda estimada de energía por vivienda.

Equipos	Potencia (W)	Número de equipos	horas días/funcionamiento	Consumo (Wh)/dia
Foco Ahorrador 20W	20	5	6	600
Radio	50	1	3	150
Televisor	100	1	4	400
Ventilador	60	1	4	240
Otros	150	1	2	300
<b>Total</b>				<b>1690</b>

Fuente: PDOT GAP La Victoria.

Elaboración: Autores.

A partir de este cálculo se determinar que la demanda diaria o consumo diario de energía es 1690 W/día por vivienda, lo que equivale a 1.69 kWh/d. En la siguiente tabla se presenta la demanda estimada para la categoría residencial de Angashcola en la situación actual con aproximado de 40 viviendas: (Tabla 4.2)

Tabla 4.2. Demanda estimada para categoría residencial en situación actual.

	1 Vivienda	40 Viviendas
<b>Energía Diaria (kWh)</b>	1,69	67,6
<b>Energía Mensual (kWh)</b>	50,7	2028
<b>Energía Anual (kWh)</b>	616,85	24674

Fuente: PDOT GAP La Victoria.

Elaboración: Autores.

Una vez conocida la demanda de energía a nivel residencial se puede establecer el consumo total de energía que actualmente tiene la comunidad.

## 4.2. Estimación de la demanda con proyección.

Una vez que la comunidad posea suministro continuo de energía eléctrica, la demanda presentara un aumento y tendrá un comportamiento característico a comunidades rurales. Se generarán actividades a nivel residencial, por lo tanto nuevos consumos y los habitantes podrán adquirir nuevos artefactos eléctricos para mejorar su calidad de vida.

### 4.2.1. Categoría Residencial.

En las visita realizada se preguntó cuáles son las necesidades más urgentes en cuanto a artefactos eléctricos se refiere, para así estimar adecuadamente los artefactos que se adquirirán una vez teniendo suministro continuo, entre los cuales se citó ventiladores, plancha, etc. Con esta información se ha recalculado el consumo promedio de una vivienda con suministro continuo. Existe un propuesta de tener un congelador general para la comunidad por lo cual no se ha considerado dentro del consumo residencial la presencia de una refrigeradora en las viviendas, a continuación en la Tabla 4.3 se muestra de forma más detalla los aparatos a utilizar y su respectivo consumo eléctrico.

Tabla 4.3. Demanda estimada de Energía por Vivienda con el Proyecto.

Equipos	Potencia (W)	Número de equipos	horas días/funcionamiento	Consumo (Wh)/dia
Foco Ahorrador 20W	20	5	6	600
Radio	50	1	3	150
Televisor	100	1	4	400
Ventilador	60	1	5	300
Otros	200	1	3	600
<b>Total</b>				<b>2050</b>

Elaboración: Autores.

Como se puede observar la demanda diaria o consumo diario de energía puede presentar un considerable aumento, el valor estimado seria de 2.050 KWh/d por vivienda. En la siguiente tabla se presenta la demanda estimada para la categoría residencial de Angashcola en la situación actual con aproximado de 40 viviendas: (Tabla 4.4)

Tabla 4.4. Demanda estimada para la categoría residencial con el Proyecto.

	<b>1 Vivienda</b>	<b>40 Viviendas</b>
<b>Energía Diaria (kWh)</b>	2,05	82
<b>Energía Mensual (kWh)</b>	61,5	2460
<b>Energía Anual (kWh)</b>	748,25	29930

Elaboración: Autores.

### **4.3. Estimación de la curva de potencia.**

La estimación de la curva de carga o potencia, representa el comportamiento de la demanda del sistema en régimen de funcionamiento. La conducta del sector rural está definida por las costumbres de sus habitantes, en el caso particular de Angashcola esta se regida a las actividades de agricultura, ganadería y artesanías, esperando así, una curva de carga diaria máxima típica durante la vida útil del sistema. No obstante, existirán cambios periódicos que se deben al crecimiento productivo, a la adquisición de aparatos electrodomésticos. Estas fluctuaciones son debidamente analizadas y consideradas en los análisis de consumo y carga. A continuación, se presenta el análisis hecho para un día de alto consumo tanto para la categoría residencial y comunitaria.

#### **4.3.1. Consumo Residencial.**

El comportamiento de los habitantes con respecto al consumo de energía durante un día típico se resuelve de la siguiente manera:

- Televisores: Uso aproximado de 4 horas diarias en promedio. Generalmente, en el rango de 11:00 y 14:00, entre 20:00 y 23:00 horas típicamente
- Radio: Uso aproximado de 3 horas diarias en promedio. Generalmente, entre 5:00 y 7:00 horas, entre 12:00 y 14:00 horas y ente 19:00 y 21:00 horas.
- Ventilador: Uso aproximado de 5 hora diaria en promedio. Generalmente, entre 11:00 y 16:00 horas, entre 19:00 y 22:00 horas.
- Iluminación: Uso aproximado de 6 horas diarias en promedio. Generalmente, entre 19:00 y 24:00 horas y entre 5:00 y 7:00 horas.

- Otros: Uso aproximado 3 horas al día en promedio. Generalmente, entre 12:00 y 14:00 horas, entre 20:00 y 22:00 horas.

Con este comportamiento se obtiene una curva de carga para la categoría residencial en un día de alto consumo. (Figura 4.1).



Figura 4.1. Curva de carga diaria para la categoría residencial rural por vivienda.

Elaboración: Autores.

De la figura 4.1, se aprecia que entre las 18:00 y 22:00 horas se produce el mayor consumo para la categoría residencial por vivienda con un valor aproximado de 300 W. Si asumimos el escenario más crítico de consumo, el cual significa que las 40 viviendas están demandando electricidad tendría un máximo valor de 12 KW.

De la figura 4.1, se puede calcular el consumo total diario y el consumo promedio los cuales se presentan en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5. Consumo energético.

<b>Promedio/hora (kWh)</b>	0,1088
<b>Promedio/día (kWh)</b>	2,6112
<b>Consumo Total (kWh)</b>	78,336

Elaboración: Autores.

### 4.3.2. Consumo Total.

La vivienda tanto rural como urbano marginal, deben tener condiciones de habitabilidad, es decir que presenten funcionalidad, seguridad, privacidad, factibilidad de crecimiento de la vivienda, área no menor a 36 m<sup>2</sup>.; tendrán al menos dos dormitorios, área social, cocina y una unidad sanitaria que cuente con los servicios básicos de infraestructura o un medio de abastecimiento de agua y de evacuación de aguas servidas; considerándose además las instalaciones eléctricas respectivas.

Para el cálculo del consumo total se ha tomado en consideración una vivienda tipo 36m<sup>2</sup> propuesta por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda del Ecuador (MIDUVI) y de acuerdo a esta se realizara el respetivo análisis cuyo diseño y planos se muestra en la Figura 4.2.

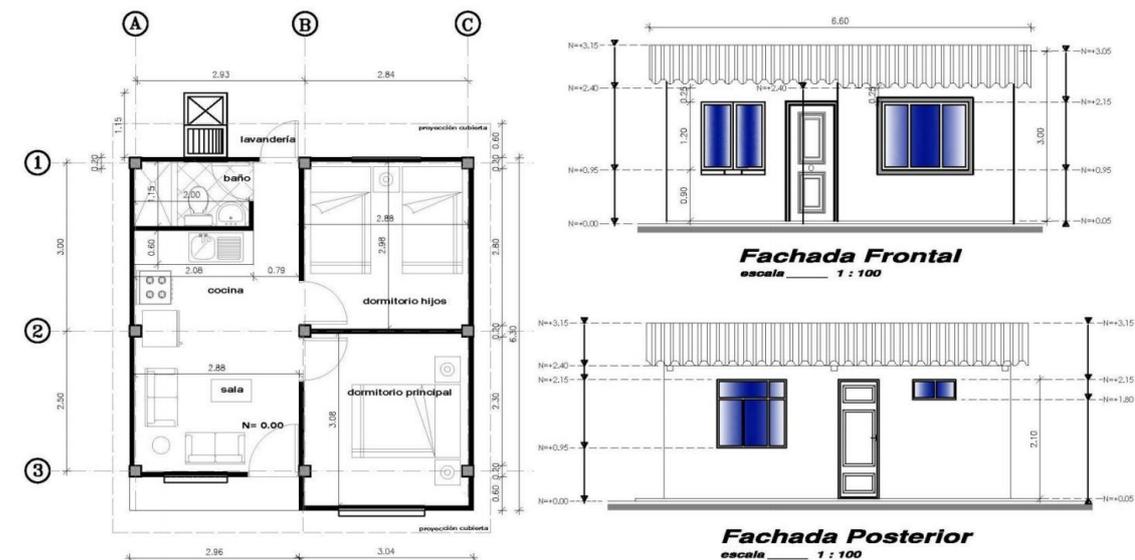


Figura 4.2 Plano de vivienda tipo (MIDUVI).

Fuente: MIDUVI.

Este tipo de vivienda social se construye para familias de escasos recursos, son subsidiadas por el MIDUVI casi en su totalidad y se realizan en las parroquias rurales de todo el país.

Características:

- Alzada en un solo nivel, su interior se compone de: 2 dormitorios, sala, cocina-comedor y baño con un área de servicio exterior adosada a la pared.
- Fachada compuesta por 3 vanos.
- Vivienda de pequeña proporción con pequeño portal de ingreso y un corredor continuo central.
- La cubierta está desarrollada a dos aguas.

Materiales:

- Cubierta de Eternit  $e=0.30\text{mm}$   $3.78 \times 0.83 \times 0.05$ .
- Acero estructural en cubierta (perfil C 80x40x2; perfil G 1623-00 60x30x10x2).
- Mampostería de ladrillo panelón (25x15x8 cm). -Revestimiento de cemento y arena proporción 1:3.
- Columnas de H°A° de 20x20 cm 4 Ø 10. -Piso interior cerámica (Ecuacerámica).
- Cimentación de H°A° y H°S°.
- Ventanas de carpintería metálica.
- Puertas exteriores de carpintería metálica e interiores de madera.

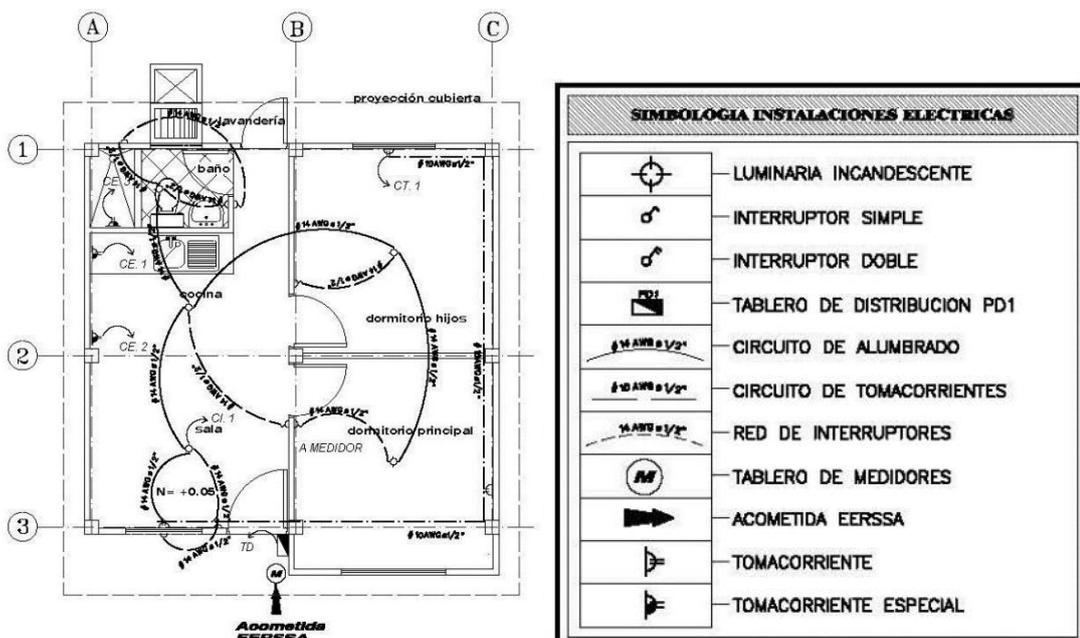


Figura 4.3. Plano Eléctrico vivienda tipo (MIDUVI).

Fuente: MIDUVI.

La acometida para las instalaciones eléctricas de la vivienda rural tipo se la realiza vía aérea, encontrándose el medidor en la parte frontal peligrosamente con los cables expuestos y visibles en la fachada. Las instalaciones se componen por: 6 puntos de luz, 5 interiores y 1 en el portal exterior con boquilla, 4 tomacorrientes dobles, 1 tomacorriente para 220V y un tablero de distribución eléctrica, plano eléctrico de la vivienda tipo según el MIDUVI se muestra anteriormente en la Figura 4.3.

Para tener el valor del consumo lo más apegado a la realidad posible se ha tomado otras consideraciones adicionales como son: el consumo por Stand By que es del 5 al 10% de los aparatos eléctricos que tengamos conectados al toma corriente y una C. Futura del 20% que corresponde a nuevos consumos debido a la mejora de condiciones de vida de lo usuario. Por lo tanto se muestra en la Tabla 4.6 el nuevo consumo con las consideraciones antes mencionadas.

Tabla 4.6. Proyección del consumo eléctrico futuro.

<b>A. Electricos (W)</b>	2100
<b>Stand By 5% (W)</b>	20,5
<b>Total (kWh/dia)</b>	2,1205
<b>C. Futura 20% (kWh/dia)</b>	2,5446

Elaboración: Autores.

Con los análisis hechos previamente de los aparatos eléctricos que poseen y necesitan cada uno de los consumidores y las curvas diarias de cargas para los consumos residenciales, se obtiene el consumo de esta metodología cuyos resultados se explica en la Tabla 4.7 de resultados.

Tabla 4.7. Consumo final proyectado de la comunidad.

	<b>kWh/dia</b>	<b>kWh/mes</b>
<b>Consumo C. Futura</b>	2,5446	76,338
<b>Consumo Curva de Carga</b>	2,6112	78,336

Elaboración: Autores.

La curva total de demanda para un día de alto consumo en la comunidad de Angashcola. En este caso particular se asume un escenario donde la coincidencia de demanda residencial es del 75% (MIDEPLAN, 2011).

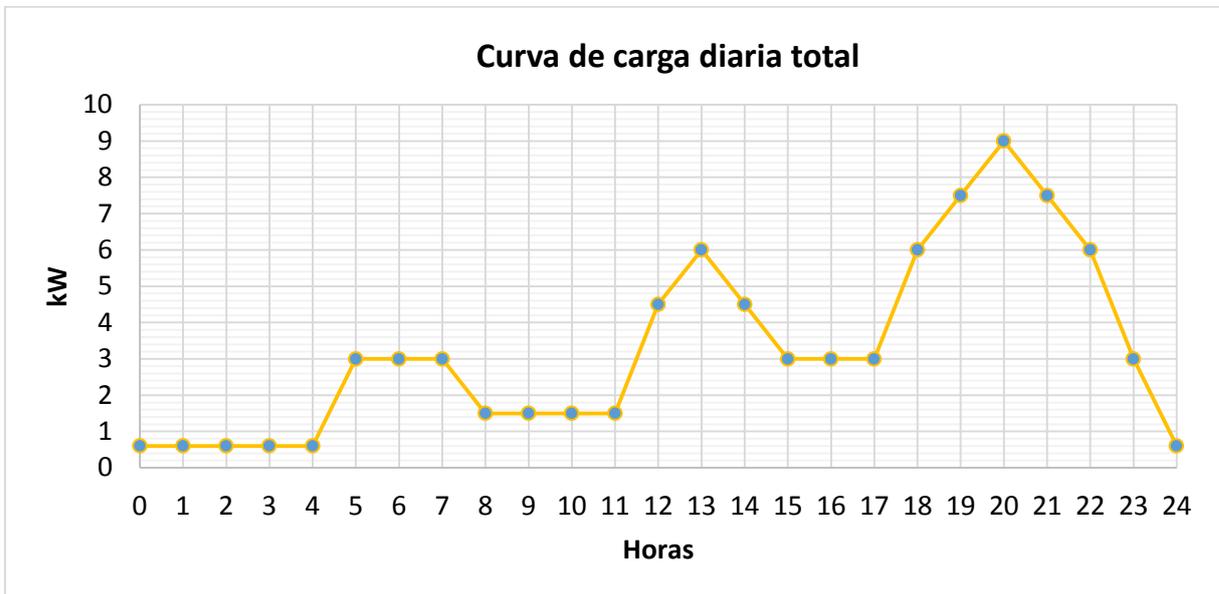


Figura 4.4. Curva de carga diaria total.

Elaboración: Autores.

De la Figura 4.4, se observa que el consumo punta de potencia se encuentra entre las 18:00 y 22:00 horas, con un valor de 9 kWh. La energía consumida diaria se estima en 78.336 kWh por consumidor.

#### 4.4. Estimación de la demanda máxima unitaria.

En el Ecuador, se han difundido a nivel de ingeniería de distribución, varios procedimientos para la estimación de la demanda, los cuales, básicamente, pueden catalogarse en dos grupos:

- Los que correlacionan la demanda con la carga instalada.
- Los que correlacionan la demanda con la energía.

Dentro del primer grupo se tiene, el Método de la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A.

Dentro del segundo grupo, está el método de la REA (Rural Electrification Administration), este método es utilizado por la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A, la Empresa Eléctrica CENTROSUR, la Empresa Eléctrica de Ambato, Empresa Eléctrica Regional del Sur S. A (Coronel & Peláez, 2015, pág. 42)

#### 4.4.1. Método Empírico (kWh).

Este método se basa en el aproximado del consumo de las cargas instaladas por las horas de utilización para obtener el consumo de energía mensual (kWh).

Como su nombre lo dice es un Método Empírico que nos da un valor muy aproximado al del consumo real.

Para la realización de este método partimos de la Figura 4.4 sacada de la curva de carga para determinar el consumo eléctrico.

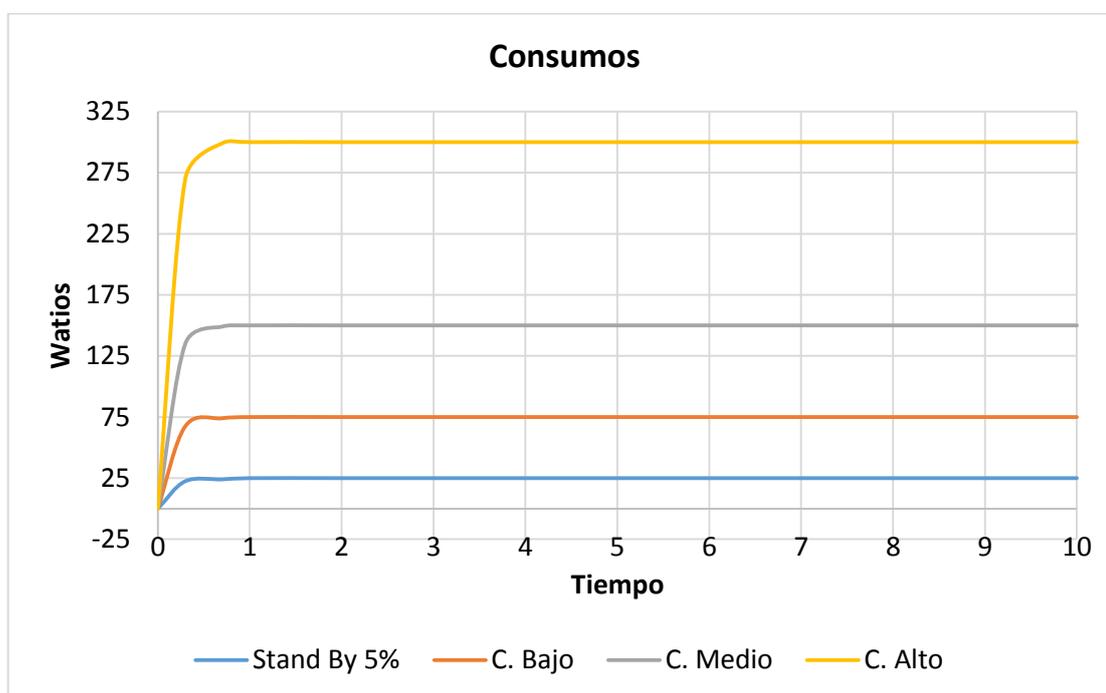


Figura 4.5. Categorías de consumo eléctrico.

Elaboración: Autores.

En la Figura 4.5 se muestra cuatro categorías divididas en Stand By, Consumo Bajo, Consumo Medio y Consumo alto.

#### 4.5.2. Método REA (RURAL ELECTRIFICATION ADMINISTRATION).

La Administración de Electrificación Rural, REA por sus siglas en inglés, fue creada el 11 de mayo de 1935, con el propósito de promover la electrificación rural, a lo largo de los Estados Unidos, que para ese entonces bordeaba el 11%.

Para 1952, casi todo el sector rural contaba con el servicio de electricidad. En 1994, la REA se reorganizó para formar la RUS (Rural Utilities Service).

A partir de 1939, la REA ha estimado la capacidad para cargas futuras basándose en curvas relacionando la demanda en kW según el número de consumidores y los kWh promedio utilizados. (Campoverde & Sánchez, pág. 74)

**Descripción:**

Este método ha demostrado fiabilidad y las curvas han sido revisadas según la necesidad debido a los constantes cambios en la red. El método desarrollado para la demanda en kW consiste en la multiplicación de dos factores que corresponden al número de clientes y kWh usados. Estos factores pueden ser obtenidos de tablas o determinados matemáticamente. En la aplicación de este método se utiliza el consumo mensual de energía eléctrica en kWh para consumidores residenciales, con el cual obtenemos la potencia o demanda máxima unitaria de un grupo de consumidores.

Esta institución encontró que al construir un gráfico de los kWh/mes/kW versus el número de consumidores, donde la ordenada representa la medida de la diversidad, se podría obtener una familia de curvas con cada una de ellas representando un valor particular de los kWh/mes/consumidor. Siendo esto verdad, es suficiente representarlo con una sola curva, sin embargo para efectos de demostración se graficaron tres curvas.

Debido a la falta de suficientes puntos para graficar valores específicos de uso; las curvas fueron graficadas para tres rangos: de 100 a 200, de 201, 400 y de 401 a 600 kWh/mes/consumidor. (Campoverde & Sánchez, págs. 74 - 75)

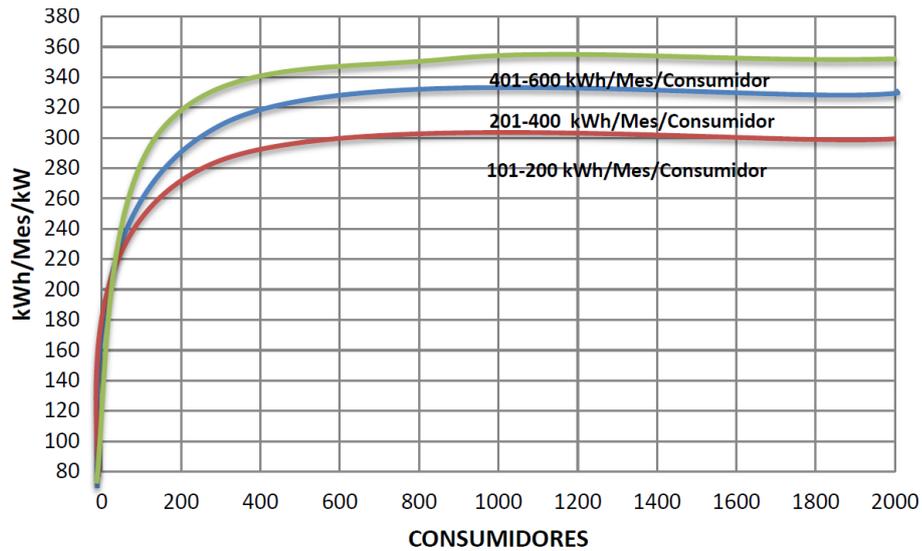


Figura 4.6. kWh/mes/consumidor.

Elaboración: Autores.

En la Figura 4.6. Se ve que las tres curvas tienen la misma forma y nivel de estabilización en aproximadamente 1400 consumidores. Cualquier punto en una de las curvas puede ser identificado como un porcentaje dado el máximo kWh/mes/kW para esta curva.

El factor A refleja el mejoramiento de la diversidad debido al incremento de consumidores y también puede ser calculado con la ecuación 17.

$$\text{Factor A} = n[1 - (0,4 * n) + 0,4 * (n^2 + 40)^{0,5}] \quad (17)$$

De la ecuación 17 podemos obtener la siguiente curva, mostrada en la Figura 4.7.

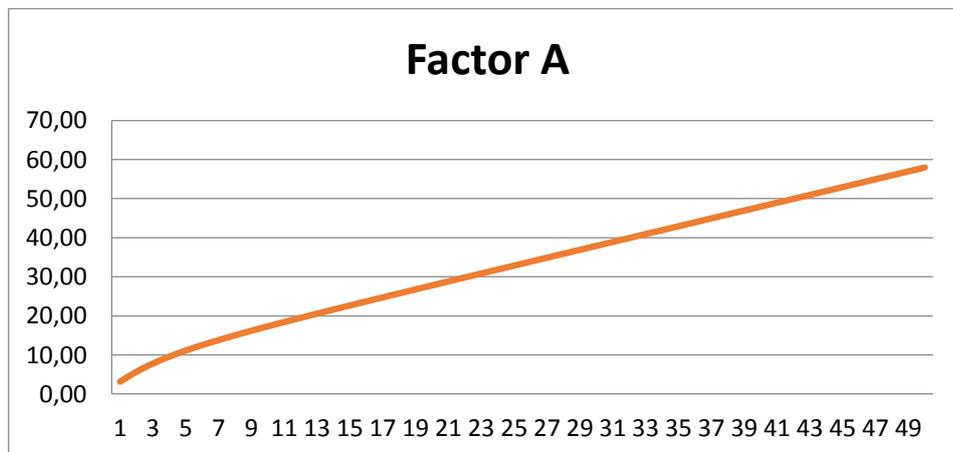


Figura 4.7. Factor A.

Elaboración: Autores.

En el **ANEXO 2** se muestra los valores calculados del Factor A de 1 a 50 usuarios, y así obtenemos la Figura 4.5.

En el **ANEXO 3** se muestra los valores del Factor A para los usuarios tipo H (comunidades aisladas rurales).

El factor B refleja el mejoramiento en el factor de carga con el incremento del uso de energía y la demanda por consumidor, este factor puede ser calculado para cualquier calor de consumo de energía usando la ecuación 18.

$$\text{Factor B} = 0,005925 * (\text{Ce})^{0,885} \quad \mathbf{(18)}$$

Las ecuaciones no son exactas y sirven solo a partir de cinco consumidores, sin embargo se aproximan mucho a la realidad. (Campoverde & Sánchez, 2012, págs. 75 - 76)

En el **ANEXO 4** se muestra los valores del Factor B.

### **Cálculo de la demanda en kW**

Los términos utilizados en el cálculo de la demanda han sido designados como factor de kWh o Factor B mientras el segundo como factor del consumidor o Factor A. Para el cálculo de la demanda en kW de cualquier cantidad de consumidores, basta con multiplicar los dos factores A y B.

En el **ANEXO 5** se muestra los valores del producto del Factor A por el Factor B.

La ecuación del método REA es la siguiente:

$$D_{\max} = (\text{Factor A} * \text{Factor B}) \quad \mathbf{(19)}$$

Dónde:

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

$$\text{Factor B} = 0,005925 * (\text{Ce})^{0,885}$$

n = Número de usuarios

Ce = Consumidor específico

$$\text{Ce} = \frac{\sum \text{kWh/mes}}{n} \quad \mathbf{(20)}$$

### **Cálculo de la tasa de incremento**

Para el diseño se considera los incrementos en la demanda que tiene lugar durante el periodo de vida útil de la instalación, como son en los casos de redes de distribución en áreas residenciales, en los cuales se intensifican por el aumento progresivo del uso de artefactos domésticos y por el aumento de usuarios.

### **Cálculo de la demanda máxima unitaria proyectada**

Para hacer cálculo de la demanda máxima unitaria proyectada (DMUp), se emplea la siguiente ecuación, obtenida de las guías de diseño de la Empresa Eléctrica Quito.

En el **ANEXO 6** se muestran los valores de la demanda máxima unitaria para los usuarios tipo H.

$$DMU_p = DMU * \left[ \frac{1+Ti}{100} \right]^{Ti} \quad (21)$$

Dónde:

DMU= Demanda máxima unitaria (Método REA).

Ti= Tasa de incremento anual.

n= Periodo de años.

### **Cálculo del factor de diversidad**

A continuación se indica la fórmula para el cálculo del factor de diversidad.

$$FD_n = \frac{n*DMU_p}{DMU_p} \quad (22)$$

Dónde:

n = Número de Usuarios.

DMUp (n) = Demanda Máxima Unitaria Proyectada de un solo usuario.

### 4.5.3. Método Empresa Eléctrica Regional del Sur. (EERSSA)

#### **Demanda Máxima Proyectada, Urbanizaciones, Lotizaciones y proyectos rurales.**

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 que se muestra en las tablas 4.8 y 4.9:

#### **Sector Urbano**

Tabla 4.8. Tipo de clientes en el sector urbano.

<b>CATEGORÍA</b>	<b>Área Promedio de Lotes (m2)</b>	<b>DMUp (KVA 10 años)</b>
A	A > 400	4,48
B	300 < A < 400	2,35
C	200 < A < 300	1,4
D	100 < A < 200	0,82
E	A < 100	0,56

Fuente: EERSSA.

Elaboración: Autores.

#### **Sector Rural**

Tabla 4.9. Tipo de clientes en el sector rural.

<b>CATEGORÍA</b>	<b>Área Promedio de Lotes (m2)</b>	<b>DMUp (KVA 10 años)</b>
F	Periferia Ciudad	0,6
G	Centro Parroquial	0,5
H	Rural	0,4

Fuente: EERSSA

Elaboración: Autores.

Se considera un punto, y luego se determina mediante la ecuación 28.

$$\mathbf{DMP = DMUp * N * FC (28)}$$

Dónde:

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

DMUp = Demanda máxima unitaria proyectada. [kVA]

N = Número de Usuarios.

FC = Factor de coincidencia, dado por la ecuación (4)

$$FC = N - 0.0944 (29)$$

En la Tabla 4.10 se muestra la DMUP y DMU de acuerdo al tipo de usuario.

Tabla 4.10. DMUP de acuerdo al tipo de usuario.

	Tipos de Usuarios							
	A	B	C	D	E	F	G	H
DMUp(KVA)	4,48	2,35	1,4	0,82	0,56	0,6	0,5	0,4
N (Usuarios)	1	1	1	1	1	1	1	1
kW	3,584	1,880	1,120	0,656	0,448	0,480	0,400	0,320
FP	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
h	150	150	150	150	150	150	150	150
KWh	537,600	282,000	168,000	98,400	67,200	72,000	60,000	48,000

Fuente: EERSSA

Elaboración: Autores.

En el **ANEXO 7** se muestra una tabla de valores de la demanda máximas proyectadas de la EERSSA.

Esta metodología empleada por la Empresa Eléctrica Regional del Sur para comunidades Rurales de estrato bajo (H) nos da un consumo mensual menor a 50 kWh y de acuerdo a los resultados obtenidos en base a los distintos métodos que hemos analizado anteriormente nos da un valor muy aproximado al real. (EERSSA, 2012)

#### 4.5.4. Método PIB Utilizando los modelos económicos

Para la planificación de la expansión de un sistema eléctrico nos debemos basar en una prospectiva de la evolución futura del mercado que permita la creación de un plan indicativo de inversiones. La clave de la expansión resulta de la evolución a futuro de la demanda, así pues con la planificación que se hizo no se necesita realizar ampliaciones, y así se abastecería toda la demanda. (Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), 2013, pág. 21)

A continuación se muestra en la Figura 4.6 como el PIB y el consumo de energía tiene una relación entre sí, donde podemos apreciar que si el PIB aumenta o disminuye el mismo comportamiento tendrá el consumo de energía.

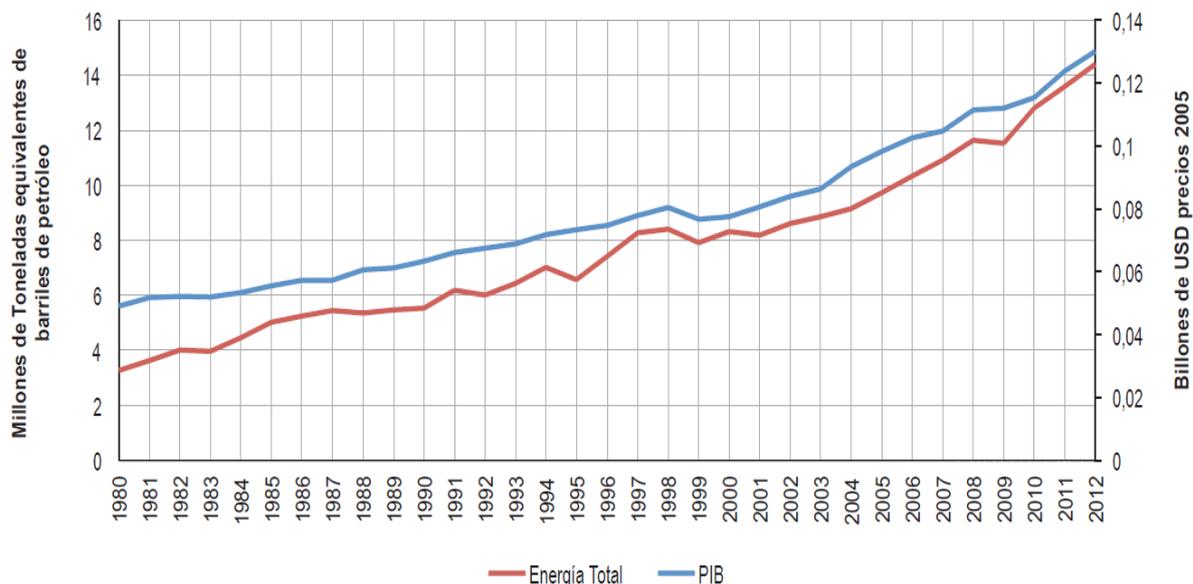


Figura 4.8. Consumo de energía y PIB en el Ecuador.

Fuente: Banco Mundial y BP Statistical Review of World Energy 2013.

En el **ANEXO 8** se muestra la evolución en % del PIB en el periodo 2002 -2011, que nos servirá para tener una proyección de demanda energética más cercana a los valores reales.

Para determinar la proyección de la demanda debe estar marcada por el potencial industrial y manufacturero, la distribución de riqueza, la disponibilidad de crédito para establecer empresas y de los clientes al final de la cadena de consumo, así también como el uso de diferentes de la energía. (Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), 2013, pág. 21)

Para este método hay que tomar en cuenta el consumo residencial, comercial, industrial, otros, alumbrado público; el crecimiento de los clientes residenciales y comerciales está alrededor del 73%, en cambio el número de clientes industriales ha crecido un 49%, en el grupo de otros clientes creció un 68%, en cambio en los clientes de alumbrado público se redujo un 25%. (Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), 2013, pág. 22)

En el **ANEXO 9** se muestra la evolución decenal de clientes por grupo de consumo, que es muy importante para el análisis de este método.

### **Situación actual de la demanda eléctrica.**

Para el año 2012 se presenta un crecimiento promedio de 5,9% para potencia y 4,91% para energía. Para el periodo desde 2010 – 2012, el crecimiento anual fue de 5,09% en potencia y 5,43% en energía. En cambio para el periodo desde enero del 2008 – diciembre del 2012 existe un crecimiento anual medio de 3,72% en potencia y 43,23% en energía. (Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), 2013, págs. 24-25)

En resumen la demanda máxima de potencia que se registró para enero con 2,937 MW; en lo que respecta a la energía, la demanda máxima de energía en mayo se produjo 1,715 GWh, y en cambio la demanda mínima de energía hasta febrero se registró con 1,502 GWh. También se toma en cuenta el comportamiento diario de la demanda, de lo cual se establece que la demanda punta se produce en el horario que va entre las 19H00 y 22H00, y la demanda media entre las 06H00 hasta las 17H00 y de 23H00 hasta las 24H00, y la demanda mínima entre la 01H00 y 05H00. (Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), 2013, pág. 25)

### **Proyección Global de la demanda.**

Las variables analizadas en este método son de tipo macroeconómico como es el PIB nacional y también se toma en cuenta el aspecto demográfico como lo es la población, cantidad de viviendas totales y con servicio eléctrico a nivel país. (Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), 2013, pág. 31)

En el **ANEXO 10** se muestra el porcentaje de del servicio eléctrico en el Ecuador.

Para el 2016 la proyección del crecimiento del PIB sería de 3,28%. De acuerdo al censo nacional de vivienda y población realizado en el 2010 tenemos una población de 15012228, un número de viviendas de 3889914, una cantidad de viviendas con servicio eléctrico de 3686629, y con una cobertura de servicio eléctrico del 94,77%, teniendo un crecimiento dese el año 2010 al 2020 del 1,97%. (Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), 2013, pág. 31)

### **Elección del método de estimación y proyección.**

Se utiliza modelos econométricos ya que estos permiten mediante la estimación de una relación la variable en función de determinantes o variables que afectan el comportamiento de la variable a explicar, en nuestro caso el PIB. Esta técnica tiene la ventaja de permitir

llevar a cabo pruebas para evaluar estadísticamente la bondad del ajuste del modelo a los datos reales, también permite establecer la capacidad de predicción del modelo y cuantificar el error de la predicción. (Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), 2013, pág. 32)

### **Proyección de la demanda.**

En la utilización de modelos econométricos se define  $\pm 2$  veces el error estándar de la estimación, esto significa que el intervalo tiene una probabilidad del 90% de contener las observaciones futuras para la variable analizada, en nuestro caso sería la estimación y proyección de la cantidad de clientes residenciales es el esquema analítico, en la cual se ven inmersas variables de tipo demográfico. La proyección de la demanda global para el periodo del 2013 – 2022 se obtiene los resultados al agregar las proyecciones de demanda de las distintas categorías analizadas. La proyección de crecimiento promedio anual en el periodo de 2013 – 2022 es del 5%, con lo cual se alcanzaría un 26,542 GWh para el 2022. (Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), 2013, pág. 33)

Actualmente el crecimiento del PIB se estima una reducción de su crecimiento, lo cual afecta directamente las proyecciones en las categorías como es la industrial, residencial y comercial en la cual se empleó el PIB como variable explicativa. (Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), 2013, pág. 33)

### **Elección del mejor método de proyección.**

Para la elección del método y obtener la validez de los resultados obtenidos están vinculados a la disponibilidad y la calidad de los datos de entrada. Se separa por grupos de consumo, como son: Residencial, Comercial, Industrial, Alumbrado Público y Otros; y así se agrupan las demandas en categorías homogéneas ya que tienen diferente comportamiento una de otra. (Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), 2013, pág. 96)

Los modelos econométricos para este estudio se los usa porque permiten mediante la estimación de una relación, expresar la variable a explicar en función de determinantes o variables que afectan el comportamiento de la variable a explicar, este modelo permite establecer la capacidad de predicción del modelo y cuantificación del error en la predicción. (Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), 2013, pág. 97)

### **Datos base empleados**

Se toma datos comerciales, macroeconómicos y demográficos de frecuencia anual; para esto se toma los datos de:

- Datos macroeconómicos
- Datos demográficos: INEC
- Datos físicos de cantidad de clientes y energía vendida.

Para obtener la demanda total como ya se ha mencionado se lo realiza calculando la demanda por categorías como son residencial (urbano y rural), comercial, industrial, alumbrado público y otros; y después se suma todos estos valores y se obtiene la demanda total. (Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), 2013, pág. 103)

En el **ANEXO 11** podemos observar las proyecciones poblacionales para Ecuador ya que este método se basa también en el crecimiento poblacional a futuro, y el índice de hacinamiento.

#### **4.6. Aplicación de los métodos.**

Una vez explicados los procedimientos para la aplicación de las metodologías tomadas como referencia para propósitos de análisis y conjuntamente con los datos recopilados, sin duda, la actividad relevante de esta investigación es definir aquella metodología que permita determinar con mayor precisión valores de demanda, con la menor desviación respecto a los datos obtenidos.

Para mayor efectividad en los resultados tomaremos un valor típico de cargas instaladas y de consumo energético para cada uno de los métodos que vamos a analizar.

##### **4.6.1. Método Empírico.**

Como resultado del análisis previo se obtiene los datos presentados en Tabla 4.11.

Tabla 4.11. Resultados obtenidos con el método empírico.

Consumo	W(Promedio)	Horas	Total (Wh)/día
Stand By 5%	10	7	70
C. Bajo	75	7	525
C. Medio	150	6	900
C. Alto	300	4	1200
<b>Total (Wh/día)</b>		24	<b>2695</b>

Elaboración: Autores.

Una vez detallado cada categoría con sus respectivos datos nos va dar como resultado el consumo diario aproximado para cada usuario.

Para obtener el consumo mensual basta con multiplicar el consumo diario por el mes.

$$\text{Consumo mensual (kWh)} = \text{Consumo diario} * 30$$

$$\text{Consumo mensual (kWh)} = 2,695 * 30 = 80,85$$

#### 4.6.2. Método REA (RURAL ELECTRIFICATION ADMINISTRATION).

Cabe mencionar previamente que el consumo promedio de energía del conjunto de usuarios que requiere esta metodología se pudo obtener en base datos de la EERSSA. Y de acuerdo al consumo por familia promedio.

Para los 40 usuarios tomados como ejemplo se pudo encontrar que el consumo promedio de los mismos corresponde a 118 kWh que aplicado a las para el factor A y B detalladas en el capítulo III (17) (18), estas permiten encontrar los factores A y B cuyo producto determina la demanda diversificada del conjunto.

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

$$\text{Factor A} = 40[1 - (0,4 * 10) + 0,4 * (10^2 + 40)^{0,5}]$$

$$\text{Factor A} = 47,9506$$

$$\text{Factor B} = 0,005925 * (Ce)^{0,885}$$

$$\text{Factor B} = 0,005925 * (118)^{0,885}$$

$$\text{Factor B} = 0,4039$$

$$D_{\max} = (\text{Factor A} * \text{Factor B})$$

$$D_{\max} = 19,37 \text{ kW}$$

$$D_{\max} = 0,4842 \text{ kW/ Consumidor}$$

$$DMU_p = 34,8817 \text{ kW}$$

$$DMU_p = 0,8720 \text{ kW / Consumidor}$$

#### 4.6.3. Método Empresa Regional del Sur S.A.

Según esta metodología y tomando como base la Tabla 4.12 para usuarios rurales tenemos el siguiente consumo de potencia y energía.

Tabla 4.12. Consumo de potencia y energía para los diferentes tipos de usuario.

	Tipos de Usuarios		
	F	G	H
<b>DMP(KVA)</b>	0,600	0,500	0,400
<b>DMUp(KVA)</b>	0,6	0,5	0,4
<b>N (Usuarios)</b>	1	1	1
<b>kW</b>	0,480	0,400	0,320
<b>FP</b>	0,8	0,8	0,8
<b>h</b>	150	150	150
<b>KWh</b>	72,000	60,000	48,000

Elaboración: Autores.

#### 4.6.4. Método PIB Utilizando modelos econométricos.

**Demanda para la región sur.**

**Paso 1:**

Tomamos el valor de la venta en bajo tensión de la empresa de la región sur que comprende la provincia de Loja y Zamora Chinchipe; este valor es para año 2016 que es de 268.1 GWh, estos valores los podemos encontrar en el **ANEXO 12**. (Balance de energía de empresas eléctricas)

**Paso 2:**

Tomamos los valores del **ANEXO 13** (Clientes totales con servicio eléctrico) el número de clientes totales de la empresa de la región sur, esta tabla nos da el número de cliente y en si

sería el número de medidores con los que nos daría en si el número de familias; tenemos un total de 188505 clientes.

### **Paso 3:**

Teniendo estos valores primeramente vemos que el valor obtenido en el paso 1 está en GWh y ese valor esta para un año, por lo que lo vamos a transformar en kWh y lo vamos a dividir para los 12 meses del año teniendo un valor en kWh mensual:

$$\frac{223441666,6666667 \text{ kWh mensual}}{188505 \text{ Clientes}} = 118,52028682 \text{ kWh/mes}$$

Este valor va a ser el mismo tanto para cualquier comunidad de la Provincia de Loja como la de Zamora Chinchipe ya que es la misma empresa que abastece de energía a estas provincias ya mencionadas.

### **Comparación y Análisis de resultados**

Se ha determinado que las pérdidas de potencia existentes en redes secundarias y acometidas, oscilan entre el 1 y 2 % de la demanda total requerida por el transformador.

Los aspectos señalados en el párrafo anterior han sido considerados para realizar el análisis comparativo con base en los kW de demanda requeridos por la carga y así obtener el porcentaje de error entre el valor de la demanda calculada por cada metodología y el registro de carga, a partir de la siguiente ecuación.

$$\text{Error}_{\%} = \left| \frac{\text{valor calculado} - \text{valor registrado}}{\text{valor registrado}} \right| * 100 \quad (27)$$

Para cada una de las metodologías se encontró la media del porcentaje de error a partir de la ecuación 27, considerando los cálculos para cada uno de los usuarios analizados.

El método empleado por la REA para el cálculo de la demanda, resulta muy práctico y fácil de desarrollarlo, por cuanto se necesita el consumo específico y el número de usuarios, información de fácil acceso. Adicionalmente se puede verificar la confiabilidad de este método de acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 4.4.

El método REA a pesar de sustentarse en clientes de otras latitudes, cuando corresponde a clientes de consumidores mensuales menores a 400 kWh, se refiere a clientes con aproximadamente el mismo equipamiento, pues la única forma de llegar al mismo consumo es con un equipamiento similar.

#### 4.7. Análisis de Resultados.

En este capítulo se pudo determinar los resultados con las distintas metodologías aplicadas para la determinación de la demanda, estos resultados son bastantes reales basados en datos y en la metodología que aplica la EERSSA que es la que subministra la energía eléctrica a las provincias de Loja y Zamora.

De acuerdo a los métodos que correlacionan la demanda con la carga instalada. (kW), a continuación se muestran los valores en la Tabla 4.13.

Tabla 4.13. Métodos que correlacionan la demanda con la carga instalada (kW).

Método REA (kW)	Método EERSSA (kW)
0,48	0,48

Elaboración: Autores.

De acuerdo a los métodos que correlacionan la demanda con la energía. (kWh), a continuación se muestran los valores en la Tabla 4.14.

Tabla 4.14. Métodos que correlacionan la demanda con la energía (kWh).

Método Empírico (kWh)	Método PIB (kWh)
80,85	118,52

Elaboración: Autores.

En la Figura 4.9 se muestra los valores obtenidos anteriormente gráficamente de las tablas 4.13 y 4.14.

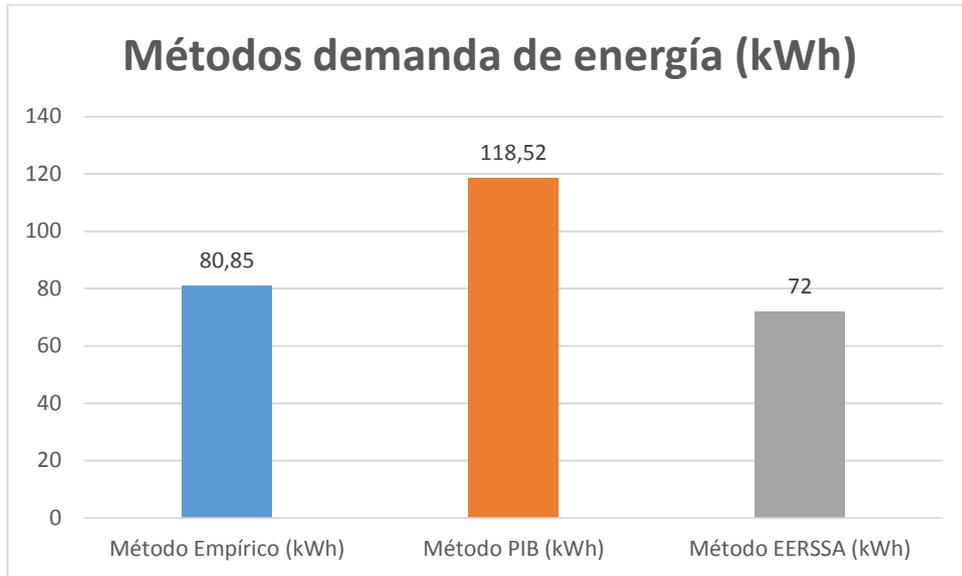


Figura 4.9. Comparación de los métodos para calcular la demanda de energía.

Elaboración: Autores.

En la Tabla 4.15 se muestran los resultados finales obtenidos para la demanda eléctrica.

Tabla 4.15. Resultados finales de la demanda eléctrica.

Método Empírico (kWh)	Método PIB (kWh)	Método EERSSA (kWh)	Media	D. Estándar
80,85	118,52	72	90,4566667	18,9012834

Elaboración: Autores.

## CONCLUSIONES

- Nuestro trabajo realiza el estudio y gestión de la demanda eléctrica considerando las variables económicas, sociales, demográficas, ambientales, técnicas y tecnológicas, para una adecuada planificación que garantiza el suministro energético en los niveles de aceptación en confiabilidad y calidad que señalan las diferentes normativas.
- En este trabajo de fin de titulación se ha empleado varios métodos que utilizan las empresas eléctricas y el gobierno del Ecuador para encontrar la demanda eléctrica.
- Usando la información disponible en estudios previos realizados por las distintas empresas eléctricas de nuestro país, INEC, INER, CONELEC, MEER, y de los GADs parroquiales rurales de las comunidades escogidas para este estudio; recopilamos datos económicos, demográficos, entre otros; permitiéndonos elaborar la proyección del consumo en potencia, energía y nivel de tensión.
- El trabajo realizado calcula el perfil de carga para comunidades rurales aisladas que es el promedio de los métodos utilizados. Luego se calculó su desviación estándar para obtener un valor más cercano a la realidad.
- Como consecuencia del presente estudio, las metodologías empleadas permiten obtener valores ajustados a los reales, por lo tanto, su aplicación demostró ser de utilidad en la determinación de la demanda para un grupo de usuarios tipo residencial, de las zonas urbanas y rurales especialmente a las comunidades antes mencionadas.
- Los métodos usados en este trabajo nos permitieron encontrar la demanda de energía y la potencia necesaria para los requerimientos de energía eléctrica en comunidades aisladas.
- Este trabajo calcula adecuadamente la cantidad de energía y potencia eléctrica necesaria para una comunidad aislada y ayudará a los investigadores en el dimensionamiento óptimo de las fuentes de energías.

- Como podemos observar nuestro método realizado que es el empírico y el método de la EERSSA varían mucho con respecto al método que utiliza el PIB, ya que para éste último método utiliza el consumo de todo el país tanto urbano como rural, y en cambio los dos métodos restantes es específicamente para comunidades rurales, y es por eso que existe un error en estos tres métodos de 18,90.
- Al brindar este servicio básico a todas las comunidades aisladas, en un futuro se pretende que éstas al tener energía eléctrica, mejore su calidad de vida, y a la larga que se iguale al consumo de demanda eléctrica calculado con los modelos econométricos.

## BIBLIOGRAFÍA

- El Blog de la Energía Sostenible*. (15 de 08 de 2013). Recuperado el 15 de 02 de 2016, de El Blog de la Energía Sostenible: <http://www.blogenergiasostenible.com/que-es-smart-grid-red-electrica-inteligente/>
- Revista Energética Interconexiones. (Diciembre de 2013). 36 y 37.
- Arias Román, L. F. (Marzo de 2000). *Escuela Politécnica Nacional (Facultad de Ingeniería Eléctrica)*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5128/4/T1572.pdf>
- Ausay, C., Cruz, M., Mera, L., Salinas, C., Jines, D., & Quevedo, W. (s.f.). *SlideShare*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/ILMERA/1-presentacionminimoscuadrados>
- Bichlien Hoang. (2006). *IEEE*. Obtenido de [https://www.ieee.org/about/technologies/emerging/emerging\\_tech\\_smart\\_grids.pdf](https://www.ieee.org/about/technologies/emerging/emerging_tech_smart_grids.pdf)
- Bornay. (s.f.). *Bornay*. Obtenido de <http://www.bornay.com/es/cms/comunidades-aisladas-venezuela>
- Botero, C. A., & Alberto, M. M. (Diciembre de 2012). *Unidad de Planeación Minero Energética (UPME)*. Obtenido de ASOCODIS: <http://www.asocodis.org.co/docs/xi-jornada/sesion1/1.%20ModeloparalaProyecciondeDemandadeEnergiaElecricaenColombia.pdf>
- Bustamante Paredes, K. E. (2013). *Universidad del Azuay*. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/2195/1/09657.pdf>
- Campoverde, D., & Sánchez, J. (2012). *Universidad de Cuenca*. Recuperado el 2015, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/685/1/te317.pdf>
- Carvajal, P. (2013). *Balance Energético Nacional*. Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, Quito.
- Casellas, F., Velasco, G., & Guinjoan, F. (s.f.). *Universidad Politécnica de Catalunya*. Obtenido de Departament d'Eninyeria Electrónica: <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/9066/5025.pdf>
- CELEC EP. (2013). *Corporación Eléctrica del Ecuador*. Obtenido de <https://www.celec.gob.ec/>

- Chaparro, J., Contreras, V., Giamporcaro, K., & Rodolfo, F. (2014). *authorSTREAM*. Obtenido de <http://www.authorstream.com/Presentation/valentinacontrer-2304172-metodos-de-proyeccion-para-la-demanda/>
- CNE El Salvador. (s.f.). *Consejo Nacional de Energía de EL Salvador*. Obtenido de [http://www.cne.gob.sv/index.php?option=com\\_content&view=article&id=110&Itemid=195](http://www.cne.gob.sv/index.php?option=com_content&view=article&id=110&Itemid=195)
- CODESOLAR. (s.f.). *CODESOLAR Cía. Ltda.* Obtenido de [http://www.codesolar.com/Energia-Solar/Solar\\_Noticias\\_News/Legal/Ley-Organica-Servicio-Publico-Energia-Elctrica-Ecuador.html](http://www.codesolar.com/Energia-Solar/Solar_Noticias_News/Legal/Ley-Organica-Servicio-Publico-Energia-Elctrica-Ecuador.html)
- Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC). (2013). *Estudio y Gestión de la Demanda Eléctrica*. Obtenido de Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC EP): <https://www.celec.gob.ec/electroguayas/files/vol2.pdf>
- Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC). (2013). *Resumen Ejecutivo*. Obtenido de Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC EP): <https://www.celec.gob.ec/electroguayas/files/vol1.pdf>
- Coronel, I., & Peláez, B. (Febrero de 2015). *Universidad de Cuenca*. Recuperado el enero de 2016, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21227/3/tesis.pdf>
- Dafermos, G., Kotsampopoulos, P., Latoufis, K., Margaris, I., Rivela, B., Washima, P., y otros. (13 de Febrero de 2015). *FLOK Society*. Obtenido de <http://flokociety.org/docs/Espanol/2/2.3.pdf>
- Diario El Mercurio. (14 de 04 de 2014). *El Mercurio; Diario Independiente de Cuenca*. (AGN, Editor) Recuperado el 05 de 2016, de <https://www.elmercurio.com.ec/426680-loja-parroquia-bolaspamba-tierra-linda-y-hospitalaria/#.V4Q74PnhDIU>
- domunents.mx. (s.f.). *domunents.mx*. Obtenido de <http://documents.mx/documents/estudio-de-mercado-metodos-de-proyeccion-que-es-una-proyeccion-es-una-estimacion-del-comportamiento-de-una-variable-en-el-futuro-especificamente-se.html>
- EERSSA. (Enero de 2012). Normas técnicas para el diseño de redes eléctricas urbanas y rurales. *Normas técnicas para el diseño de redes eléctricas urbanas y rurales*. Loja, Loja, Ecuador.
- Energía y Sociedad. (Marzo de 2010). *Energía y Sociedad*. Obtenido de <http://www.energiaysociedad.es/pdf/smartgrids.pdf>

- ESPOL. (s.f.). *Fuentes de Energía en Ecuador*. Recuperado el Febrero de 2016, de <http://blog.espol.edu.ec/jhohearr/energia-hidraulica-en-el-ecuador/>
- Fossati, J. P. (Agosto de 2011). *Universidad de Montevideo*. Obtenido de [http://www.um.edu.uy/\\_upload/\\_descarga/web\\_descarga\\_239\\_Revisinbibliogrificamicroredesinteligentes.-Fossati.pdf](http://www.um.edu.uy/_upload/_descarga/web_descarga_239_Revisinbibliogrificamicroredesinteligentes.-Fossati.pdf)
- GAD Parroquial Bolaspamba. (s.f.). *GAD Parroquial Bolaspamba*. Recuperado el marzo de 2016, de <http://gadbolaspamba.gob.ec/index.php/ct-menu-item-14>
- García, M. V. (Enero de 2013). *Universidad Politécnica Nacional*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5542/1/CD-4621.pdf>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural deTutupali. (2014). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial*. Yacuambi.
- Hueichapan, D. S. (5 de Mayo de 2016). *Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería*. Obtenido de Grupo Energía del ISCI: <http://www.isci.cl/innovacion-en-energias-renovables-para-comunidades-mapuche-aisladas/>
- IBERDROLA. (2010). *IBERDROLA. Energía Sostenible*. Obtenido de <https://www.iberdrola.es/webibd/gc/prod/es/doc/EnergiaSostenible9.pdf>
- INEC. (2010). *Intituto Nacional de Estadísticas y Censos - Ecuador*. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-de-datos-censo-2010/>
- INER. (2014). *Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables*. Obtenido de <http://www.iner.gob.ec/2014/12/>
- INER. (2015). *Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables*. Obtenido de INER: <http://www.iner.gob.ec/>
- INER. (2015). *Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables*. Obtenido de <http://www.iner.gob.ec/biomasa/>
- INER. (2015). *Istituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables*. Obtenido de INER: <http://www.iner.gob.ec/geotermia/>
- INER. (2016). *Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables*. Obtenido de <http://www.iner.gob.ec/eolica/>
- Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías. (2015). *INER*. Recuperado el mayo de 2016, de <http://www.iner.gob.ec/>

Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías. (2015). *INER*. Recuperado el mayo de 2016, de <http://www.iner.gob.ec/>

International Energy Agency. (s.f.). *International Energy Agency*. Obtenido de Technology Roadmap. Smart Grids: [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/smartgrids\\_roadmap.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/smartgrids_roadmap.pdf)

Intituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías. (2015). *INER*. Recuperado el mayo de 2016, de <http://www.iner.gob.ec/>

La Hora. (5 de Mayo de 2013). *La Hora*. Obtenido de [http://lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101502044/-1/Las\\_hidroel%C3%A9ctricas\\_%C2%BFsoluci%C3%B3n\\_al\\_problema\\_energ%C3%A9tico%3F.html#.V6OXWvnhDIU](http://lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101502044/-1/Las_hidroel%C3%A9ctricas_%C2%BFsoluci%C3%B3n_al_problema_energ%C3%A9tico%3F.html#.V6OXWvnhDIU)

Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica. (16 de Enero de 2015). *Asamblea Nacional. República del Ecuador*. Obtenido de [http://laradio.asambleanacional.gob.ec/system/files/registro\\_oficial\\_n\\_418\\_ley\\_organica\\_del\\_servicio\\_publico\\_de\\_energia\\_electrica.pdf](http://laradio.asambleanacional.gob.ec/system/files/registro_oficial_n_418_ley_organica_del_servicio_publico_de_energia_electrica.pdf)

Llanos Proaño, J. D. (Enero de 2012). *Universidad de Chile*. Obtenido de [http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2012/cf-llanos\\_jp/pdfAmont/cf-llanos\\_jp.pdf](http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2012/cf-llanos_jp/pdfAmont/cf-llanos_jp.pdf)

Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. (2013). *Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos*. Obtenido de <http://www.sectoresestrategicos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/01/Balance-Energe%CC%81tico-Nacional-2015-parte-3.pdf>

Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. (2015). *Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos*. Obtenido de Balance Energético Nacional. Matrices y Diagramas: <http://www.sectoresestrategicos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/01/Balance-Energe%CC%81tico-Nacional-2015-parte-3.pdf>

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (26 de Septiembre de 2013). *Cooperación para la Investigación Energética*. Obtenido de Ministerio de Electricidad y Energía Renovable: [http://www.energia.org.ec/cie/?page\\_id=41](http://www.energia.org.ec/cie/?page_id=41)

Ministero de Electricidad y Energía Renovable. (2014). *Ministero de Electricidad y Energía Renovable*. Recuperado el enero de 2016, de <http://www.energia.gob.ec/ferum/>

- Observatorio Industrial del Sector de la Electrónica, Tecnologías de la Información y Telecomunicaciones. (12 de Mayo de 2011). *Ministerio de Industria, Energía y Turismo*. Obtenido de [http://www.minetur.gob.es/industria/observatorios/SectorElectronica/Actividades/2010/Federaci%C3%B3n%20de%20Entidades%20de%20Innovaci%C3%B3n%20y%20Tecnolog%C3%ADa/SMART\\_GRIDS\\_Y\\_EVOLUCION\\_DE\\_LA\\_RED\\_ELECTRICA.pdf](http://www.minetur.gob.es/industria/observatorios/SectorElectronica/Actividades/2010/Federaci%C3%B3n%20de%20Entidades%20de%20Innovaci%C3%B3n%20y%20Tecnolog%C3%ADa/SMART_GRIDS_Y_EVOLUCION_DE_LA_RED_ELECTRICA.pdf)
- Office of Electricity Delivery & Energy Reliability. (s.f.). *U.S. Department of Energy*. Obtenido de <http://energy.gov/oe/services/technology-development/smart-grid>
- Ortega, E. M. (22 de Mayo de 2012). *INGENIUS Revista de Ciencia y Tecnología*. Obtenido de <http://ings.ups.edu.ec/documents/2497096/2497487/Art5.pdf>
- OSINERGMIN. (30 de Enero de 2013 ). *Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería*. Obtenido de OSINERGMIN: <http://www2.osinerg.gob.pe/procreg/tarifasbarra/PrcdmntoFjcionPrciosBrraPrdoMyo2012Abril2014/AbslcionObsrvncsEstdioTecncoEcnmco/AOETESbcmteTrnsmrsresCOES/03.Proyeccion-Demanda.pdf>
- Panchana, I. A. (Junio de 2015). *Universidad de Guayaquil*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/9296/1/PANCHANA%20JAIME.pdf>
- Peralta, A., & Amaya, F. (9 de Junio de 2013). *Revista Educación En Ingeniería*. Obtenido de <http://www.educacioneningeneria.org/index.php/edi/article/viewFile/285/165>
- Quantil. (s.f.). *Quantil S.A.S.* Obtenido de <http://www.quantil.com.co/site/index.php/es/productos-y-servicios/2014-01-16-11-45-50/modelos-econometricos-de-proyeccion>
- Ramón, M., & Arce, R. d. (Octubre de 2012). *Universidad Autónoma de Madrid*. Obtenido de [https://www.uam.es/personal\\_pdi/economicas/rmc/econometria/pdf/ESTIMACION\\_%20MCO\\_MV\\_2013.pdf](https://www.uam.es/personal_pdi/economicas/rmc/econometria/pdf/ESTIMACION_%20MCO_MV_2013.pdf)
- Rivadeneira Herrera, J. M. (Julio de 1999). *Escuela Politécnica Nacional (Facultad de Ingeniería Eléctrica)*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5582/1/T1478.pdf>
- Rubia, J. L. (Junio de 2011). *Universidad Carlos III de Madrid*. Obtenido de [http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/12120/PFC\\_Javier\\_Lorente\\_de\\_la\\_Rubia.pdf?sequence=1](http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/12120/PFC_Javier_Lorente_de_la_Rubia.pdf?sequence=1)

Salazar, O., & Tisalema, W. (Febrero de 2002). *Escuela Politécnica Nacional*. Obtenido de Repositoria digital - EPN: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6972/1/T1858.pdf>

Sapag, N. (2007). *Proyectos de Inversión Formulación y Evaluación*. Chile: Pearson.

Segarra, P. A. (2013). *Univesidad Católica de Cuenca*. Obtenido de <http://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/reducacue/5618/1/MONOGRAFIA%20ESTUDIO%20DE%20LAS%20REDES%20EL%C3%89CTRICAS%20INTELIGENTES%20E2%80%93%20SMART%20GRID.pdf>

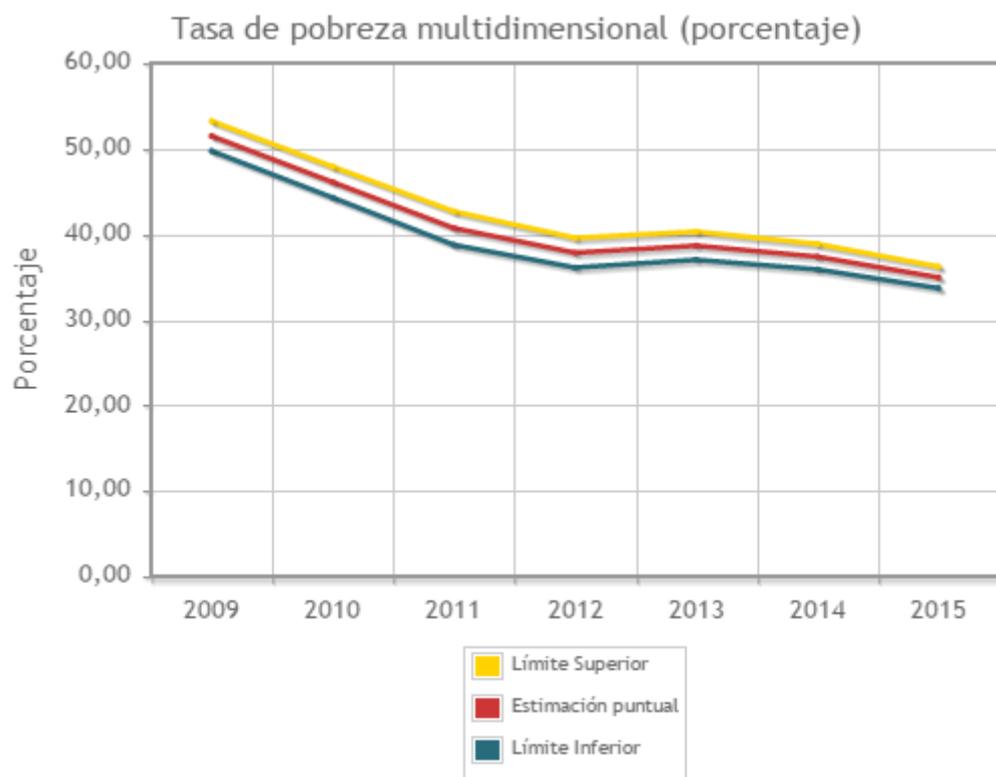
Torres Diaz, E. V. (Octubre de 2013). *Universidad Politécnica Salesiana*. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6349/1/UPS-KT00804.pdf>

UCM. (s.f.). *Universidad Complutense Madrid*. Obtenido de [http://pendientedemigracion.ucm.es/info/eiop/licenciaturas/pdfs\\_econometria/tema\\_3\\_curso\\_2008-09.pdf](http://pendientedemigracion.ucm.es/info/eiop/licenciaturas/pdfs_econometria/tema_3_curso_2008-09.pdf)

Uriel, E. (2013). *Universidad de Valencia*. Obtenido de <http://www.uv.es/uriel/2%20El%20modelo%20de%20regresion%20lineal%20simple%20estimacion%20y%20propiedades.pdf>

## **ANEXOS**

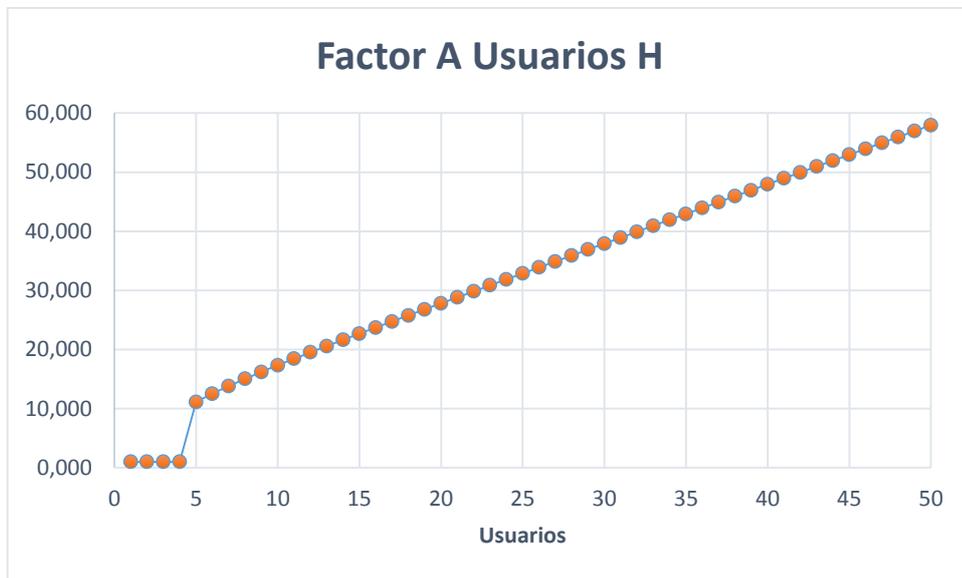
## ANEXO 1. TASA DE POBREZA MULTIDIMENSIONAL



## ANEXO 2. MÉTODO REA FACTOR A

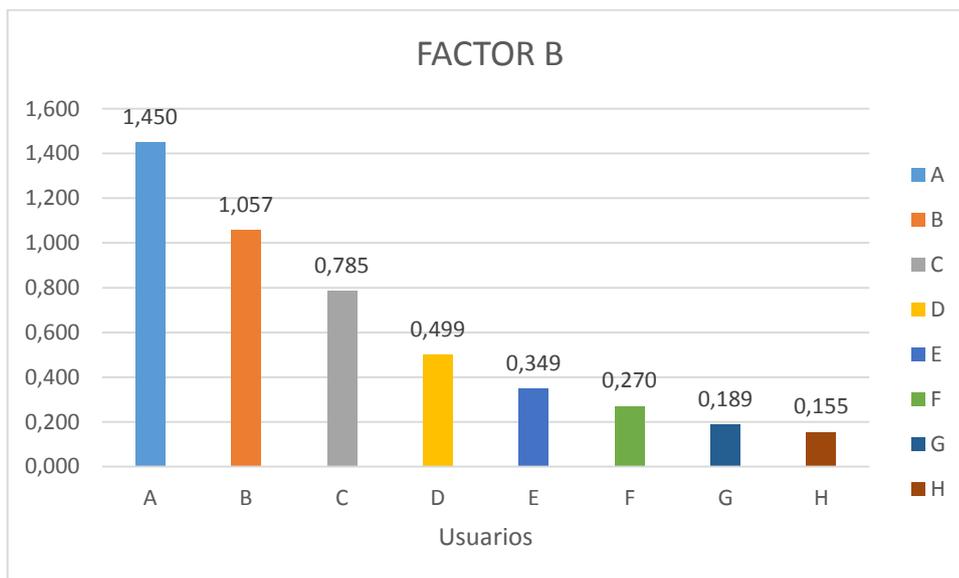
# de Usuarios	Factor A	# de Usuarios	Factor A
1	1,000	26	33,885
2	1,000	27	34,893
3	1,000	28	35,900
4	1,000	29	36,907
5	11,125	30	37,913
6	12,523	31	38,918
7	13,815	32	39,923
8	15,034	33	40,928
9	16,200	34	41,932
10	17,329	35	42,936
11	18,430	36	43,939
12	19,510	37	44,942
13	20,576	38	45,945
14	21,629	39	46,948
15	22,673	40	47,951
16	23,710	41	48,953
17	24,741	42	49,955
18	25,767	43	50,957
19	26,790	44	51,959
20	27,809	45	52,961
21	28,826	46	53,963
22	29,841	47	54,964
23	30,854	48	55,966
24	31,866	49	56,967
25	32,876	50	57,968

### ANEXO 3. FACTOR A USUARIOS H



#### ANEXO 4. MÉTODO REA FACTOR B

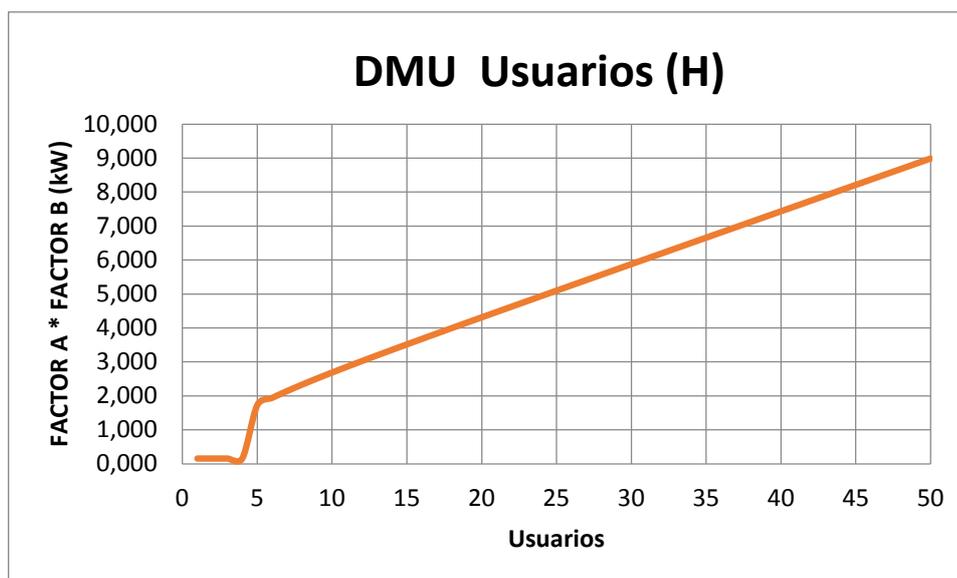
Categoría	Factor B	Consumo (kWh)
Factor B (A)	1,450	500,00
Factor B (B)	1,057	350,00
Factor B (C)	0,785	250,00
Factor B (D)	0,499	150,00
Factor B (E)	0,349	100,00
Factor B (F)	0,270	75,00
Factor B (G)	0,189	50,00
Factor B (H)	0,155	40,00



**ANEXO 5. FACTOR A \* FACTOR B DEMANDA MÁXIMA UNITARIA (KW)**

<b># de Usuarios</b>	<b>DMU (H)</b>	<b># de Usuarios</b>	<b>DMU (H)</b>
1	0,155	26	5,254
2	0,155	27	5,411
3	0,155	28	5,567
4	0,155	29	5,723
5	1,725	30	5,879
6	1,942	31	6,035
7	2,142	32	6,191
8	2,331	33	6,346
9	2,512	34	6,502
10	2,687	35	6,658
11	2,858	36	6,813
12	3,025	37	6,969
13	3,191	38	7,124
14	3,354	39	7,280
15	3,516	40	7,435
16	3,677	41	7,591
17	3,836	42	7,746
18	3,996	43	7,902
19	4,154	44	8,057
20	4,312	45	8,212
21	4,470	46	8,368
22	4,627	47	8,523
23	4,784	48	8,678
24	4,941	49	8,834
25	5,098	50	8,989

## ANEXO 6. DEMANDA MÁXIMA UNITARIA USUARIOS H

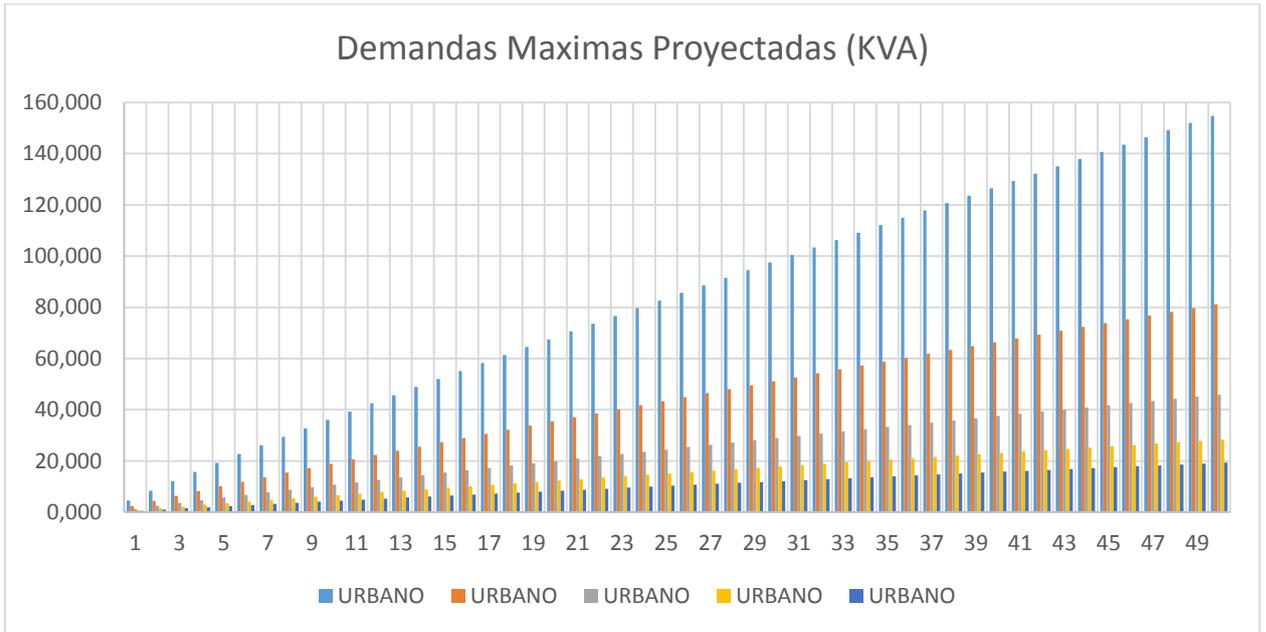


## ANEXO 7. DEMANDAS MÁXIMAS PROYECTADAS EERSSA (DMP EN KVA)

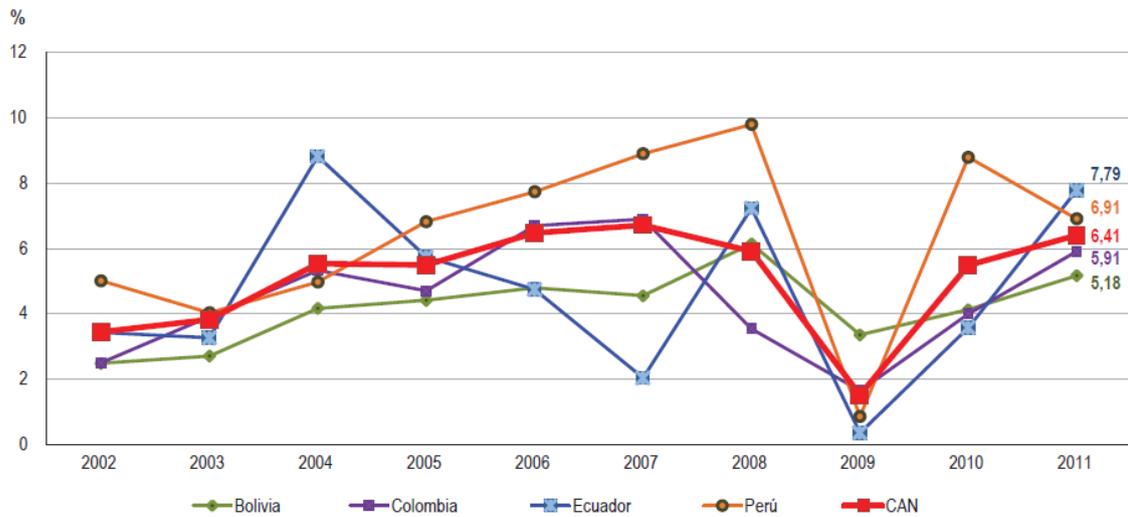
# de Usuarios	URBANO					RURAL		
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	4,480	2,350	1,330	0,820	0,560	0,600	0,500	0,400
2	8,392	4,402	2,492	1,536	1,049	1,124	0,937	0,749
3	12,116	6,355	3,597	2,218	1,514	1,623	1,352	1,082
4	15,722	8,247	4,667	2,878	1,965	2,106	1,755	1,404
5	19,243	10,094	5,713	3,522	2,405	2,577	2,148	1,718
6	22,697	11,906	6,738	4,154	2,837	3,040	2,533	2,027
7	26,097	13,690	7,748	4,777	3,262	3,495	2,913	2,330
8	29,452	15,449	8,744	5,391	3,682	3,944	3,287	2,630
9	32,767	17,188	9,728	5,998	4,096	4,388	3,657	2,926
10	36,048	18,909	10,702	6,598	4,506	4,828	4,023	3,219
11	39,297	20,614	11,666	7,193	4,912	5,263	4,386	3,509
12	42,519	22,304	12,623	7,783	5,315	5,695	4,745	3,796
13	45,716	23,980	13,572	8,368	5,714	6,123	5,102	4,082
14	48,889	25,645	14,514	8,948	6,111	6,548	5,456	4,365

15	52,041	27,298	15,450	9,525	6,505	6,970	5,808	4,647
16	55,173	28,941	16,380	10,099	6,897	7,389	6,158	4,926
17	58,287	30,575	17,304	10,669	7,286	7,806	6,505	5,204
18	61,384	32,199	18,223	11,235	7,673	8,221	6,851	5,481
19	64,464	33,815	19,138	11,799	8,058	8,634	7,195	5,756
20	67,529	35,423	20,048	12,360	8,441	9,044	7,537	6,029
21	70,580	37,023	20,953	12,919	8,822	9,453	7,877	6,302
22	73,617	38,616	21,855	13,474	9,202	9,859	8,216	6,573
23	76,641	40,202	22,753	14,028	9,580	10,264	8,554	6,843
24	79,652	41,782	23,647	14,579	9,957	10,668	8,890	7,112
25	82,652	43,355	24,537	15,128	10,331	11,069	9,225	7,380
26	85,640	44,923	25,424	15,675	10,705	11,470	9,558	7,646
27	88,618	46,485	26,308	16,220	11,077	11,868	9,890	7,912
28	91,585	48,041	27,189	16,763	11,448	12,266	10,222	8,177
29	94,542	49,592	28,067	17,305	11,818	12,662	10,552	8,441
30	97,490	51,139	28,942	17,844	12,186	13,057	10,881	8,704
31	100,428	52,680	29,815	18,382	12,554	13,450	11,208	8,967
32	103,357	54,217	30,684	18,918	12,920	13,843	11,535	9,228
33	106,278	55,749	31,551	19,453	13,285	14,234	11,861	9,489
34	109,191	57,276	32,416	19,986	13,649	14,624	12,186	9,749
35	112,095	58,800	33,278	20,517	14,012	15,013	12,511	10,008
36	114,991	60,319	34,138	21,048	14,374	15,401	12,834	10,267
37	117,880	61,835	34,996	21,576	14,735	15,788	13,156	10,525
38	120,762	63,346	35,851	22,104	15,095	16,173	13,478	10,782
39	123,636	64,854	36,705	22,630	15,455	16,558	13,799	11,039
40	126,504	66,358	37,556	23,155	15,813	16,942	14,119	11,295
41	129,364	67,859	38,405	23,678	16,171	17,326	14,438	11,550
42	132,219	69,356	39,252	24,201	16,527	17,708	14,757	11,805
43	135,066	70,850	40,098	24,722	16,883	18,089	15,074	12,059
44	137,908	72,340	40,941	25,242	17,238	18,470	15,391	12,313
45	140,743	73,827	41,783	25,761	17,593	18,850	15,708	12,566
46	143,573	75,312	42,623	26,279	17,947	19,228	16,024	12,819
47	146,396	76,793	43,461	26,796	18,300	19,607	16,339	13,071

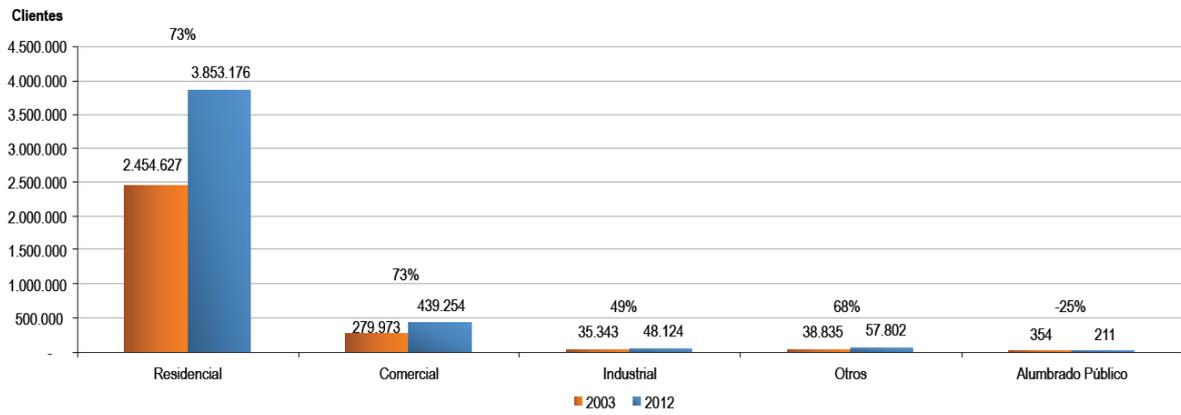
48	149,214	78,271	44,298	27,312	18,652	19,984	16,653	13,323
49	152,027	79,746	45,133	27,826	19,003	20,361	16,967	13,574
50	154,834	81,219	45,966	28,340	19,354	20,737	17,281	13,824



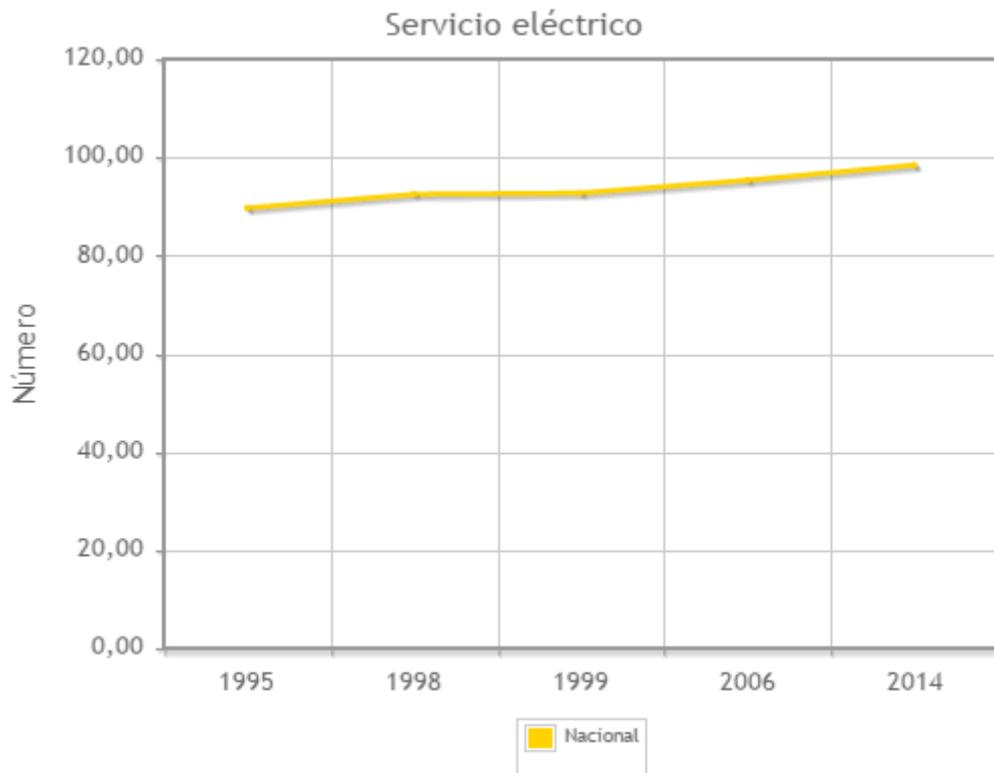
**ANEXO 8. EVOLUCIÓN DEL PIB PERIODO 2002 – 2011 (%)**



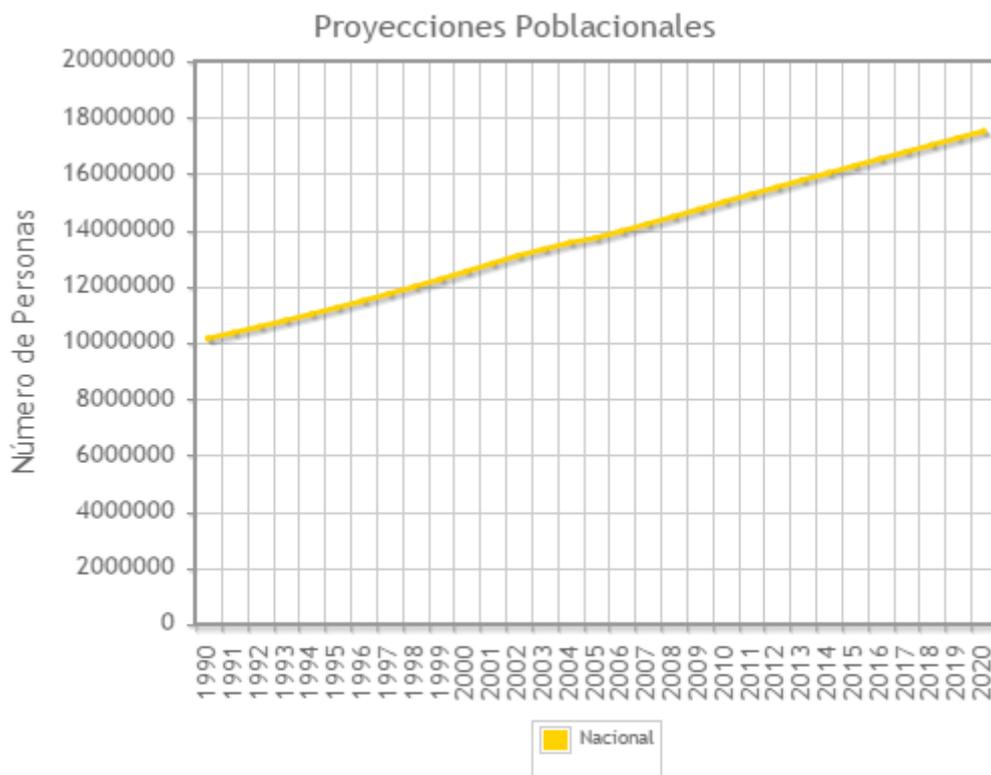
## ANEXO 9. EVOLUCIÓN DECENAL DE CLIENTES POR GRUPO DE CONSUMO.



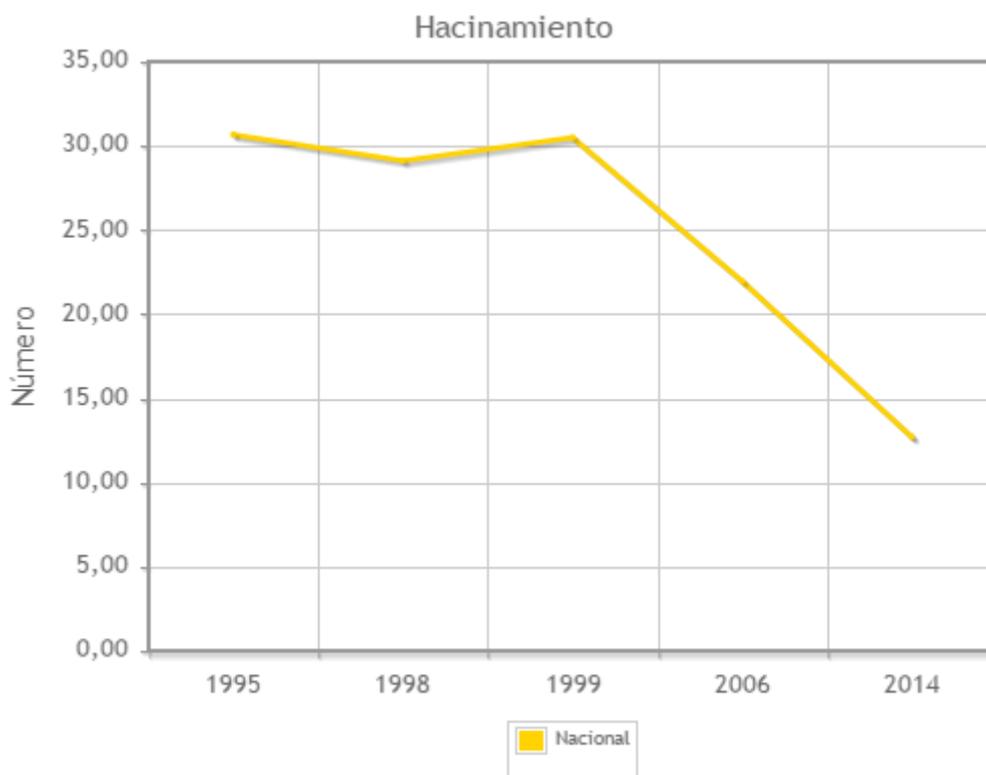
## ANEXO 10. SERVICIO ELÉCTRICO EN ECUADOR



## ANEXO 11. PROYECCIONES POBLACIONALES PARA ECUADOR



## ÍNDICE DE HACINAMIENTO EN ECUADOR



## ANEXO 12. BALANCE DE ENERGÍA DE EMPRESAS ELÉCTRICAS

E.E. Sur

Concepto	Unidad	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Energía Disponible	GWh	296,7	307,9	319,1	330,7	343,0	355,8	368,1	380,2	392,6	406,0
Pérdidas Líneas AT	GWh	1,6	1,7	1,8	1,8	1,9	2,0	2,0	2,1	2,2	2,2
Pe AT	%	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Venta AT	GWh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energía Ingresada en MT	GWh	295,0	306,2	317,3	328,8	341,1	353,8	366,1	378,1	390,4	403,8
Pérdidas Líneas MT	GWh	6,8	6,9	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,6	7,8	8,1
Pe MT	%	2,30	2,24	2,19	2,13	2,08	2,02	2,00	2,00	2,00	2,00
Venta MT	GWh	4,9	5,2	5,5	5,8	6,1	6,4	6,7	7,0	7,3	7,7
Energía Ingresada en TMB	GWh	283,3	294,1	304,9	316,1	328,0	340,3	352,1	363,5	375,3	388,0
Pe TMB	GWh	7,8	7,9	8,0	8,1	8,2	8,3	8,3	8,3	8,4	8,4
Pe TMB	%	2,76	2,70	2,63	2,56	2,50	2,43	2,36	2,30	2,23	2,16
Energía Ingresada en BT	GWh	275,5	286,2	296,9	308,0	319,8	332,1	343,8	355,2	366,9	379,6
Pe BT	GWh	8,4	8,5	8,5	8,5	8,6	8,6	8,5	8,2	8,0	7,7
Pe BT	%	3,05	2,95	2,86	2,77	2,68	2,59	2,46	2,32	2,17	2,02
Venta BT	GWh	237,3	247,5	257,6	268,1	279,3	290,9	302,4	313,6	325,2	337,8
Venta AP	GWh	26,8	27,2	27,6	28,0	28,5	29,0	29,3	29,5	29,8	30,1
Pérdidas No Técnicas	GWh	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,6	3,7	3,8	3,9	4,1

### ANEXO 13. CLIENTES TOTALES CON SERVICIOS ELÉCTRICOS

Empresa	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
CNEL-Bolívar	55.666	57.015	58.382	59.762	61.309	63.013	64.755	66.485	68.117	69.755	71.364
CNEL-EI Oro	210.608	216.749	222.982	229.295	235.697	242.233	248.973	256.054	263.277	270.636	278.007
CNEL-Esmeraldas	120.226	125.481	130.945	136.618	141.800	146.528	151.520	156.728	162.032	167.455	172.919
CNEL-Guayas Los Ríos	289.689	302.340	315.272	328.545	342.159	355.607	369.207	383.309	397.703	412.475	427.232
CNEL-Los Ríos	100.517	103.997	107.563	111.209	115.163	119.373	123.776	128.327	132.820	137.397	141.927
CNEL-Manabí	302.714	314.186	325.766	337.317	349.276	361.144	372.759	384.486	396.494	408.798	421.146
CNEL-Milagro	138.693	143.144	147.671	152.271	156.973	161.804	166.793	171.918	177.248	182.667	188.102
CNEL-Sta. Elena	108.766	113.713	118.838	124.147	129.642	135.337	141.242	147.368	153.777	160.435	167.244
CNEL-Sto. Domingo	158.523	164.806	171.264	177.894	184.858	192.637	200.679	209.027	217.202	225.410	233.693
CNEL-Sucumbios	73.238	78.940	84.807	90.938	96.622	102.229	107.661	113.243	119.085	125.225	131.611
<b>Total CNEL</b>	<b>1.558.640</b>	<b>1.620.370</b>	<b>1.683.489</b>	<b>1.747.996</b>	<b>1.813.499</b>	<b>1.879.905</b>	<b>1.947.365</b>	<b>2.016.945</b>	<b>2.087.755</b>	<b>2.160.253</b>	<b>2.233.247</b>
<b>Crec. (%)</b>	<b>4,05</b>	<b>3,96</b>	<b>3,90</b>	<b>3,83</b>	<b>3,75</b>	<b>3,66</b>	<b>3,59</b>	<b>3,57</b>	<b>3,51</b>	<b>3,47</b>	<b>3,38</b>
E.E. Ambato	225.802	232.656	239.552	246.357	253.034	259.872	266.977	274.307	281.847	289.502	297.127
<b>Crec. (%)</b>	<b>3,14</b>	<b>3,04</b>	<b>2,96</b>	<b>2,84</b>	<b>2,71</b>	<b>2,70</b>	<b>2,73</b>	<b>2,75</b>	<b>2,75</b>	<b>2,72</b>	<b>2,63</b>
E.E. Azogues	32.603	33.052	33.495	33.931	34.361	34.791	35.225	35.711	36.198	36.673	37.122
<b>Crec. (%)</b>	<b>1,44</b>	<b>1,38</b>	<b>1,34</b>	<b>1,30</b>	<b>1,27</b>	<b>1,25</b>	<b>1,25</b>	<b>1,38</b>	<b>1,37</b>	<b>1,31</b>	<b>1,22</b>
E.E. Centro Sur	321.682	330.762	339.739	348.815	358.103	367.816	377.898	388.300	399.253	410.314	421.464
<b>Crec. (%)</b>	<b>2,90</b>	<b>2,82</b>	<b>2,71</b>	<b>2,67</b>	<b>2,66</b>	<b>2,71</b>	<b>2,74</b>	<b>2,75</b>	<b>2,82</b>	<b>2,77</b>	<b>2,72</b>
E.E. Cotopaxi	109.098	112.201	115.355	118.552	121.664	124.683	127.829	131.156	134.336	137.256	140.126
<b>Crec. (%)</b>	<b>2,95</b>	<b>2,84</b>	<b>2,81</b>	<b>2,77</b>	<b>2,62</b>	<b>2,48</b>	<b>2,52</b>	<b>2,60</b>	<b>2,42</b>	<b>2,17</b>	<b>2,09</b>
E.E. Norte	212.669	217.672	222.641	227.627	232.780	238.083	243.540	249.106	254.888	260.885	265.483
<b>Crec. (%)</b>	<b>2,56</b>	<b>2,35</b>	<b>2,28</b>	<b>2,24</b>	<b>2,26</b>	<b>2,28</b>	<b>2,29</b>	<b>2,29</b>	<b>2,20</b>	<b>2,16</b>	<b>2,08</b>
E.E. Quito	916.525	943.996	971.799	999.896	1.028.168	1.056.839	1.086.082	1.115.897	1.146.625	1.178.410	1.210.107
<b>Crec. (%)</b>	<b>3,12</b>	<b>3,00</b>	<b>2,95</b>	<b>2,89</b>	<b>2,83</b>	<b>2,79</b>	<b>2,77</b>	<b>2,75</b>	<b>2,75</b>	<b>2,77</b>	<b>2,69</b>
E.E. Riobamba	155.692	159.306	162.938	166.585	170.259	173.891	177.649	181.480	185.351	189.300	193.200
<b>Crec. (%)</b>	<b>2,41</b>	<b>2,32</b>	<b>2,28</b>	<b>2,24</b>	<b>2,21</b>	<b>2,13</b>	<b>2,16</b>	<b>2,16</b>	<b>2,13</b>	<b>2,13</b>	<b>2,06</b>
E.E. Sur	169.431	174.100	178.759	183.339	188.505	194.031	199.475	203.902	208.355	212.797	217.122
<b>Crec. (%)</b>	<b>2,97</b>	<b>2,76</b>	<b>2,68</b>	<b>2,56</b>	<b>2,82</b>	<b>2,93</b>	<b>2,81</b>	<b>2,22</b>	<b>2,18</b>	<b>2,13</b>	<b>2,03</b>
Eléctrica de Guayaquil	615.223	629.673	644.162	658.680	673.225	687.856	702.605	717.496	732.511	747.672	762.639
<b>Crec. (%)</b>	<b>2,44</b>	<b>2,35</b>	<b>2,30</b>	<b>2,25</b>	<b>2,21</b>	<b>2,17</b>	<b>2,14</b>	<b>2,12</b>	<b>2,09</b>	<b>2,07</b>	<b>2,00</b>
E.E. Galápagos	9.121	9.500	9.890	10.290	10.701	11.128	11.572	12.031	12.499	12.987	13.487
<b>Crec. (%)</b>	<b>4,30</b>	<b>4,16</b>	<b>4,10</b>	<b>4,05</b>	<b>4,00</b>	<b>3,99</b>	<b>3,99</b>	<b>3,97</b>	<b>3,89</b>	<b>3,91</b>	<b>3,84</b>