



REPÚBLICA DEL ECUADOR

Escuela Politécnica Nacional

" E S C I E N T I A H O M I N I S S A L U S "

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE
ELECTRIFICACIÓN EN ZONAS AISLADAS DE LA EMPRESA
ELÉCTRICA QUITO S.A – CASO CHIRIBOGA**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO ELÉCTRICO**

VALERIO ADRIANO MAZA CAMPOVERDE

va_maza@hotmail.com

Director: ING. GABRIEL EDUARDO CAZCO CASTELLI

ecazco@hotmail.com

Quito, Febrero 2015

DECLARACIÓN

Yo, Valerio Adriano Maza Campoverde, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Valerio Adriano Maza Campoverde

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Valerio Adriano Maza Campoverde, bajo mi supervisión.

Ing. Eduardo Cazco Castelli

DIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

A Dios por las bendiciones derramadas sobre mi persona y por ser la fuerza que me lleva alcanzar mis objetivos.

A mis padres Segundo y Elsa que con gran fuerza han sorteado todos los obstáculos para darme un mejor porvenir y por los valores que me han inculcado durante toda mi vida.

A mis hermanos por su apoyo incondicional y por la unión tan fuerte que nos caracteriza representando el mejor regalo

A mis cuñados y sobrinos por el apoyo prestado en todo momento.

Un agradecimiento especial a mi director de tesis, Ing. Eduardo Cazco Castellí por su paciencia y gran ayuda prestada para la elaboración de este trabajo, por su apoyo incondicional dedicando su valioso tiempo y por su amistad.

Un agradecimiento especial a los funcionarios de la Empresa Eléctrica Quito S.A y en especial a: Carlos Izurieta, Milton Balseca, Fausto Cevallos, Paty Otero,

Nancy Obando y Daysí Morillo por la confianza, apoyo y amistad brindada.

A la Escuela Politécnica Nacional y sus profesores por todos los conocimientos transmitidos y la amistad incondicional.

A mis amigos por confiar y creer en mí y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidaré.

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento

A mis padres Elsa y Segundo por ser unos seres maravillosos y el pilar fundamental en el desarrollo de este trabajo.

A mis hermanos: Guadalupe, Francisco, David, Janneth, Ruth y Saúl por ser una fuente de inspiración, por el apoyo y la unión que fortalece mi espíritu.

“Tú verás que los males de los hombres son fruto de su elección; y que la fuente del bien la buscan lejos, cuando la llevan dentro de su corazón”. Pitágoras de Samos

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	1
ABSTRACT	3
1 INTRODUCCIÓN	4
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO	5
1.1.1 JUSTIFICATIVO DEL PROYECTO	5
1.1.2 OBJETIVO GENERAL	5
1.1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
1.1.4 ALCANCE	7
2 MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 ELECTRIFICACION CON EFICIENCIA ENERGETICA.....	8
2.1.1 ELECTRIFICACION RURAL EN AMERICA LATINA.....	8
2.1.2 ELECTRIFICACION RURAL EN EL ECUADOR	9
2.1.3 EVOLUCIÓN DE ESTUDIOS EN MATERIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	14
2.1.3.1 APARATOS ELÉCTRICOS EFICIENTES PARA USO DOMÉSTICO .	14
2.1.3.1.1 Iluminación.....	15
2.1.3.1.2 Electrodomésticos.....	15
2.1.3.2 PRÁCTICAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	18
2.2 APLICACIÓN DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS EN SECTORES RURALES ²⁰	
2.2.1 ENERGIA PRIMARIA.....	20
2.2.2 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	20
2.2.2.1 Células Fotovoltaicas	21
2.2.2.2 Energía Solar en el Ámbito Internacional.....	22

2.2.2.3	Energía Solar en el Ecuador	24
2.2.3	ENERGÍA EÓLICA.....	25
2.2.3.1	Tipos de Vientos	26
2.2.3.2	Aerogeneradores	29
2.2.3.3	La Energía Eólica en el Plano Internacional	31
2.2.3.4	La Energía Eólica en el Ecuador.....	32
2.2.4	ENERGÍA DE LA BIOMASA	34
2.2.4.1	Tipos de Procesos para la Extracción de la Energía de la Biomasa	35
2.2.4.2	Ventajas y desventajas de la extracción de la energía de la biomasa .	38
2.2.4.3	Impacto Ambiental por la Extracción de la Energía de la Biomasa	40
2.2.5	ENERGÍA DE PEQUEÑAS CENTRALES HIDRÁULICAS.....	41
2.2.5.1	Tipos de Centrales Hidroeléctricas	41
2.2.5.2	Métodos de medición de altura aprovechable de un afluente para la generación de energía eléctrica.	43
2.2.5.3	Métodos para la medición de caudales.....	45
2.3	GENERACION DISTRIBUIDA	49
2.3.1	SMART GRIDS	50
2.3.1.1	Campos de Acción de las Smart-Grids	51
2.3.2	LA GENERACION DISTRIBUIDA EN SECTORES RURALES.	53
1.	Cogeneración.....	53
2.	Turbina de Gas	53
3.	Motor de Combustión Interna.....	53
4.	Microturbinas	54
5.	Baterías.....	54
6.	Energías Renovables.....	54
2.4	LÍNEAS DE SUBTRANSMISION Y DISTRIBUCIÓN EN LOS SECTORES RURALES DE LA EEQ.S.A.	55

2.5	Tipos de consumidores.....	57
2.5.1	Consumidor Residencial o Doméstico	57
2.5.2	Consumidor en Áreas Comunitarias	57
2.5.3	Consumidor Comercial.....	57
2.5.4	Alumbrado Público	58
3	ELABORACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE ELECTRIFICACIÓN EN ZONAS AISLADAS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A.....	59
3.1	PARÁMETROS A TOMAR EN CUENTA PARA EVALUAR EL CONSUMO ENERGÉTICO DE LA ZONA	60
3.1.1	RECONOCIMIENTO DE LA ZONA EN DONDE SE DESARROLLARA EL PROYECTO DE ELECTRIFICACION.....	60
3.1.2	RECOPIACION DE INFORMACION EN LA ZONA DEL PROYECTO	61
3.1.3	DATOS QUE SE DEBEN RECOPILAR	61
3.2	ALTERNATIVAS DE ENERGIZACIÓN DE LA ZONA.....	62
3.2.1	ACCESO A LA RED DE DISTRIBUCION	63
3.2.1.1	Dispersidad de la Zona	64
3.2.1.2	Distancia de las Viviendas a la Red de Energía Eléctrica.....	64
3.2.1.3	Disponibilidad de Primarios y Potencia en la Subestación.....	64
3.2.1.4	Cálculo de la Demanda Máxima Unitaria (DMU) para Usuarios Residenciales del Sector Rural	65
3.2.1.5	Demanda Máxima Coincidente para Clientes Residenciales con Acceso a la Red de Distribución	67
3.2.1.6	Cálculo de la Demanda de Diseño para Red y Cámara De Transformación	68
3.2.2	CALCULO DE LA DEMANDA PARA LA ELECTRIFICACION CON SISTEMAS AISLADOS	69

3.2.3	PARAMETROS PARA LA ELECTRIFICACION CON SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS	70
3.2.3.1	Evaluación del recuso solar	71
3.2.3.2	Elección de las Placas Solares	71
3.2.3.3	Elección del inversor	73
3.2.3.4	Disposición de los paneles.....	75
3.2.3.4.1	Número Máximo de Módulos por Ramal (Paneles en serie).....	76
3.2.3.4.2	Número de ramales en paralelo.....	77
3.2.3.5	Cableado.....	77
3.2.3.6	Protecciones y Diagrama Unifilar	79
3.2.3.7	Selección del Regulador de Carga	79
3.2.3.8	Selección de la Batería	81
3.2.4	PARAMETROS PARA LA ELECTRIFICACION CON SISTEMAS EOLICOS.	85
3.2.4.1	Evaluación del Recurso Eólico.....	85
3.2.4.2	Velocidad del Viento	86
3.2.4.3	Densidad del Aire.....	86
3.2.4.4	Área de Barrido del Rotor	87
3.2.4.5	Tratamiento de Datos	87
3.2.4.6	Análisis de Datos del Viento	89
3.2.4.7	Elección del Aerogenerador.....	89
3.2.4.7.1	Por su tamaño.....	89
3.2.4.7.2	Por su potencia	90
3.2.4.7.3	Por la conexión	91
3.2.4.7.4	Por las características del terreno.....	91
3.2.5	PARAMETROS PARA LA ELECTRIFICACION CON BIOMASA	92
3.2.5.1	Calculo del Potencial de la Biomasa	94

3.2.6	PARAMETROS PARA LA ELECTRIFICACION CON PEQUEÑAS CENTRALES HIDRAULICAS.....	97
3.2.6.1	Estimación de la Demanda	98
3.2.6.2	Mediciones.....	99
3.2.6.3	Estimación Preliminar de la Potencia.....	99
3.2.6.4	Selección de la turbina.....	100
3.2.6.5	Selección del Generador.....	101
3.2.6.5.1	Generador de Inducción	101
3.2.6.5.2	Generador Sincrónico	102
3.3	CRITERIOS GENERALES PARA EL PREDISEÑO DEL PROYECTO RECOMENDADO PARA EL SUMINISTRO ELÉCTRICO DE LA ZONA	103
3.3.1	DEMANDA DE LA CARGA.....	104
3.3.2	DISPONIBILIDAD DEL RECURSO ENERGETICO PARA LA APLICACION DE LOS SISTEMAS DE GENERACION CON LAS DISTINTAS TECNOLOGIAS	104
3.3.3	SISTEMAS Y SUBSISTEMAS	105
3.3.4	FLUJO DEL PROCESO.....	105
3.3.5	VIABILIDAD DEL PROYECTO	105
3.3.6	INGENIERÍA DE DETALLE	106
3.3.7	PRESUPUESTO REFERENCIAL.....	107
3.3.8	ESPECIFICACIONES.....	107
3.4	DEFICIENCIAS ENCONTRADAS Y PROPUESTAS PARA LA SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO	107
3.4.1	DEFICIENCIAS TECNOLÓGICAS	107
3.4.2	SOSTENIBILIDAD	108
3.5	EVALUACION ECONOMICA	109
3.5.1	PARAMETROS PARA LA EVALUACION ECONOMICA.....	109
3.5.1.1	Ingresos	109

3.5.1.2	Ahorros por Consumo de Energía de Mala Calidad.....	111
3.5.1.3	Ahorros por emisiones de CO2.....	111
3.5.1.4	Ahorros Ambientales.....	112
3.5.1.5	Egresos.....	112
3.5.1.6	Flujo de caja.....	113
3.5.2	INDICADORES FINANCIEROS.....	114
3.5.2.1	VAN	114
3.5.2.2	TIR.....	114
4	APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA PARA LA ELECTRIFICACION CASO ESPECIFICO CHIRIBOGA.....	115
4.1	INFORMACION GENERAL Y SOCIOECONOMICO DE LA ZONA CHIRIBOGA.....	115
4.1.1	ANTECEDENTES.....	115
4.1.2	SITUACION SOCIO-ECONOMICA DE LOS HABITANTES	116
4.2	ANÁLISIS DE DATOS DE LA ENCUESTA REALIZADA EN CHIRIBOGA 119	
4.3	OPCIONES DE ENERGIZACION EN LS ZONA CHIRIBOGA.....	122
4.3.1	ACCESO A LA RED DE DISTRIBUCIÓN.....	122
4.3.2	EVALUACION DE RECURSOS PARA APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA SOLAR.....	128
4.3.2.1	Estimación de la demanda.....	128
4.3.2.2	Evaluación del recurso solar.....	129
4.3.3	EVALUACION DE RECURSOS PARA APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA EOLICA.....	132
4.3.3.1	Evaluación del recurso eólico	132
4.3.4	EVALUACION DE RECURSOS PARA LA GENERACION CON BIOMASA134	
4.3.4.1	Cálculo del Potencial de Biomasa.....	135

4.3.5	EVALUACION DE RECURSOS PARA LA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA CON PEQUEÑAS CENTRALES HIDRAULICAS.....	136
4.4	SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE ELECTRIFICACION Y CRITERIOS GENERALES PARA EL DISEÑO.....	139
4.4.1	ANÁLISIS TÉCNICO DE LAS ALTERNATIVAS.....	139
4.4.2	PREDISEÑO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN CON SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS.....	140
4.4.2.1	Elección de los paneles.....	140
4.4.2.2	Análisis de Módulos por Ramal.....	142
4.4.2.3	Cableado.....	144
4.4.2.4	Elección de las Baterías.....	146
4.4.2.5	Dimensionamiento del Inversor.....	148
4.4.2.6	Elección del Regulador.....	150
4.4.3	ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO CON APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR MEDIANTE PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS.....	151
4.4.3.1	Ahorros e Ingresos.....	152
4.4.3.2	Gastos e inversión.....	154
4.4.3.3	Tir y Van.....	156
4.4.4	FACTIBILIDAD DEL PROYECTO.....	156
4.4.4.1	Factibilidad Económica.....	156
4.4.4.2	Factibilidad Comercial.....	157
4.4.4.3	Factibilidad Humana u Operativa.....	157
4.4.4.4	Factibilidad Técnica o Tecnológica.....	157
4.4.4.5	Factibilidad Biológica o Ecológica.....	157
4.4.4.6	Factibilidad Organizacional.....	158
4.4.4.7	Factibilidad Legal.....	158
4.4.4.8	Factibilidad de Tiempo.....	158

4.4.5	ASPECTOS IMPORTANTES PARA LA SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO	158
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	161
5.1	CONCLUSIONES	161
5.2	RECOMENDACIONES	164
	REFERENCIAS	166
	ANEXOS	168
	ANEXO 2.1: AVANCE TECNOLÓGICO EN ILUMINACION.....	168
	ANEXO 2.2: AVANCE TECNOLÓGICO EN EL DESARROLLO DE APARATOS EFICIENTES.....	172
	ANEXO 3.1: MODELO DE ENCUESTAS A LOS HABITANTES DE LA ZONA DE PROYECTO.....	173
	ANEXO 3.2: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE PLACAS SOLARES	176
	ANEXO 3.3: EQUIPOS QUE CONFORMAN UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AISLADO.....	177
	ANEXO 4.1: LISTADO DE HABITANTES DE LA ZONA.....	178
	ANEXO 4.2: EJEMPLO DE ENCUESTA A LOS USUARIOS.....	183
	ANEXO 4.3: CUADRO DE VALORES DE RADIACIÓN SOLAR EN EL SECTOR CHIRIBOGA CON PROMEDIOS EN UN AÑO.....	185
	ANEXO 4.4: LISTADO DE LOS COMPONENTES DE LOS SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS	194

RESUMEN

En el sector rural del Ecuador habitan aproximadamente 5'392,713 habitantes, de los cuales el 10.18% aproximadamente aun no cuentan con el servicio de energía eléctrica; frente al problema de electrificación de estas zonas, se hace necesario desarrollar una metodología que permita viabilizar la ejecución de proyectos de electrificación en el sector rural.

En este contexto tomando en cuenta que la EEQ S.A. provee del servicio eléctrico a gran parte del territorio ecuatoriano y dentro de ello al sector rural, se ha tomado como referencia para elaborar una metodología que impulse el desarrollo de proyectos de electrificación en los sectores rurales del área de servicio de la Empresa Eléctrica Quito S.A. tomando en cuenta el aprovechamiento de recursos renovables y normas para el buen uso de la energía ayudando al cambio de la matriz energética del país.

Como métodos de electrificación se toma en cuenta la implementación de sistemas de generación y criterios generales de diseño, que permitan aprovechar los recursos renovables disponibles en la zona del proyecto y que ayudan a mitigar la contaminación ambiental, también se realiza un breve resumen comparativo con la conexión a la red, que es la práctica más común que aplican las empresas distribuidoras locales.

Se considera como parámetro importante la sostenibilidad de los proyectos para garantizar la operatividad en el tiempo de vida útil de los equipos, tomando en cuenta la posibilidad de la implementación de sistemas de generación de energía eléctrica aislados.

Finalmente se aplica la metodología desarrollada para el proyecto de electrificación del sector Chiriboga que está ubicado al sur-occidente del Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador.

Toda vez que se ha realizado el análisis técnico y económico acorde a la metodología se ha determinado que la mejor opción de electrificación en el sector Chiriboga es la implementación de sistemas solares fotovoltaicos aislados.

ABSTRACT

The rural sector of Ecuador lives about 5'392,713 of which approximately 10.18% still do not have electricity service; address the problem of electrification of these areas is necessary to develop a methodology for implementing viable electrification projects in the rural sector.

In this context, considering that the EEQ SA provides electrical service to much of the Ecuadorian territory and within that the rural sector, it has been taken as a reference to develop a methodology that drives the development of electrification projects in rural areas of the service area of the Electric Company Quito SA considering the use of renewable resources and rules for the proper use of energy helping to change the country's energy matrix.

As electrification methods take into account the implementation of systems for generating and general design criteria, to harness renewable resources in the project area and help mitigate environmental pollution, a brief summary comparison is also performed with network connection, which is the most common practice followed by local distribution companies.

It is considered as an important parameter sustainability of projects to ensure the operability in the useful life of equipment, taking into account the possibility of implementing systems for generating electricity isolated.

Finally, the methodology developed for the electrification project Chiriboga sector which is located south-west of the Metropolitan District of Quito, Ecuador is applied.

Any time you have completed the technical and economic analysis according to the methodology has been determined that the best choice of the electrification Chiriboga sector is the implementation of isolated solar photovoltaic systems.

1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describe los motivos para realizar este estudio, entre ellos están los nuevos lineamientos gubernamentales del Ecuador con respecto a las políticas energéticas, que incentivan a las diferentes empresas públicas de distribución de energía eléctrica a poner en marcha programas de electrificación en zonas rurales tratando de llegar a las viviendas que aún no cuentan con este servicio, priorizando el uso de las energías renovables existentes en la zona de estudio tomando en cuenta la eficiencia energética.

El presente trabajo estará dirigido a los sectores asilados rurales del área de servicio de la Empresa Eléctrica Quito S.A., estos sectores son aquellos que se encuentran alejados de los centros poblados (parroquias, comunidades, caseríos, etc.).

Las zonas rurales es uno de los sectores más productivos del país, las actividades que comúnmente se desarrollan son: la agrícola, ganadera, lechera, panelera entre otras.

En el sector rural del Nororiente y sur del área de servicio de la Empresa Eléctrica Quito S.A (EEQ S.A) las actividades más importantes son la ganadería y la producción lechera, mientras que al Noroccidente y suroccidente de Quito son la agricultura y producción de panela. En el área de concesión de la Empresa Eléctrica Quito S.A., alrededor de 4000 viviendas aun no cuentan con el servicio de energía eléctrica, de las cuales aproximadamente 1812 estan ubicadas en el sector rural (INEC, 2010).

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

1.1.1 JUSTIFICATIVO DEL PROYECTO

La mayoría de viviendas que no poseen el servicio eléctrico, se encuentran en las zonas aisladas rurales, en las cuales ampliar el sistema de distribución y transmisión resulta una inversión alta.

Tomando en cuenta que en la actualidad la calidad de vida de la población y el desarrollo productivo de un sector, están ligados a contar con energía eléctrica, es necesario proveer de este servicio identificando las mejores posibilidades para que puedan ser ejecutadas en estas zonas aisladas, incluyendo la utilización de recursos renovables locales. En esta línea está la iniciativa de la EEQ S.A, con el programa de electrificación rural “Cero Viviendas Sin Luz”, que tiene como objetivo dotar del servicio de energía eléctrica a todas las viviendas que se encuentran en su área de servicio.

Surge entonces la necesidad de establecer una guía metodológica que indique el procedimiento más adecuado para plantear el perfil de un proyecto que garantice la sostenibilidad del mismo después de realizada su ejecución, considerando los factores económicos, sociales, culturales y ambientales de la población a servir.

1.1.2 OBJETIVO GENERAL

El desarrollo de esta metodología tiene por objetivo principal obtener un procedimiento que permita llevar a cabo proyectos de electrificación en zonas aisladas tomando en cuenta todos los parámetros que determinen la opción más conveniente para implementar un estudio de electrificación rural en el área de servicio de la Empresa Eléctrica Quito S.A.

También se define las variables necesarias para llevar a cabo un proyecto de electrificación que pueda abarcar la mayoría de escenarios de las diferentes

zonas rurales con una aplicación específica en los sectores que forman parte de la zona Chiriboga.

1.1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

En los actuales momentos debido a la alta contaminación en el planeta por la utilización y el abuso de la energía proveniente de combustibles fósiles y fuentes no renovables, se hace necesario considerar los modelos que se utilizan para realizar proyectos de electrificación, ya que en dichos estudios deben priorizar la utilización de energías renovables y alternativas, sabiendo que entre sus grandes ventajas está la reducción de la demanda en el sistema eléctrico que disminuye la necesidad de incorporar al sistema, la generación de energía eléctrica con derivados de petróleo, y a su vez se controla la emisión de CO₂ a la atmosfera.

Entre los objetivos planteados para este trabajo, están:

- Desarrollar parámetros guía para garantizar la sostenibilidad y operación a largo plazo de los proyectos de electrificación en zonas rurales aisladas a formularse, basándose en la experiencia anterior, obtenida en proyectos de electrificación similares, y en los problemas que estos han presentado en la ejecución.
- Definir los elementos necesarios para la implementación del mantenimiento y operación del proyecto con un índice de confiabilidad alto y optimizando los costos.
- Identificar los parámetros sociales y económicos que permitan desarrollar proyectos inclusivos socialmente.
- Determinar los datos necesarios que deberán recolectarse para la realización de un estudio de electrificación en zonas rurales, como la capacidad adquisitiva de la población de la zona.

- Identificar parámetros técnicos que brinden calidad del servicio a entregar a los habitantes de las zonas aisladas.

1.1.4 ALCANCE

- Plantear una metodología que establezca los pasos necesarios para determinar el sistema de electrificación más conveniente para las zonas rurales de la EEQ. Así como los pasos necesarios para identificar los recursos naturales que se pueden aprovechar como energía primaria en la zona de estudio.
- Con los parámetros definidos en este trabajo se tratará de tomar la mayor cantidad de datos que puedan ayudar al desarrollo de otros proyectos socio-económicos similares en la zona.
- Se pretende definir los métodos más comunes y fáciles que se puedan aplicar para la medición de los diferentes parámetros que nos permitan utilizar de forma óptima los recursos naturales presentes en las zonas de estudio.
- Se tendrán los datos necesarios para garantizar la sostenibilidad del proyecto de electrificación a desarrollar en la comunidad del sector Chiriboga, parroquia Lloa, cantón Quito, provincia de Pichincha.

2 MARCO TEÓRICO

En este capítulo se recopila la información necesaria para el desarrollo del presente trabajo.

2.1 ELECTRIFICACION CON EFICIENCIA ENERGETICA

Un aspecto importante a tomar en cuenta es la eficiencia energética, sobre todo cuando el sistema de generación es aislada, es decir que no está conectada a la red de distribución, y la energía disponible es limitada.

2.1.1 ELECTRIFICACION RURAL EN AMERICA LATINA

En la mayoría de países de América Latina y el Caribe, los sectores rurales son los más desatendidos con el servicio.

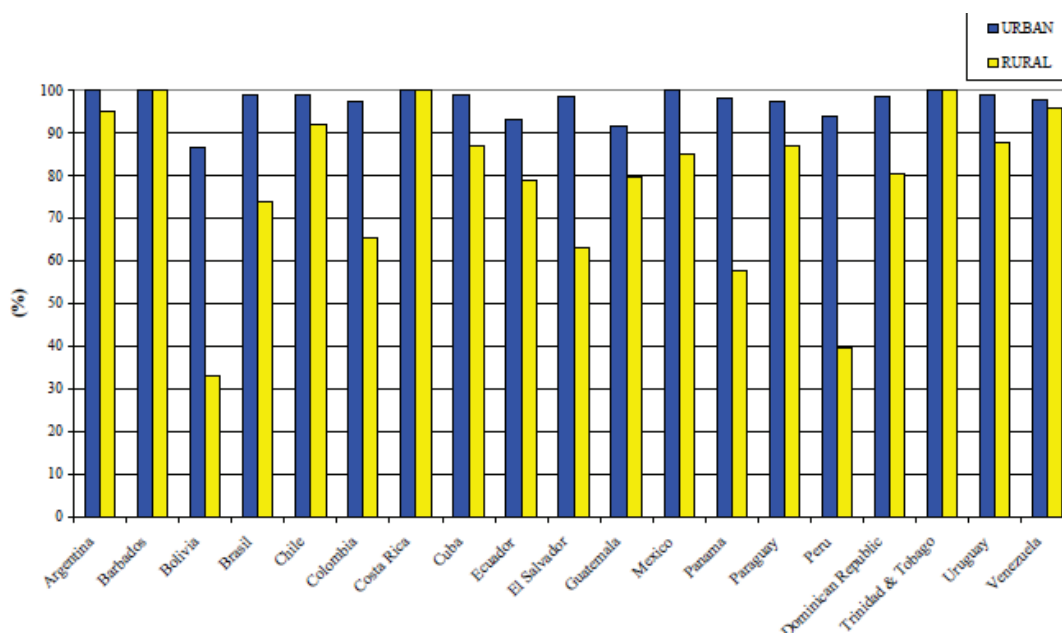


Figura 2.1 – Cobertura eléctrica en áreas rurales de América Latina y el Caribe (OLADE, 2010). Recuperado de: www.olade.org

Cuando las viviendas se encuentran en zonas alejadas de los centros de transformación y el costo de extensión de red resulta muy costoso, una solución efectiva para dotar del servicio de energía eléctrica es la implementación de sistemas aislados de generación eléctrica con energías renovables.



Figura 2.2 – Vivienda rural en Perú, atendida con sistemas fotovoltaicos (Actualidad Ambiental, 2012). Recuperado de: <http://www.actualidadambiental.pe/?p=5083>

Con el apoyo de la Unión Europea a través del programa Euro-Solar se han desarrollado diversos proyectos de electrificación con energía solar en zonas rurales de 8 países de América Latina con el objetivo de impulsar la actividad productiva y reducir la pobreza (OLADE, 2010).

2.1.2 ELECTRIFICACION RURAL EN EL ECUADOR

En la Tabla 2.1 – Estado actual de la electrificación en el Ecuador, se observa que en el Ecuador aún faltan 195.917 viviendas por electrificar de las cuales 94.523 se encuentran en el sector rural y la cobertura del servicio eléctrico alcanza el 94.39% en el país.

Tabla 2.1 – Estado actual de la electrificación en el Ecuador

Valores						
Distribuidora	Total Viviendas	No tiene Luz	Suma de Panel Solar	Suma de Generador de luz (Planta eléctrica)	Clientes	Cobertura
E.E. Ambato	177.789	10.699	450	282	189.195	94,34%
Rural	77.246	8.225	428	204		
Urbana	100.543	2.474	22	78		
E.E. Azogues	19.246	531	2	8	36.443	98,54%
Rural	8.626	364	1	1		
Urbana	10.620	167	1	7		
CNEL-Bolívar	47.110	5.555	9	39	49.062	88,68%
Rural	16.550	2.810	0	20		
Urbana	30.560	2.745	9	19		
E.E. Centro Sur	233.671	12.437	206	434	258.854	95,20%
Rural	93.574	8.932	179	275		
Urbana	140.097	3.505	27	159		
E.E. Cotopaxi	101.800	8.359	18	90	83.197	89,95%
Rural	43.454	5.348	13	64		
Urbana	58.346	3.011	5	26		
CNEL-El Oro	171.670	4.601	70	292	199.944	97,70%
Rural	29.065	1.415	20	125		
Urbana	142.605	3.186	50	167		
CNEL-Esmeraldas	129.808	14.141	744	1.550	93.135	84,82%
Rural	57.837	9.960	536	1.145		
Urbana	71.971	4.181	208	405		
E.E. Galápagos	7.161	36	6	21	6.574	99,45%
Rural	1.103	27	5	8		
Urbana	6.058	9	1	13		
CNEL-Guayas Los Ríos	290.692	21.915	534	1.762	304.766	92,81%
Rural	39.670	4.408	90	457		
Urbana	251.022	17.507	444	1.305		
CNEL-Los Ríos	110.950	10.768	132	331	33.819	68,16%
Rural	42.550	5.163	39	160		
Urbana	68.400	5.605	93	171		
CNEL-Manabí	316.840	27.130	664	1.633	237.194	88,56%
Rural	77.014	11.118	182	513		
Urbana	239.826	16.012	482	1.120		
CNEL-Milagro	142.742	8.435	203	378	110.189	92,34%
Rural	34.716	3.155	41	114		
Urbana	108.026	5.280	162	264		
E.E. Norte	173.160	4.935	16	135	170.131	97,10%

Rural	63.794	3.530	8	72		
Urbana	109.366	1.405	8	63		
E.E. Quito	695.330	4.088	98	370	724.173	99,44%
Rural	186.254	2.026	45	148		
Urbana	509.076	2.062	53	222		
E.E. Riobamba	119.619	9.618	13	92	126.781	92,41%
Rural	51.327	6.568	10	60		
Urbana	68.292	3.050	3	32		
CNEL-Sta. Elena	95.069	8.444	84	169	71.346	88,16%
Rural	39.742	4.694	29	105		
Urbana	55.327	3.750	55	64		
CNEL-Sto. Domingo	121.085	7.031	62	416	122.955	94,28%
Rural	24.308	3.557	16	248		
Urbana	96.777	3.474	46	168		
CNEL-Sucumbios	73.584	11.128	726	1.015	50.401	77,92%
Rural	29.389	7.676	613	708		
Urbana	44.195	3.452	113	307		
E.E. Sur	136.071	8.630	77	131	124.468	93,07%
Rural	45.932	5.547	65	72		
Urbana	90.139	3.083	12	59		
Eléctrica de Guayaquil	585.522	17.436	2.038	6.490	501.108	96,52%
Urbana	585.522	17.436	2.038	6.490		
Total general	3.748.919	195.917	6.152	15.638	3.493.735	94,39%

(INEC, 2010)

Con la nueva Constitución de la República del Ecuador aprobada en el año 2008, el Estado se compromete “a promover la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua” (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008), la creación del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) y con las normativas de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico (LRSE), que impulsa el financiamiento de los proyectos de electrificación rural mediante el Fondo de Electrificación Rural y Urbano Marginal (FERUM), se tiene una estructura que ayuda al desarrollo de proyectos de electrificación rural. Algunos proyectos han llegado a la fase de ejecución en parte por resultar beneficiaria de algunos programas de financiamiento, como el Presupuesto General del estado, que a partir del Mandato 15 promulgado en Julio de 2008 dejó de depender del 10% de las planillas de los

usuarios industriales y comerciales que era la única fuente económica que tenían estos proyectos desde 1973.

Acorde a la actual estructura del sector eléctrico se han propuesto algunas metas como:

- Alcanzar el 6% de participación de energías alternativas en el total de la capacidad instalada al 2013.
- Alcanzar el 97% de las viviendas con servicio eléctrico al 2013.
- Alcanzar el 98% de las viviendas en zona urbana con servicio eléctrico al 2013
- Alcanzar el 96% de las viviendas zona rural con servicio eléctrico al 2013.

La asignación de recursos en proyectos FERUM de acuerdo a sus prioridades sigue el orden que se muestra a continuación:

- a) Proyectos de Generación con energías renovables;
- b) Proyectos de líneas y redes nuevos para áreas rurales;
- c) Proyectos nuevos para sectores urbanos marginales;
- d) Proyectos de subtransmisión nuevos;
- e) Proyectos de subtransmisión mejoras;
- f) Proyectos de mejoras para sectores rurales; y
- g) Proyectos de mejoras para sectores urbano-marginales (CONELEC; Reg 008/08, 2014)

DISTRIBUCIÓN DE RECURSOS FERUM 2010 INTEGRAL									
Distribuidora	Proyectos F10 Integrado				Proyectos FERUM 2008, Reforma 2010, Frontera Amazonia , Plan Ecuador				Total
	No. Proyectos	Viviendas con servicio	Viviendas sin servicio	Subtotal (USD)	FERUM 2008 (USD)	Reforma F10 (USD)	FAG Plan Ecuador (USD)	Subtotal (USD)	
CNEL-Bolivar	43	604	502	1,954,381					1,954,381
CNEL-EI Oro	112	1,475	1,155	2,417,416					2,417,416
CNEL-Esmeraldas	140	198	5,587	9,027,798	2,283,184		4,135,048	6,418,232	15,446,029
CNEL-Guayas-Los Rios	130	897	12,054	8,630,603					8,630,603
CNEL-Los Rios	95	976	1,655	3,155,178	879,100			879,100	4,034,278
CNEL-Manabi	137	9,709	1,633	3,671,449		2,633,703		2,633,703	6,305,152
CNEL-Miagro	96	684	2,004	2,378,989					2,378,989
CNEL-Santa Elena	26	686	1,118	1,280,585					1,280,585
CNEL-Santo Domingo	135	274	1,771	2,963,241					2,963,241
CNEL-Sucumbios	129	3,196	5,273	9,163,684			2,982,220	2,982,220	12,145,904
E. de Guayaquil	51	163	18,588	8,731,677					8,731,677
E. E. Ambato	126	8,981	2,851	7,665,173	673,541			673,541	8,338,715
E. E. Azuques	27	1,545	192	2,401,843					2,401,843
E. E. Centro Sur	163	55,100	3,242	13,478,152	1,074,090			1,074,090	14,552,242
E. E. Cotopaxi	75	4,183	1,012	5,351,895	386,371			386,371	5,738,267
E. E. Galápagos	6	54	53	173,737					173,737
E. E. Norte	165	16,100	1,567	7,808,936			2,880,460	2,880,460	10,689,396
E. E. Quito	242	1,090	5,854	12,111,473					12,111,473
E. E. Riobamba	77	21,855	995	1,248,779					1,248,779
E. E. Sur	120	1,459	1,714	4,330,078	127,215			127,215	4,457,293
Total financiamiento	2,095	129,229	68,820	107,945,069	6,423,501	2,633,703	9,987,728	18,054,931	126,000,000

Figura 2.3 – Distribución de recursos para el programa FERUM (CONELEC, 2012)

Tabla 2.2 – Asignación de Fondos FERUM según tipo de Proyecto

Proyectos con Redes de Distribución		
Sector	Rural	Urbano-Marginal
Tipo	(USD/Viv)	(USD/Viv)
Nuevo	2.400	800
Mejora	800	700

Proyectos con Generación Renovable	
Sistemas Fotovoltaicos	USD/Viv
Usuario Tipo I, 200 Wp	3.200
Usuario Tipo II, mayor a 200 Wp	3.500
Centros: Comunales, Salud y Educación	3.800
Bombeo de Agua	4.000

Proyectos con Generación Renovable	
Otro Tipo	USD/Viv
Generación eólica	1.350
Generación con Biomasa	600
Generación con mini, micro y pico centrales hidroeléctricas	2.400

(CONELEC; Reg. 008/08, pág. 6,7)

Para el acceso a los fondos FERUM se debe presentar el proyecto de acuerdo al flujograma presentado en la Figura 2.4 – Flujograma para Presentación y Aprobación de Proyectos FERUM.

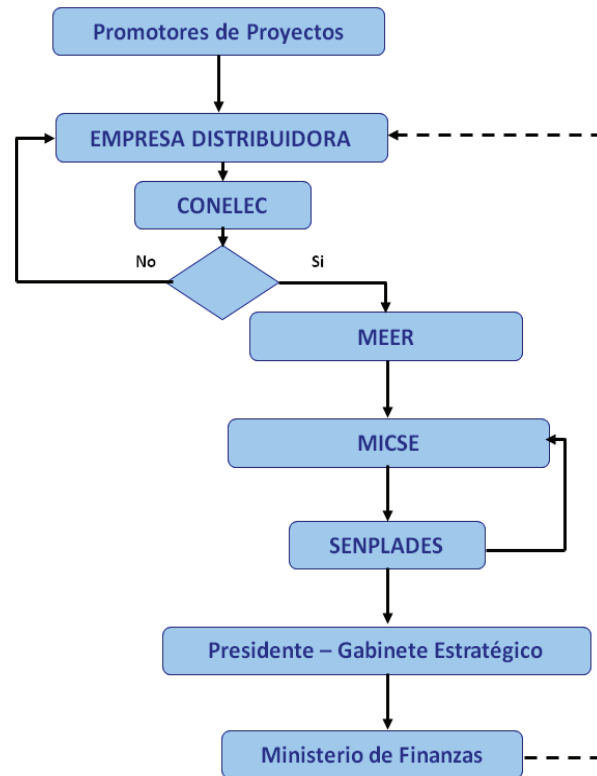


Figura 2.4 – Flujograma para Presentación y Aprobación de Proyectos FERUM
(Gerencia de Proyectos Especiales EEQ, 2013)

2.1.3 EVOLUCIÓN DE ESTUDIOS EN MATERIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Tomando en cuenta los cambios bruscos que están ocurriendo en el comportamiento del clima como consecuencia del calentamiento global y los altos costos de la energía, los fabricantes de electrodomésticos se han empeñado en la elaboración de aparatos de uso común con altos rendimientos con el objetivo de reducir el consumo de energía eléctrica y así disminuir las emisiones de CO₂.

2.1.3.1 APARATOS ELÉCTRICOS EFICIENTES PARA USO DOMÉSTICO

Las necesidades domésticas en: iluminación, ambiente acondicionado, conservación de alimentos, información, etc., definen los usos finales de la energía en el hogar, sin embargo parte de esta energía se puede ahorrar si se

eligen los electrodomésticos más eficientes que se pueda encontrar en el mercado.

2.1.3.1.1 Iluminación

En iluminación se ha dado un importante avance en desarrollo de nuevas luminarias:

Tabla 2.3 – Consumo de diferentes tipos de luminarias más utilizadas

Tipo de luminaria	Rendimiento	Costo
Incandescente	15 lm/w	Bajo
Fluorescente	65 lm/w	Medio
Ahorrador CFL	70 lm/w	Medio
Led	>80 lm/w	Alto

(SEMINARIO OSRAM, 2013)

Dado que el consumo de energía eléctrica por concepto de iluminación es alto, y la importancia de contar con un buen sistema de iluminación acorde a las actividades que se realiza es vital. Los sistemas de iluminación han evolucionado vertiginosamente pasando de unas simples bombillas con filamentos a dispositivos electrónicos con gran desarrollo tecnológico como se describe en el ANEXO 2.1

2.1.3.1.2 Electrodomésticos.

Con respecto a los electrodomésticos también se ha presentado una importante evolución en el desarrollo de sus elementos constitutivos dando lugar a la fabricación de aparatos más eficientes.

En la actualidad se fabrican electrodomésticos para sistemas de 12 v que se pueden utilizar en sistemas solares fotovoltaicos y que presentan un buen rendimiento.

- **Refrigeradora:** Dado que el principal consumo de una refrigeradora se da por el funcionamiento del compresor que bombea el líquido refrigerante, el tamaño de la misma, de los hábitos y costumbres de los usuarios, se generaliza que si se cambia una refrigeradora de más de 20 años de vida con una eficiente de las mismas características actualizadas, el ahorro de la energía es de aproximadamente 100 dólares anuales.

También existen refrigeradoras con características especiales fabricadas específicamente para funcionamiento con colectores solares, la denominada refrigeradora solar.



Figura 2.5 – Refrigeradora Solar

(Recuperado de: <http://alternativasolar.com/tienda/energia-solar-mexico>)

Entre las características de estas refrigeradoras, están:

- Operan en Voltaje DC, 12 a 24 Vdc
 - No contienen gases CFC, usan refrigerantes como el R-134A
 - Su consumo promedio varía de 40 a 348 Wh, dependiendo de la temperatura ambiente.
 - Pueden refrigerar en un rango de 1 a 9°C
- **Aire Acondicionado Solar.** Sin lugar a dudas el aire acondicionado presenta un alto consumo de energía eléctrica por lo que como una alternativa se presenta

el desarrollo de un sistema que permite almacenar la energía y convertir el agua caliente en refrigeración y calefacción sin electricidad. Este sistema, conocido como frío solar, funciona con el principio de funcionamiento de intercambiador de calor similar al de un refrigerador, permite descongestionar el sistema eléctrico y consigue un rendimiento óptimo de las instalaciones solares, pues justo en las horas centrales, cuando el sol es fuerte es cuando más energía para los aparatos de aire acondicionado se demanda y más energía solar se produce (Climate Well, 2008).



Figura 2.6 – Colector Solar e Intercambiador Solar desarrollado por Climate Well
(Recuperado de: <http://www.climatewell.com/index.html#/suncool>)

- **Ventilador Solar.** Este tipo de equipos funcionan accionados por la luz solar o la luz ambiental que incide sobre pequeños paneles, en varios casos contienen baterías recargables. Otra de sus características es que incluyen un motor eficiente para el aprovechamiento máximo de la energía, por lo que además no producen mucho ruido.



Figura 2.7 – Ventilador Solar

(Recuperado de: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/solar-attic-fans-solar-powered-fans-portable-solar-fan-597582844.html>)

- **Televisor Solar.** Las tecnologías LCD y LED, han permitido el desarrollo televisores de bajo consumo de energía. Tienen una fuente de alimentación AC y permiten una conexión DC por lo que pueden funcionar con un panel de tamaño similar al del televisor y un banco de baterías. Existen televisores en el mercado que cuentan con certificados como: Energy Star, UL o ETL que indican un bajo consumo energético.
- **Equipo Informático Solar.** Con la introducción de microprocesadores más pequeños y de mayor capacidad el procesamiento de datos se lo realiza en menor tiempo y en ordenadores mucho más pequeños que por consiguiente consumen una mínima cantidad de energía eléctrica. Una computadora portátil puede consumir desde los 40 W hasta los 110 W dependiendo del tamaño, procesador, pantalla y dispositivos periféricos que tiene instalados.

2.1.3.2 PRÁCTICAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Con el objetivo de mitigar el consumo energético se ha promulgado diversas prácticas de eficiencia energética, que para el caso en el que la electrificación rural tenga que realizarse con sistemas de generación aislada resulta muy

beneficioso darlas a conocer a los usuarios para optimizar y garantizar una mejor calidad de la energía y un buen funcionamiento del sistema de generación.

- **Utilización de artefactos eficientes.** Existen varias etiquetas que indican la eficiencia de los artefactos eléctricos como se ve a continuación:



Figura 2.8 – Etiquetado de artefactos eficientes (Mundo Recicla Blogspot, 2009). Recuperado de: http://mundorecicla.blogspot.com/2009_11_01_archive.html

- **Aprovechamiento de luz natural.** Una buena práctica es el aprovechamiento de la luz natural y de esta forma se ahorra energía eléctrica por lo menos durante el día.
- **La impermeabilización de las viviendas.** Dependiendo del sector en donde se encuentren las viviendas es importante la impermeabilización de las

mismas, para utilizar menos los aparatos de ventilación o calefacción que generalmente presentan un alto consumo energético.

En el hogar también se pueden aplicar normas de eficiencia energética. ANEXO 2.2

2.2 APLICACIÓN DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS EN SECTORES RURALES

La situación geográfica de los sectores rurales en el Ecuador y específicamente en el área de servicio de la EEQ, se caracterizan por la dispersión de algunas viviendas, esto conlleva varios problemas como la falta de vías de acceso y la escases de servicios básicos como agua potable y alcantarillado elevando los costos de extensión de una red de distribución lo que incentiva a buscar otras alternativas de electrificación. El aprovechamiento de algunos recursos energéticos para la generación de energía eléctrica en la zona en donde se van a realizar el proyecto es una opción, en cuanto esta sea amigable con el ambiente.

2.2.1 ENERGIA PRIMARIA

Se entiende por energía primaria a las distintas fuentes de energía en el estado que es extrae o se captura de la naturaleza. Sea en forma directa, como en el caso de la energía solar, hidráulica, eólica, o después de un proceso de extracción o recolección como el petróleo el carbón mineral la leña etc. (Castells, 2011)

2.2.2 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica es un tipo de energía renovable obtenida directamente de los rayos del sol (foto) gracias a la foto-detección cuántica de un determinado dispositivo; normalmente una lámina metálica semiconductor

llamada célula fotovoltaica, o una deposición de metales sobre un sustrato llamada capa fina. También están en fase de laboratorio métodos orgánicos. (Esteire, 2010)

Estos están formados por un cristal o lámina transparente superior y un cerramiento inferior entre los que queda encapsulado el sustrato conversor y sus conexiones eléctricas. La lámina inferior puede ser transparente, pero lo más frecuente es un plástico. Para encapsular se suele añadir unas láminas finas y transparentes que se funden para crear un sellado anti humedad, aislante, transparente y robusto.

2.2.2.1 Células Fotovoltaicas

Existen células fotovoltaicas de diferentes composiciones, como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 2.4 – Tipo de Células Fotovoltaicas

Tipo de Célula Fotovoltaica	Características
Silicio Monocristalino	<ul style="list-style-type: none"> – Rendimiento en el laboratorio de 24,7%. – Rendimiento en el campo de un 18%. – Rendimiento como modulo en laboratorio del 14%. – Espesor de 0,3 mm.
Silicio Policristalino	<ul style="list-style-type: none"> – Rendimiento en el laboratorio de 19,8%. – Rendimiento en el campo de un 15%. – Rendimiento como modulo en laboratorio del 13%. – Espesor de 0,3 mm.
Silicio en banda	<ul style="list-style-type: none"> – Rendimiento en el laboratorio de 19,7%. – Rendimiento en el campo de un 14%. – Rendimiento como modulo en laboratorio del 13%. – Espesor de 0,28 mm.
Silicio cristalino de capa delgada	<ul style="list-style-type: none"> – Rendimiento en el laboratorio de 19,2%. – Rendimiento en el campo de un 9,5%. – Rendimiento como modulo en laboratorio del 7,9%. – Espesor de 0,3 – 0,1 mm.
Silicio Amorfo	<ul style="list-style-type: none"> – Rendimiento en el laboratorio de 13%. – Rendimiento en el campo de un 10,5%. – Rendimiento como modulo en laboratorio del 7,5%. – Espesor de 1-3 sustrato + 0.001 mm. – Mayor aprovechamiento de la radiación difusa en relación a las otras tecnologías.

Tipo de Célula Fotovoltaica	Características
Célula Híbrida	<ul style="list-style-type: none"> - Rendimiento en el laboratorio de 20,1%. - Rendimiento en el campo de un 17,3%. - Rendimiento como modulo en laboratorio del 15,2%. - Espesor de 0.2 mm.
CIS	<ul style="list-style-type: none"> - Rendimiento en el laboratorio de 18,8%. - Rendimiento en el campo de un 14%. - Rendimiento como modulo en laboratorio del 10%. - Espesor de 3 sustratos + 0,003 mm.
Cd Te	<ul style="list-style-type: none"> - Rendimiento en el laboratorio de 16,4%. - Rendimiento en el campo de un 10%. - Rendimiento como modulo en laboratorio del 9%. - Espesor de 3 sustratos + 0,008 mm.
Célula de colorante	<ul style="list-style-type: none"> - Rendimiento en el laboratorio de 12%. - Rendimiento en el campo de un 4%. - Rendimiento como modulo en laboratorio del 5%. - Espesor de 0,3 mm.

(Elaborado por el autor)

2.2.2.2 Energía Solar en el Ámbito Internacional

A finales de 2010, la potencia acumulada en el mundo era de aproximadamente 40.000 MWp según datos de la European Photovoltaic Industry Association (EPIA), de los cuales cerca de 29.000 MWp, un 72%, se localiza en la Unión Europea¹.

Las tres áreas de mayor interés en el mundo, según la potencia acumulada, son Europa (destacando Alemania y España, con más de un 52% del total mundial), Japón y EE.UU. Japón con cerca de 3.622 MW acumulados y EE.UU. con aproximadamente 2.727 MW representan el 9% y el 6,80% respectivamente de la potencia total (solar, 2011).

Alemania es en la actualidad el segundo fabricante mundial de paneles solares fotovoltaicos tras Japón, con cerca de 5 millones de metros cuadrados de paneles solares, aunque sólo representan el 0,03% de su producción energética total.

¹ <http://www.suelosolar.es/newsolares/newsol.asp?id=6209>

La venta de paneles fotovoltaicos ha crecido en el mundo al ritmo anual del 20% en la década de los noventa, en parte por las prestaciones que brinda el avance de la tecnología como la reducción de los costos de los equipos y mayor eficiencia en los procesos de construcción. En la UE el crecimiento medio anual es del 30%.



Figura 2.9 – Instalaciones con Paneles Fotovoltaicos en sectores rurales
(<http://www.tvperu.gob.pe/noticias/economia/negocios/46034-gobierno-instalara-500-mil-paneles-solares-para-electrificar-zonas-rurales.html>)



Figura 2.10 – Paneles solares en sitios alejados.
(Recuperado de: <http://www.centrosolar.es/referencias/proyectos-realizados/bpid/394/product/show/ref/aplicaciones-aisladas-electrificacion-rural-en-refugio-de-alta-montana/>)

2.2.2.3 Energía Solar en el Ecuador

El Ecuador cuenta con regulaciones (CONELEC, 001/13), que definen los precios y demás argumentos preferenciales con respecto a la generación eléctrica que aprovecha los recursos renovables, impulsando esta práctica en el desarrollo de proyectos de electrificación.

Como un ejemplo de electrificación rural con paneles solares fotovoltaicos la empresa eléctrica Centrosur ha desarrollado un proyecto de electrificación con sistemas solares fotovoltaicos en el sector de Yantsa y Etsari en las comunidades Shuar y Achuar en la provincia de Morona Santiago.



Figura 2.11 – Sistemas solares fotovoltaicos instalados en Yantsa provincia amazónica Morona Santiago.

(Recuperado de: <http://www.centrosolar.es/referencias/proyectos-realizados/bpid/394/product/show/ref/aplicaciones-aisladas-electrificacion-rural-en-refugio-de-alta-montana/>)

Actualmente se han instalado 2300 sistemas y se prevé instalar 1000 sistemas más en el transcurso de este año.

Otros proyectos de generación fotovoltaica se encuentran en la agenda energética del país sentando un precedente del avance en el aprovechamiento de la energía renovable.

No.	Empresa Gestora	Proyecto	Tipo de Proyecto	Capacidad MW
1	GASGREEN S.A.	RELLENO SANITARIO INGA I y II	BIOGÁS	5,0
2	DESARROLLOS FOTOVOLTAICOS DEL ECUADOR S.A.	SHIRI I	FOTOVOLTAICO	50,0
3	GRANSOLAR S.A.	SALINAS	FOTOVOLTAICO	2,0
4	ECUADOR ENERGÉTICO S.A.	IMBABURA-PIMÁN	FOTOVOLTAICO	25,0
5	ECUADOR ENERGÉTICO S.A.	SANTA ELENA I	FOTOVOLTAICO	25,0
6	ENERCAY S.A.	CENTRO DEL MUNDO	FOTOVOLTAICO	10,0
7	SUN ENERGY ECUADOR S.A.	RANCHO CAYAMBE	FOTOVOLTAICO	16,0
8	GUIARSA S.A.	VAIANA	FOTOVOLTAICO	20,0
9	RACALSER S.A.	CHOTA-PIMÁN	FOTOVOLTAICO	8,0
10	ENERGÍA SOLAR S.A.	MANABÍ	FOTOVOLTAICO	30,0
11	ENERGÍAS MANABITAS S.A.	MONTECRISTI	FOTOVOLTAICO	12,0
12	SUPERGALEÓN S.A.	SAN ALFONSO	FOTOVOLTAICO	6,0
13	GALAPAGOS POWER S.A.	ZAPOTILLO	FOTOVOLTAICO	8,0
14	COMPENSAFER S.A.	CHONE	BIOGÁS	10,7
15	AENERDOR S.A.	LAGARTO	FOTOVOLTAICO	20,0
16	CONDORSOLAR S.A.	CONDORSOLAR	FOTOVOLTAICO	30,0
17	SOLARCONNECTION S.A.	SOLARCONNECTION	FOTOVOLTAICO	20,0
TOTAL CAPACIDAD PROYECTOS MENORES 1 MW				297,7

Figura 2.12 – Proyectos con títulos habilitantes y registros otorgados por el CONELEC.
(Recuperado de: <http://www.conelec.gob.ec/contenido.php?cd=10167&l=1>)

2.2.3 ENERGÍA EÓLICA.

Del 1% al 2% de la energía total irradiada por el sol hacia la tierra es transformada en energía eólica, mientras que la energía irradiada total desde el sol es de aproximadamente 10^{14} W. (Esteire, 2010)

La mayor irradiación del sol se da directamente sobre la línea ecuatorial por lo que provoca una diferencia de temperaturas en el aire que se encuentra en esta

latitud, con respecto al que se encuentran en otras latitudes produciendo un movimiento natural térmico.

Por otro lado el movimiento del aire debería ser desde la zona tórrida hacia los polos en dirección recta, pero este principio no se cumple en su totalidad debido al movimiento de la tierra que hace un efecto curvo en la trayectoria del viento, que será de vital importancia en el cálculo del emplazamiento del mismo. (Richards, 2009)

De acuerdo a todos estos factores se ha podido obtener la siguiente tabla de direcciones predominantes del viento.

Tabla 2.5 – Dirección predominante del viento

Latitud	90-60°N	60-30°N	30-0°N	0-30°S	30-60°S	60-90°S
Dirección	NE	SO	NE	SE	NO	SE

(Danish Wind Industry Association, 2011)

2.2.3.1 Tipos de Vientos

Entre los diferentes tipos de vientos tenemos:

- **Vientos Geostróficos.** Estos vientos se producen por la diferencias de temperatura y presión en el aire pero se dan a una altura de 1000 m más o menos, la medición de estos se los realiza mediante sondas de medición.
- **Vientos de Superficie.** Estos vientos están a altitudes de hasta 100 m por lo que se ven muy influenciados por las características de la superficie ya sea por la rugosidad o por los diferentes obstáculos que se presenten, de hecho esta es la fuerza eólica aprovechable.

A esta influencia en la velocidad del viento por obstáculos se lo llama cizallamiento del viento, obteniendo la siguiente curva como una referencia para un tipo de suelo clase 2 (suelo agrícola con casas).

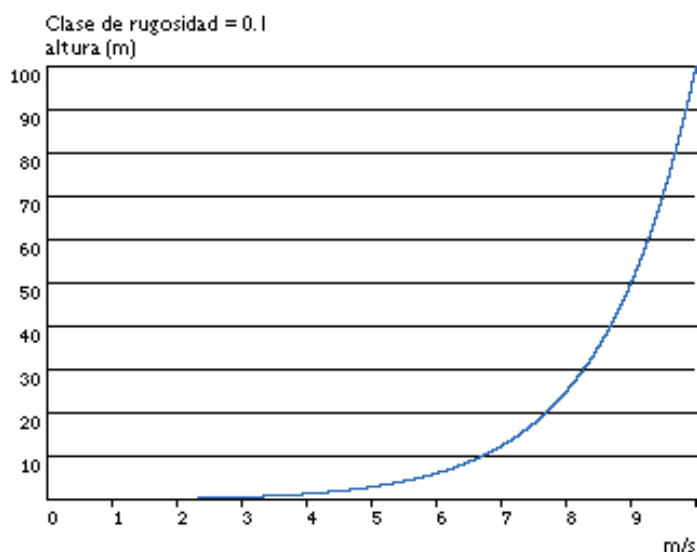


Figura 2.13 - Cizallamiento del viento para una rugosidad de 0.1 a diferentes alturas de buje
(Danish Wind Industry Association, 2011)

Tabla 2.6 – Rugosidad del suelo de acuerdo a los obstáculos

Tabla de clases de rugosidad			
Clase de rugosidad	Longitud de rugosidad (m)	Indice de energía (%)	Tipo de paisaje
0.00	0.0002	100.00	Superficie del agua
0.5	0.0024	73.00	Lisa, pistas de hormigón
1	0.0300	52.00	Area agrícola con edificios dispersos
1.5	0.0550	45.00	Terreno agrícola con algunas casas y setos resguardantes de 8 metros de
2	0.1000	39.00	Terreno agrícola con algunas casas y setos resguardantes de 8 metros de
2.5	0.20	31.00	Terreno agrícola con muchas casas, arbustos y plantas, o setos
3	0.40	24.00	Pueblos, ciudades pequeñas, terreno agrícola, con muchos o altos setos
3.5	0.80	18.00	Ciudades más grandes con edificios altos
4	1.60	13.00	Ciudades muy grandes con edificios altos y rascacielos

(Danish Wind Industry Association, 2011)

- **Vientos Locales.** Los vientos locales pueden influir en la dirección del viento predominante llegando en algunos casos a dominar los regímenes del viento.
- **Vientos Locales – Vientos de Montaña.** En las montañas que presentan laderas hacia el sur o hacia el norte se dan movimientos de aire muy interesantes debido a que en el día el viento del valle se calienta y tiende a subir ladera arriba siendo estos en algunos casos de gran potencia mientras que en la noche el movimiento se invierte.

En el siguiente cuadro se presenta la escala Beaufort de velocidades del viento:

Tabla 2.7 – Tipos de Velocidades del Viento

Escala de velocidades de viento			
Velocidades de viento a 10 m de altura		Escala Beaufort	Viento
m/s	nudos	(anticuada)	
0,0-0,4	0,0-0,9	0	Calma
0,4-1,8	0,9-3,5	1	Ligero
1,8-3,6	3,5-7,0	2	
3,6-5,8	7-11	3	
5,8-8,5	11-17	4	Moderado
8,5-11	17-22	5	Fresco
11-14	22-28	6	Fuerte
14-17	28-34	7	
17-21	34-41	8	Temporal
21-25	41-48	9	
25-29	48-56	10	Fuerte
29-34	56-65	11	temporal
>34	>65	12	Huracán

(Danish Wind Industry Association, 2011)

En la Viento se indican los valores disponibles de potencia de acuerdo a la velocidad del viento. Estos valores son válidos para una densidad de aire de 1.225 Kg/m^3 correspondiente al aire seco y a una temperatura de 15°C .

Tabla 2.8 – Potencias aprovechables según la velocidad del Viento

Potencia del viento de acuerdo a su velocidad			
Velocidad(m/s)	Potencia (w/m2)	Velocidad(m/s)	Potencia (w/m2)
12	1058.4	11	815.2
0	0	13	1345.7
1	0.6	14	1680.7
2	4.9	15	2067.2
3	16.5	16	2508.8
4	39.2	17	3009.2
5	76.5	18	3572.1
6	132.3	19	4201.1
7	210.1	20	4900
8	313.6	21	5672.4
9	446.5	22	6521.9
10	612.5	23	7452.3

(CEDECAP, 2008)

2.2.3.2 Aerogeneradores

Los aerogeneradores reciben una masa de aire unidireccional, y luego de transformarla en energía cinética esta masa de aire sigue su camino pero con una velocidad más pequeña y con dirección no definida en forma de turbulencia por otro lado la velocidad del viento nunca es constante por lo que la energía que se puede aprovechar tampoco, pero existe una notable diferencia en el día respecto a la noche ya que en la noche al existir una mayor diferencia de temperaturas en el aire pues la velocidad del viento es mayor, representando esto una ventaja para los propietarios de los aerogeneradores que pueden obtener mayor energía en las horas de mayor uso de la misma y que por lo tanto es mucho más cara (Villarubia, 2012).

La forma de aire del rotor deberá ser en forma de una tobera ya que la cantidad de aire de entrada es la misma de la de salida pero al variar la velocidad entonces a la salida necesariamente deberá existir mayor volumen como se indica en la figura 2.14.

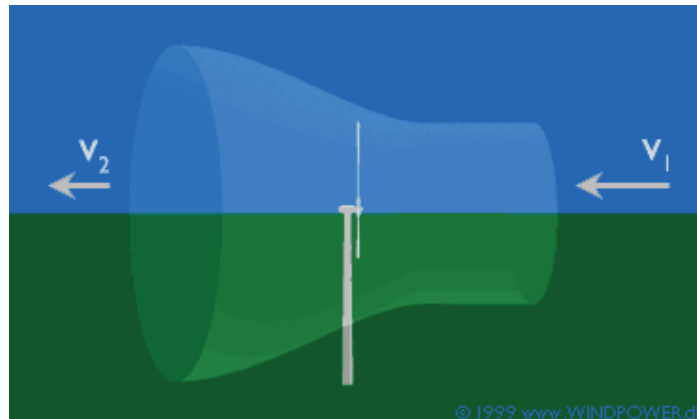


Figura 2.14 – Comportamiento del Viento en una Turbina
(Danish Wind Industry Association, 2011)

Para la generación de la energía eólica en sectores aislados pueden resultar algunas opciones como la instalación de pequeños rotores dimensionados para una sola vivienda o también pueden ser aerogeneradores de mayor tamaño con una red de distribución pero en este trabajo solo se analizará la primera posibilidad debido a que por la dispersidad de las viviendas en las zonas, la instalación de redes resulta caro.

Para la implementación de este tipo de generación de energía eléctrica se deben recoger datos del viento (dirección y velocidad) por periodos largos de tiempo, y los aparatos utilizados para este son veletas y anemómetros. Los fabricantes proporcionan curvas de rendimiento tomando en cuenta la distribución de Weibull, la velocidad del viento media es la que se utiliza para el dimensionamiento de los aerogeneradores.

Un gráfico típico de estas medidas es:

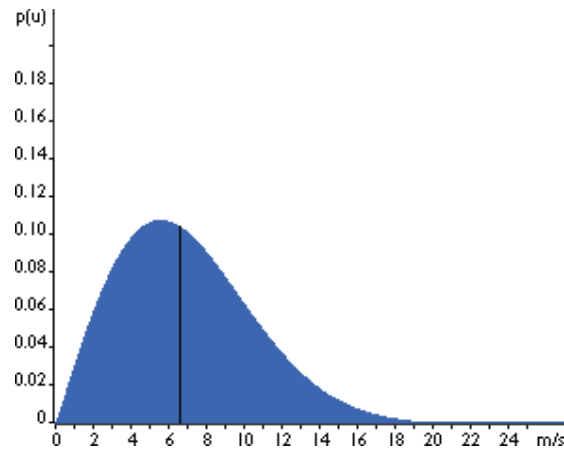


Figura 2.15 - Gráfico de probabilidades de tener una velocidad de viento
(Danish Wind Industry Association, 2011)

En donde el valor medio de las medidas tomadas es 6.6 m/s de acuerdo a los siguientes modelos.

Función de densidad:

$$f(x; \lambda, k) = \begin{cases} \frac{k}{\lambda} \left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k-1} e^{-(x/\lambda)^k} & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases}$$

Ecuación 2.1

Media y varianza:

$$E(X) = \lambda \Gamma \left(1 + \frac{1}{k} \right)$$

Ecuación 2.2

2.2.3.3 La Energía Eólica en el Plano Internacional

En Europa principalmente se han llevado a cabo varios estudios y ejecución de proyectos eólicos siendo Alemania el país que lleva la delantera en la

construcción de los mismos a nivel mundial con una potencia instalada de 20 622 MW al 2007.

En Escocia se realizará la construcción del parque Whitelee Wind Farm, el mayor de Europa, con 140 aerogeneradores de 2,3 MW cada uno, para una potencia total instalada de 322 MW. España tenía, al 2007, 11 615 MW de potencia eólica instalada, que representaba el 9% de la demanda total.

Gran Bretaña inauguró el parque eólico más grande del mundo, ubicado frente a la localidad de Ramsgate, a 12 kilómetros de la costa de Inglaterra. Este parque de energía eólico offshore, podrá abastecer con electricidad a más de 200 mil viviendas.



Figura 2.16 – Central eólica offshore en Inglaterra

(Recuperado de: http://www.armandobronca.com/reino-unido-la-mayor-granja-eolica-marina_6325/)

En América Latina el mayor productor de energía eólica es México con aproximadamente 250 MW.

2.2.3.4 La Energía Eólica en el Ecuador

La Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC) en cooperación con el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), están llevando a cabo varios proyectos de energías renovables en sus diferentes fases, entre los cuales están los de generación eólica que se encuentran al norte y sur del país, como: Villonaco, Minas de Huaschachaca entre otros.

El sistema eólico de la isla San Cristóbal (2,4 MW) se ha concretado con el financiamiento de organismos internacionales y el Fondo Electrificación Rural Urbano Marginal (FERUM). Se espera la ejecución del proyecto eólico de la isla Baltra (3 MW), cuyos estudios han sido concluidos bajo el patrocinio del ERGAL y el PNUD. (CONELEC, 2009)

Actualmente el parque eólico más grande del país es el de Villonaco, en la provincia de Loja, que se lo ejecutó como un proyecto emblemático y entró en operación el 30 de Mayo de 2013 constituyéndose oficialmente en un aporte para el sistema nacional interconectado, con los siguientes parámetros técnicos:

Tabla 2.9 – Características Técnicas Parque Eólico Villonaco

Característica	Valor
Potencia Total:	16.5 MW
Inicio de operación comercial:	2012
Aerogeneradores:	11xGW70/1500 IEC ia/S
Altura de buje:	67m
Velocidad de viento promedio:	12.4m/s
Producción garantizada de energía anual:	59.57 GWh/año
Factor de planta:	42.6%
Conexión a la red:	Subestación de Loja (69 kV)
Tipo de tecnología:	Direct Drive
Tamaño de pala:	35m
Tipo de generador:	Imanes permanentes
Control de potencia de salida:	Pitch control
Certificación:	Clase S
Reducción gases efecto invernadero:	35.270 tCO2e/año

(CONELEC, 2009)

En el Ecuador aún no se han desarrollado proyectos de electrificación aislada con sistemas eólicos pero como se pudo observar anteriormente el aprovechamiento de este recurso ya tiene antecedentes en el país.

2.2.4 ENERGÍA DE LA BIOMASA

Un recurso importante en las áreas rurales es también la biomasa que se lo puede utilizar para la generación de energía eléctrica.

Este recurso parte desde la fotosíntesis ya que mediante este proceso las plantas logran recolectar gran cantidad de energía, la misma que está contenida en la materia orgánica y se presenta encriptada en forma natural. (De Juana, 2003)

El contenido energético en forma de biomasa vegetal que se produce a nivel mundial es 10 veces el consumo mundial de energía primaria.

Esta biomasa se puede aprovechar directamente como fuente de energía o transformarle en algún tipo de combustible para su utilización.

Los recursos de biomasa que se pueden aprovechar son muy diversos teniendo entre los más importantes los siguientes:

- Biomasa natural: la que se produce en ecosistemas naturales. La explotación intensiva de este recurso no es compatible con la protección del entorno.
- Biomasa residual: incluye los residuos forestales y agrícolas, los residuos producidos por industrias forestales y agrícolas, los residuos sólidos urbanos y los residuos biodegradables como efluentes ganaderos, lodos de depuradoras, aguas residuales urbanas, etc.
- Cultivos energéticos: realizados con el único objeto de su aprovechamiento energético, caracterizados por una gran producción de materia viva por unidad de tiempo.

- Excedentes agrícolas: constituidos por los productos agrícolas que no utiliza el hombre.

2.2.4.1 Tipos de Procesos para la Extracción de la Energía de la Biomasa

Existen algunos procesos termoquímicos de extracción de energía de la biomasa, los principales son (De Juana, 2003):

- **Combustión.** Mediante este proceso se puede utilizar directamente la biomasa extrayendo su energía mediante el proceso de combustión, generalmente sus usos son domésticos ya que se lo utiliza para calentar algún fluido o algún gas para usos directos.

El sistema en el cual se aprovecha este recurso puede ser un horno o una caldera y el sistema en donde se va aprovechar esta energía. Los sistemas de combustión llegan a tener hasta un 80% a 85% de eficiencia pero con biomasa húmeda el rendimiento puede bajar a un 65% o 70%.

- **Pirolisis.** Este proceso consiste en la descomposición de la materia orgánica pero en forma forzada, es decir mediante la inyección de calor en un reactor con una completa ausencia de oxígeno, la descomposición comienza a los 250°C y termina a los 500°C y 600°C, pero en los residuos urbanos la descomposición puede terminar a los 750°C y 900°C.
- **Gasificación.** Este es un proceso de gasificación que transforma la biomasa en algunos productos como hidrógeno, monóxido de carbono, agua y metano, pudiéndose utilizar algunos de estos productos directamente en equipos que utilizan derivados de petróleo suponiendo esto una gran ventaja.

Entre los procesos bioquímicos de extracción de energía de la biomasa están:

- **Digestión Anaerobia.** Este proceso consta principalmente en la descomposición de la materia orgánica obteniendo una mezcla de gases denominado biogás el cual está compuesto principalmente por dióxido de carbono y gas metano y un residuo semisólido con más concentración de nutrientes que la biomasa inicial, este es quizás el procesamiento de biomasa que más se puede acoplar a un sistema de generación eléctrica.

Para este tipo de proyectos se han desarrollado varias tecnologías, entre las más importantes están:

- De proceso discontinuo. En este tipo de biodigestores los tiempos de retención son muy altos (entre 17 y 21 días) con una producción de 0,3 a 0,5 m³ de biogás por cada m³ de digestor.
 - Proceso continuo de Mezcla. Tienen un tiempo de retención de 15 a 30 días y la producción de gas es menor a 1m³ por m³ de digestor.
 - Proceso continuo de contacto. Tienen un tiempo de retención de 7 a 30 días y la producción de gas es de 1 a 2 m³ por m³ de digestor.
 - Proceso continuo de lecho expandido de lodo y lecho fluidizado. Similar a los de contacto pero incluyen soportes inertes con una granulometría inerte para la formación de gránulos densos de bacterias.
 - Proceso continuo Con biomasa adherida. Tienen rendimientos de procesos altos mayor a la de otros diseños y generalmente poseen filtros de bacterias en donde retienen la mayor cantidad de bacterias.
- **Fermentación alcohólica.** En este proceso los azúcares contenidos en biomasa se transforman en etanol por la acción de determinados microorganismos en un medio con un pH entre 4 y 5. Del proceso controlado por bacterias se obtiene etanol y dióxido de carbono, como este proceso se desarrolla en un medio acuoso es necesario realizar un proceso de destilación.

Otra cosa a tomar en cuenta es que el proceso no se realiza en una sola reacción sino en varias reacciones.

Generalmente la biomasa es utilizada en la producción de calor así como el vapor para usos industriales, pero también hay diferentes formas para aprovechar este recurso para la generación de energía eléctrica.

Para la recuperación energética de los residuos sólidos en las comunidades (biomasa residual), la utilización de los biodigestores es lo más recomendable. Ya que este proceso es un poco más eficiente y aplicable a la generación eléctrica.

Los biodigestores producen el biogás que al tener metano en su composición presenta una alta capacidad energética. Una típica composición del biogás se presenta de la siguiente forma:

Tabla 2.10 – Composición Típica del Biogás

Componente	Composición aproximada (%)
Metano – CH ₄	60-70
Gas carbónico – CO ₂	30-40
Hidrógeno – H ₂	1
Nitrógeno – N ₂	0.5
Monóxido de carbono – CO	0.1
Oxígeno - CH ₄	0.1
Ácido sulfúrico – H ₂ S	0.1

(De Juana, 2003)

Dadas las bajas cantidades de producción de gas en estos sistemas y el bajo contenido de metano producido la utilización de este biocombustible en turbinas a gas no es aconsejable. Por lo que se propone la utilización de motores de combustión interna para la generación de energía eléctrica.

2.2.4.2 Ventajas y desventajas de la extracción de la energía de la biomasa

El uso de la biomasa como fuente de energía tiene grandes ventajas como:

- Como fuente renovable de energía se tiene también a la biomasa que ayuda a reducir los niveles de CO₂ mitigando la contaminación medioambiental.
- Las emisiones de azufre a la atmosfera es otro problema de contaminación medioambiental, esto se puede disminuir con la utilización de la biomasa como fuente energética ya que no tienen contenidos de azufre.
- Al combustionar biomasa produce menos ceniza que el carbón y esta ceniza se lo puede utilizar como fertilizantes en las granjas, por lo que presenta otra ventaja su utilización.
- La conversión de residuos agrícolas, de la silvicultura, y la basura sólida municipal para la producción energética es un uso eficaz de los residuos que a su vez reduce significativamente el problema de la disposición de basura, particularmente en áreas municipales.
- La biomasa es un recurso doméstico, que no está afectado por fluctuaciones de precio a nivel mundial o a por las incertidumbres producidas por las fuentes de combustibles importados. En países en vías de desarrollo en particular, el uso de biocombustibles líquidos, tales como biodiesel y etanol, reduce las presiones económicas causadas por la importación de productos de petróleo.
- Los cultivos para energía perennes (las hierbas y los árboles) tienen consecuencias para el medio ambiente más bajas que los cultivos agrícolas convencionales.

También existen muchos limitantes en su uso como los que se enlistan a continuación:

- En naturaleza, la biomasa tiene relativamente baja densidad de energía y su transporte aumenta los costes y reduce la producción energética neta. La biomasa tiene una densidad a granel baja (grandes volúmenes son necesarios en comparación con los combustibles fósiles), lo que hace el transporte y su administración difíciles y costosos. La clave para superar este inconveniente está en localizar el proceso de conversión de energía cerca de una fuente concentrada de biomasa, tal como una serrería, un molino de azúcar o un molino de pulpa.
- La combustión incompleta de la leña produce partículas de materia orgánica, el monóxido de carbono y otros gases orgánicos. Si se utiliza la combustión de alta temperatura, se producen los óxidos de nitrógeno.
- Existe la posibilidad que el uso extensivo de bosques naturales cause la tala de árboles y escasez localizada de leña, con ramificaciones ecológicas y sociales serias.
- Hay un conflicto potencial por el uso de los recursos de la tierra y del agua para la producción de energía de biomasa y otras aplicaciones, tales como producción de alimentos y de fibras.
- Algunos usos de la biomasa no son completamente competitivos en esta etapa. En la producción de electricidad por ejemplo, hay fuerte competencia de las nuevas plantas de gas natural, altamente eficientes. Sin embargo, la economía de la producción energética de biomasa está mejorando, y la preocupación cada vez mayor por las emisiones de gas de invernadero está haciendo a la energía de biomasa más atractiva.
- A menudo existen restricciones políticas e institucionales al uso de biomasa, tales como políticas energéticas, impuestos y subsidios que animan el uso de combustibles fósiles. Los costos de la energía no reflejan a menudo las ventajas ambientales de la biomasa o de otros recursos energéticos renovables.

2.2.4.3 Impacto Ambiental por la Extracción de la Energía de la Biomasa

Si bien es cierto el aprovechamiento de la biomasa es un excelente método para la reducción de la contaminación ambiental, hay que tener mucho cuidado con el manejo de los desechos que estos pueden emitir. Es por esta razón que se debe tomar muy en serio la elección de la tecnología para la implementación de estos proyectos.

Entre los principales contaminantes están:

- Dióxido de carbono y monóxido de carbono en el proceso de combustión y compuestos de azufre que producen las lluvias ácidas, estos últimos también se pueden formar en los procesos de fermentación y pirolisis.
- El óxido de nitrógeno se forma debido al contenido del nitrógeno en la biomasa y la combinación con el aire que este proceso necesita pero se puede reducir su formación si controlamos el nivel térmico del proceso y la cantidad de aire que inyectamos.
- La incineración de algunos desechos urbanos pueden dar lugar a la formación de gases muy tóxicos como las dioxinas y si existen la presencia de cloros en plásticos se puede liberar ácido clorhídrico.
- En la combustión de biomasa también se pueden obtener residuos sólidos formados por plomo, cadmio haciendo necesario un control exhaustivo en las diferentes etapas.
- Los residuos sólidos que produce el proceso anaeróbico puede ser utilizado como fertilizantes por lo que tiene una contaminación de cero.

Para que la aplicación de la biomasa en la generación eléctrica sea viable hay que analizar el aspecto técnico, económico y la sostenibilidad.

2.2.5 ENERGÍA DE PEQUEÑAS CENTRALES HIDRÁULICAS

La energía hidráulica es otra representación de la energía solar ya que para la formación de las nubes es necesaria la radiación solar que al calentar las extensas masas de agua depositadas en mares, océanos, lagos, ríos, etc., produce la evaporación de grandes cantidades de agua las mismas que forman las nubes y estas a su vez al trasladarse de un lugar a otro, permiten tener lluvias en distintos lugares del planeta. Este recurso es el más importante, ya que es el más utilizado para la generación de energía eléctrica en el Ecuador, además da la posibilidad de implementar plantas de generación de distintas potencias diversificando así el aprovechamiento de los recursos. (Sanz, 2008)

2.2.5.1 Tipos de Centrales Hidroeléctricas

Las centrales hidroeléctricas pueden ser:

- **De pasada.** aquella que aprovecha directamente el caudal de agua que se transporta por medio de un canal o por medio de tubería desde la toma de agua.
- **De embalse.** Aquella que aprovecha el agua que es transportada por medio de un canal o tubería pero que además de ello puede acumular agua en un embalse para luego aprovechar su energía potencial.
- **De bombeo.** En este tipo de centrales se bombea el agua hacia uno de sus reservorios durante las horas de menor utilización de la energía eléctrica para luego utilizarlas en las horas pico.

Según la capacidad instalada de la central, se tiene la siguiente división:

Tabla 2.11 – Tipo de Centrales Hidroeléctricas según su Capacidad

CENTRAL HIDROELÉCTRICAS	CAPACIDAD
Grandes	Mayor a 50 MW
Medianas	Mayor a 10 MW hasta 50 MW
Pequeñas	Desde 1 MW hasta 10 MW
Mini	Mayor a 100 kW menor a 1000 kW
Micro	Desde 5 kW hasta 100 kW
Pico	Menores a 5 kW

(Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2012)

Para la estimación de una media energética es necesario que se cuente con lecturas de caudales de al menos 20 años, y así se tendrán las aportaciones de los años secos, húmedos y normales. Con las medidas de caudales se estima la energía anual que puede producir la planta de generación en el sitio.

En el punto de captación se canaliza una masa de agua que se transporta de tal forma que en su recorrido va ganando altura y por consiguiente energía potencial, que luego será aprovechada cuando se la convierta energía cinética mediante una caída para posteriormente turbinarla y devolverla al río.

Para una minicentral la distancia entre la toma de agua y la casa de máquinas no suele ser mayor a 1 km.

En el caso de que la central requiera la construcción de una presa, existen varios tipos de presas entre las más conocidas están:

- **Presas de gravedad.** Estas presas son de gran envergadura y en algunas ocasiones están construidas con materiales del mismo terreno, se confía la presión de estas al peso de la misma.
- **Presas de bóveda.** Se construyen en valles angostos y formados por rocas de buena calidad.

- **De arco de gravedad.** En este tipo de presas la presión se distribuye en parte al esfuerzo del terreno y en parte al esfuerzo de las laderas.

El costo de la instalación de una pequeña central hidroeléctrica depende mucho del mercado en donde se realiza las compras de los componentes y del lugar en donde se quiere instalar la central, pero en términos generales el costo de instalación de una pequeña central hidroeléctrica rodea los 2500 usd/kW. (OLADE, 2010)

2.2.5.2 Métodos de medición de altura aprovechable de un afluente para la generación de energía eléctrica.

Para la medición de la altura aprovechable se tiene varios métodos sencillos como los que citamos a continuación:

- Manguera de nivelación. Se realiza las mediciones con una manguera transparente de acuerdo al gráfico y las medidas de las alturas tomadas y se los registran en una libreta.

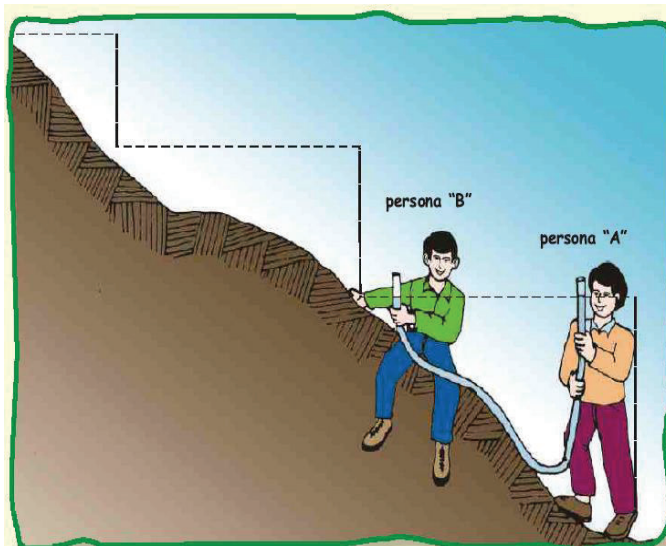


Figura 2.17 – Medición de la Altura con Manguera
(CEDECAP, 2008)

- Nivel de carpintero. Este método es muy parecido al anterior solo con la diferencia que en este caso se realiza la nivelación de una regleta con un nivel hasta obtener una posición horizontal exacta de la misma y tomar las respectivas mediadas como se indica en la siguiente ilustración:

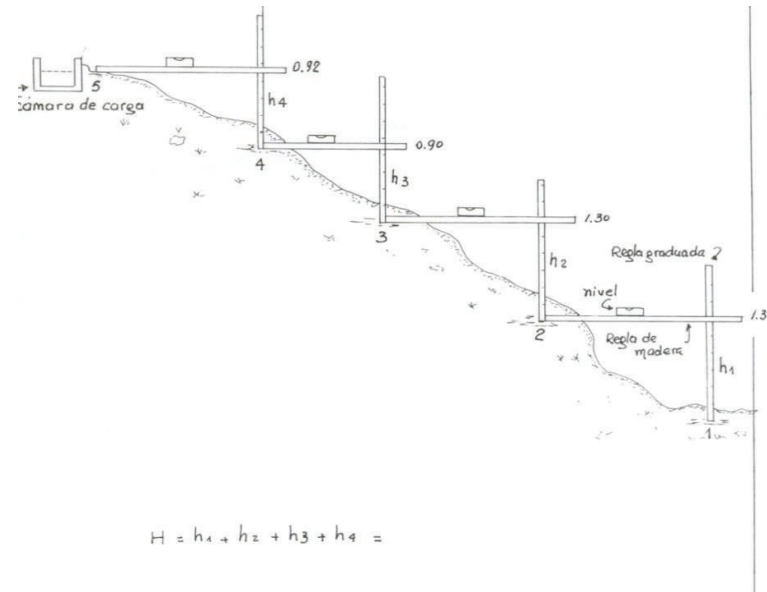


Figura 2.18 - Medición de la altura con el método del carpintero
(CEDECAP, 2008)

- Nivel de ingeniero. En este método en vez de utilizar un nivel de carpintero utilizamos un nivel topográfico, este método es más preciso que los anteriores y adema permite realizar mediciones en terrenos más difíciles.



Figura 2.19 – Medición de Altura con el Método Nivel de Ingeniero
(CEDECAP, 2008)

- Eclímetro y wincha. En este método medimos el ángulo a de la línea de vista con la horizontal y la distancia del tramo L , una vez con estos datos aplicamos la fórmula $H = \text{sen}(a) * L$, en donde:

H : es la altura de la pendiente.

a : es el ángulo de línea de vista con la línea horizontal.

L : es la distancia del tramo del terreno en línea recta desde la intersección de la línea del punto de vista con la horizontal y la intersección de la línea de vista con la altura.

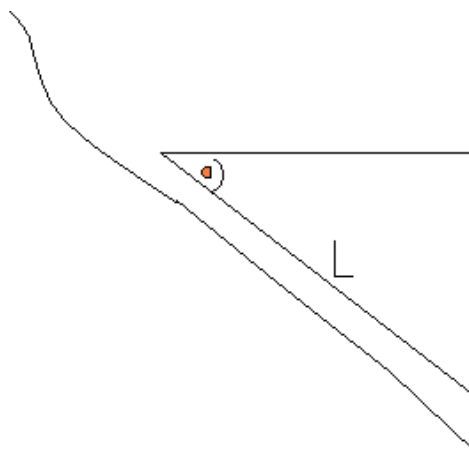


Figura 2.20 – Medición de la Altura con el Método del clinómetro
(CEDECAP, 2008)

2.2.5.3 Métodos para la medición de caudales

Para la medición de los caudales existen varios métodos prácticos como:

- Del recipiente. En el método del recipiente solo se tiene que tener un recipiente con una capacidad conocida la cual la llenaremos en un tiempo determinado medido por un cronómetro, entonces se tiene el volumen del recipiente que se llenó en un determinado tiempo cronometrado, y este será el caudal.



Figura 2.21 – Medición de caudal con el método del recipiente
(CEDECAP, 2008)

- Del área y velocidad. Este método se basa en el principio de continuidad y se trata de medir un corte transversal del área por donde pasa el fluido y multiplicarlo por la velocidad media el mismo.

Esta medida cumple con la siguiente fórmula $Q = k \cdot A \cdot V$, donde:

Q: es el caudal que queremos medir.

K: es una constante igual a S/P con valores según la tabla siguiente.

A: es el área transversal medida.

V: es la velocidad del líquido en un tramo del río homogéneo.

VALORES DE K, SEGÚN LA RELACION S/p Y MATERIAL DEL CANAL O RIACHUELO				
S/p	Madera lisa o cemento	Madera áspera o ladrillo	Pared de pedruscos	Tierra
0.1	0.860	0.840	0.748	0.565
0.2	0.865	0.858	0.792	0.645
0.3	0.870	0.865	0.812	0.685
0.4	0.875	0.868	0.822	0.712
0.5	0.880	0.870	0.830	0.730
0.6	0.885	0.871	0.835	0.745
0.7	0.890	0.872	0.837	0.755
0.8	0.892	0.873	0.839	0.763
0.9	0.895	0.874	0.842	0.771
1.0	0.895	0.875	0.844	0.778
1.2	0.895	0.876	0.847	0.786
1.4	0.895	0.877	0.850	0.794

S = Sección transversal en m² p = perímetro en m

Figura 2.22 – Factor de corrección para la medición de caudales
(CEDECAP, 2008)

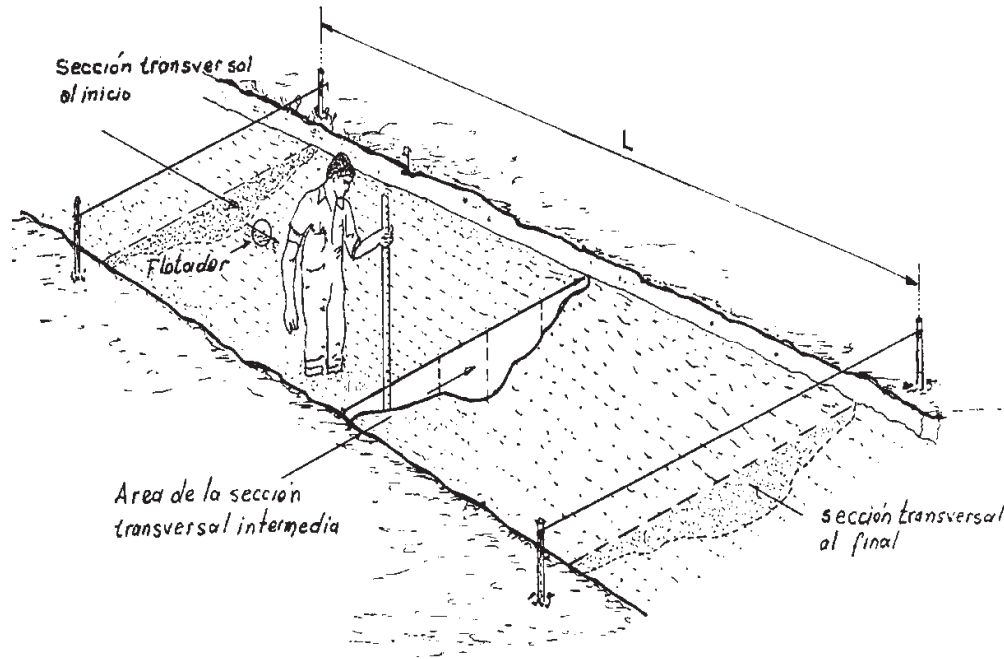


Figura 2.23 – Medición de caudal de acuerdo con su sección transversal y la velocidad
(CEDECAP, 2008)

- De la solución de sal. En este método se utiliza una cantidad de sal determinada según un caudal estimado y se lo deposita en el agua a una distancia prudencial luego, mientras que agua abajo se instala un conductímetro, el mismo que registrara datos de variación de conductividad del agua en el momento que pase el agua salina por sus sensores registrando datos de conductividad en función del tiempo graficando así una curva, cuya área servirá para el cálculo del caudal mediante la fórmula:

$$Q = k.M/A$$

Ecuación 2.3

Dónde:

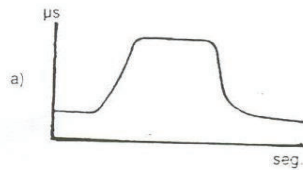
Q: es el caudal que se quiere medir.

K: es un factor de corrección por temperatura.

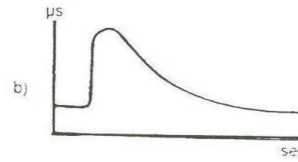
M: masa de sal en miligramos.

A: área bajo la curva.

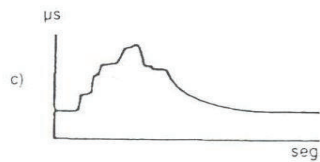
Tipos de gráficas que se pueden obtener



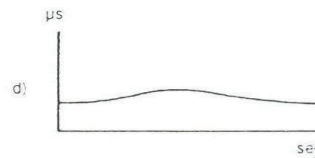
a) *Cambiar escala o usar menos sal*



b) *La sal pasó muy rápido. Emplear a más Distancia*



c) *La sal no fue bien disuelta*



d) *Agregar más sal*

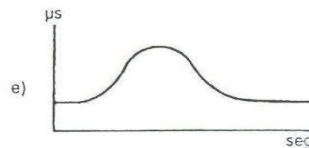


Figura 2.24 – Tipos de Gráficos de las Mediciones
(CEDECAP, 2008)

- Del vertedero. Cuando disponemos de un vertedero existe una forma fácil de calcular ya que solo dependería de la forma del mismo para con gran facilidad calcular el área pero se debe tener en consideración que la cresta no sea ni muy ancha ni muy profunda ya que de esta forma se desestimaría el caudal y además que no tenga una velocidad de aproximación demasiado rápida.

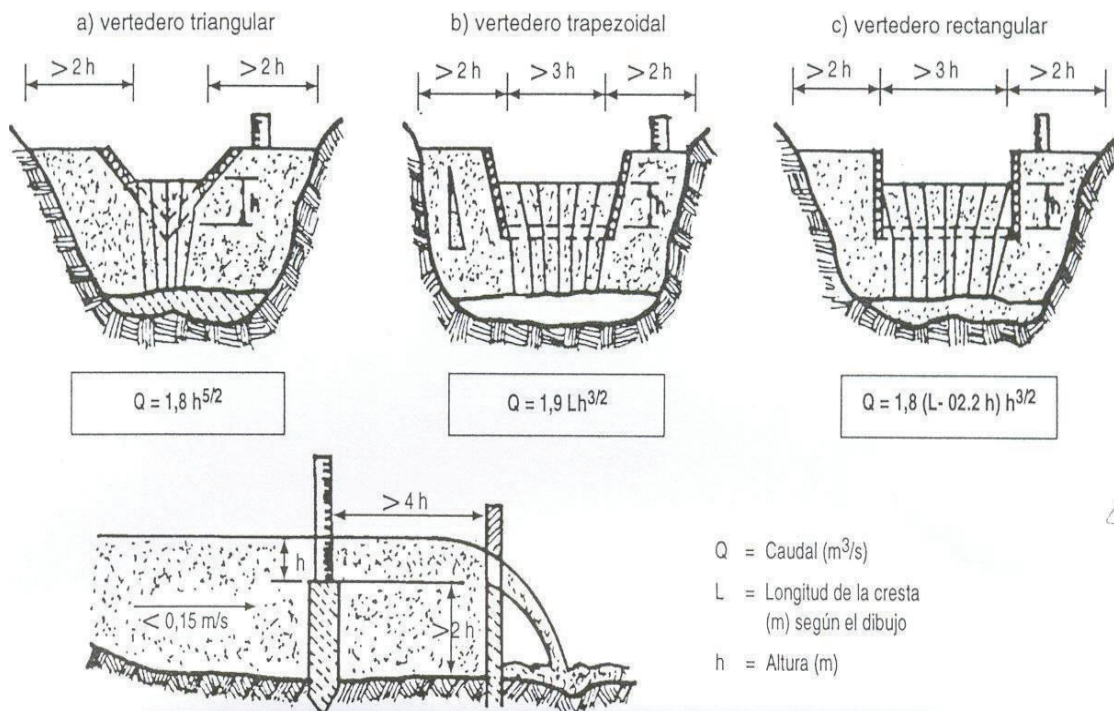


Figura 2.25 – Medición de caudal con el método del vertedero
(CEDECAP, 2008)

Gráfico 3.15 Medición de caudal con el método del vertedero.

Una vez obtenida una potencia estimada, se procede con el análisis de la distribución de la energía que se va a producir.

En este caso también se debe considerar las instalaciones necesarias para mitigar el golpe de ariete que se produce por malas maniobras en las válvulas.

2.3 GENERACION DISTRIBUIDA

La generación distribuida (GD), también conocida como generación in-situ, generación embebida, generación descentralizada, generación dispersa o energía distribuida, consiste básicamente en la generación de energía eléctrica por medio de muchas pequeñas fuentes de energía, este puede ser un excelente método de electrificación en las zonas aisladas de los sectores rurales. En algunos artículos

suelen diferenciar la generación distribuida de la generación dispersa de acuerdo a la capacidad de generación que esta tenga, (15 a 10000 kW) y (10 a 250 kW) respectivamente.

Se dice que la generación distribuida vendría a decir que es aquella que se conecta a la red de distribución de energía eléctrica y que se caracteriza por encontrarse instalada en puntos cercanos al consumo. (Vicini & Micheloud, 2012)

Algunas características importantes en la generación distribuida son:

- Reducen pérdidas en la red, al reducir los flujos de energía por la misma.
- Su energía vertida no revierte flujos hacia la red de transporte.
- Suelen tener potencias inferiores a 3 Kw aunque en general se suele decir que no sobrepasan 10 Kw de potencia instalada.
- La calidad de energía por encontrarse instalada en el punto de consumo es muy buena.
- Reducción del número de interrupciones.
- Uso eficiente de la energía.
- Uso de energías renovables.
- Facilidad de adaptación a las condiciones del sitio.

Por todos los beneficios citados anteriormente, la generación distribuida brinda grandes ventajas tanto para el consumidor como para el distribuidor de la energía eléctrica.

2.3.1 SMART GRIDS

En el caso de que la electrificación rural se lo realice con sistemas de generación aisladas, es necesario que estos sistemas sean concebidos como redes inteligentes para garantizar su correcto funcionamiento ya que deben ser monitoreados tomando en cuenta que los consumidores pasan a ser miembros activos del consumo de la energía.

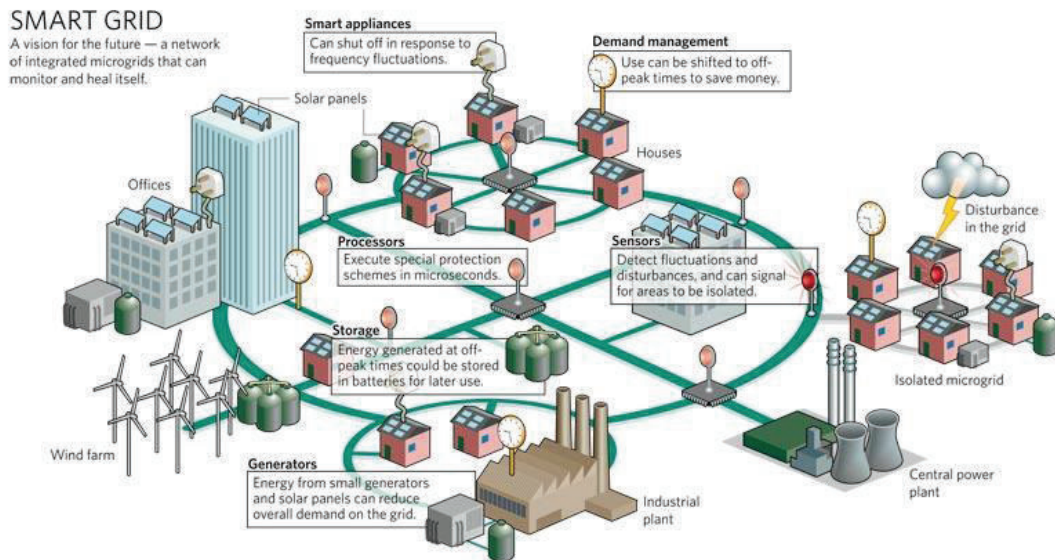


Figura 2.26 – Redes de distribución inteligentes

(Energy Trends, 2008) Recuperado de: <http://www.energytrendsinsider.com/smart-grid/>

Los sistemas eléctricos tradicionales y obsoletos son los que actualmente reinan en la mayoría de los países en el mundo; los grandes productores de energía y un área de consumidores, es la tónica que se mantiene. Pero si se quiere un mejor aprovechamiento de las energías alternativas, se debe necesariamente incluir a los consumidores como posibles generadores de energía eléctrica también a pequeños productores que se quieran conectar a la red de distribución con algún tipo de generación no convencional.

2.3.1.1 Campos de Acción de las Smart-Grids

Las redes inteligentes pueden dar soluciones al sector eléctrico ya que incursionan en todos los campos que componen el sector eléctrico, ya sea en lo económico como en lo técnico, es así como con las nuevas tecnologías que están desarrollándose para la utilización de las Smart-Grids se puede construir sistemas eficientes y confiables dando una mejor calidad de energía.

El esquema que se muestran a continuación menciona algunas de las características del campo de acción de la implementación de Smart Grids:

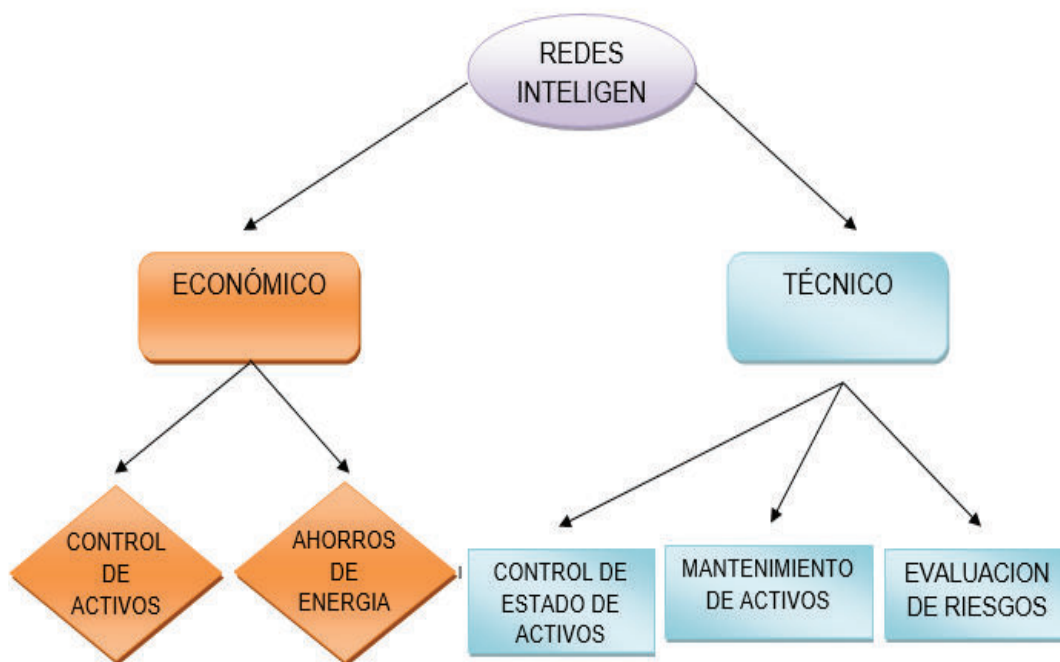


Figura 2.27 – Campos de Acción de las Smart Grids
(Elaborado por el autor)

La Smart Grid conforma a todos los activos que se requieren para que el servicio eléctrico llegue al cliente, como se muestra en la siguiente figura:

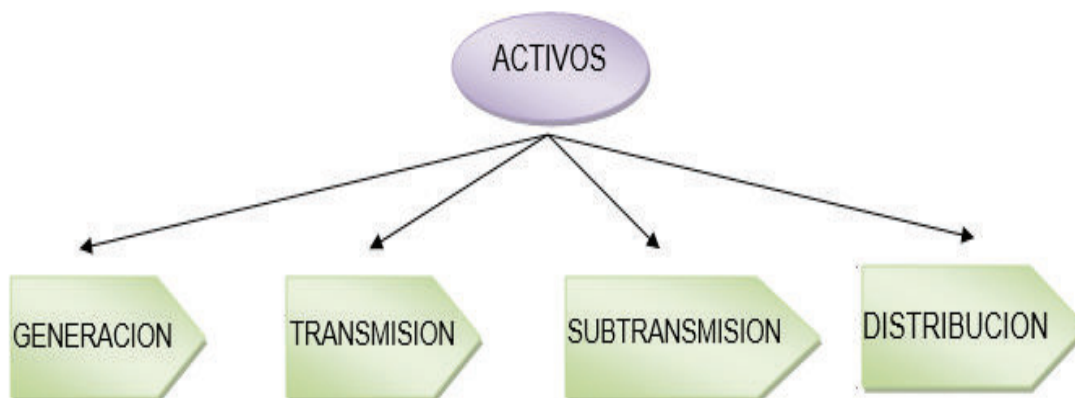


Figura 2.28 – Conformación de Activos
(Elaborado por el autor)

2.3.2 LA GENERACION DISTRIBUIDA EN SECTORES RURALES.

Si la mejor opción de electrificación se lo realiza con sistemas de generación aislada, el sistema eléctrico se puede beneficiar gracias a las ventajas que presenta la generación distribuida.

Algunas alternativas para la implementación de generación distribuida en las áreas rurales son:

1. Cogeneración

Método de producción en forma secuencial energía eléctrica y térmica, donde esta última es útil a los procesos productivos en forma de un fluido caliente (vapor, agua, gases), obteniendo eficiencias globales de más del 80%. Sus capacidades son muy amplias, debido al hecho de que utiliza todas las tecnologías que abarca la generación distribuida (GD).

2. Turbina de Gas

El combustible suele ser gas natural, aunque puede emplearse gas licuado de petróleo (GLP) o diésel. Sus capacidades van de 265 kW a 50,000 kW; permiten obtener eficiencias eléctricas del 30% y eficiencias térmicas del 55%; los gases de combustión tienen una temperatura de 600°C; ofrecen una alta seguridad de operación; tienen un bajo costo de inversión; el tiempo de arranque es corto (10 minutos); y requieren un mínimo de espacio físico. Por otro lado, los gases de combustión se pueden utilizar directamente para el calentamiento de procesos, o indirectamente para la generación de vapor o cualquier otro fluido caliente.

3. Motor de Combustión Interna

Utilizan diésel, gasóleo o gas natural; existen en capacidades de 15 kW a mayores de 20,000 kW; alcanzan eficiencias eléctricas del orden del 40% y eficiencias térmicas cercanas al 33%; su temperatura de gases de combustión es

de 400°C; tienen un bajo costo de inversión, una vida útil de 25 años, alta eficiencia a baja carga, consumo medio de agua, poco espacio para instalación, flexibilidad de combustibles y su crecimiento puede ser modular.

4. Microturbinas

Estas constituyen una tecnología reciente de GD, ya que exceptuando a algunos fabricantes, el mercado está a varios años de su comercialización total. Las microturbinas consisten en un compresor, un combustor, una turbina y un generador. Tienen una capacidad de generación de 30 a 400 kW.

5. Baterías

Son, entre otros, los acumuladores convencionales de plomo – ácido y las de Níquel – Cadmio, que presentan una densidad de energía almacenada del orden de 30 Wh/kg. Existen varios tipos de baterías en desarrollo, como las de Sodio - Azufre que alcanzan valores de densidad de 60 a 150 wh/kg; las de Zinc – Aire con valores de 80 a 100 Wh/kg; y las de flujo (rédox) o pilas de combustible regenerativas, que son las de Zinc – Bromo – Cloro y las de Bromuro de Sodio – Polisulfuro de Sodio.

6. Energías Renovables

Las energías renovables presentan muchos beneficios y complicaciones tecnológicas para su aprovechamiento, sin embargo en los últimos años estas han mejorado, permitiendo un mejor aprovechamiento de las mismas. Entre sus ventajas se encuentra la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (para biomasa), y en los demás casos estas emisiones son nulas. Entre las fuentes renovables, se encuentran: energía hidráulica, biomasa, solar, eólica, geotérmica, mareomotriz, entre otras.

2.4 LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN EN LOS SECTORES RURALES DE LA EEQ.S.A.

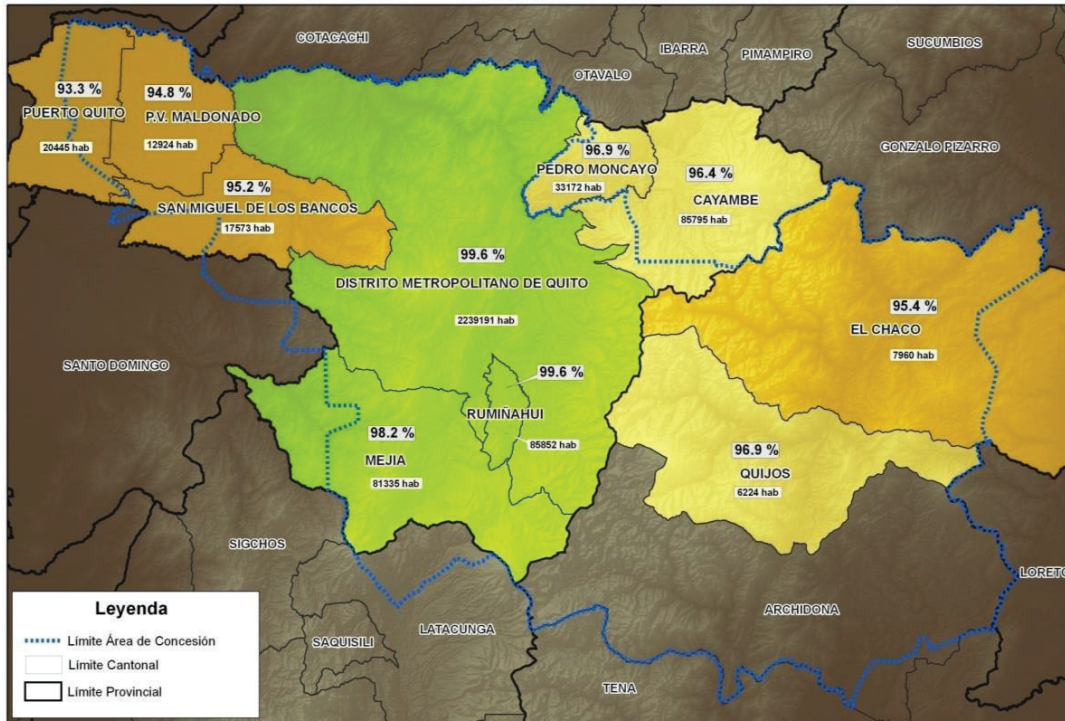


Figura 2.29 – Área de concesión de la Empresa Eléctrica Quito.
(Fuente: Área de distribución de la EEQ)

Puesto que en las empresas distribuidoras la mayor inversión se encuentra en las líneas de subtransmisión y distribución, se debe tomar en cuenta los gastos que estos representan en el desarrollo de un proyecto como la extensión de red hacia lugares de una zona rural y contar con una buena calidad de la energía y tratar de reducir al máximo las pérdidas.

La Empresa Eléctrica Quito S.A. cuenta con 965.442 abonados proveyendo del servicio de energía eléctrica a 2,776.807 habitantes aproximadamente y alcanzando a una cobertura del 99.54% en toda el área de servicio que tiene alrededor de 14971 Km². Actualmente cuenta con 177 circuitos primarios con una longitud de 7.744 Km de red primaria 23 Kv, 6.776 Km de red secundaria 110/220v y 36 subestaciones de distribución. El sistema de generación está

formado por 5 centrales de generación hidroeléctrica y 1 térmica generando aproximadamente 512 GWh. (Empresa Eléctrica Quito, 2013)

14 de las 36 subestaciones de distribución que integra el sistema de distribución de la EEQ S.A., alimentan al sector rural Tabla 2.12 – Disponibilidad de Potencia en subestaciones del área rural de la EEQ S.A., **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y están ubicadas en los límites del Distrito Metropolitano de Quito.

La EEQ S.A cuenta con un levantamiento total de la infraestructura de distribución en el GIS por lo que se tiene datos suficientes para el desarrollo de proyectos de expansión de la red.

En la Tabla 2.12 – Disponibilidad de Potencia en subestaciones del área rural de la EEQ S.A se puede apreciar el listado de las subestaciones que alimenta al sector rural y la disponibilidad de capacidad en cada una de ellas.

Tabla 2.12 – Disponibilidad de Potencia en subestaciones del área rural de la EEQ S.A

CAPACIDAD DISPONIBLE DE LAS SUBESTACIONES UBICADAS EN LOS SECTORES RURALES DEL ÁREA DE SERVICIO DE LA EEQ							
SUBESTACIONES	VOLTAJE KV/KV	2013	CAPAC.	CARGA MAX			
		TASA	INSTAL	2013			
		(%)	2013 MVA	FP(PU)	MW	MVAR	FU(%)
37 - Santa Rosa	46/23	5.06	33.0	0.998	25.7	1.5	77.9
27 - San Rafael 33	46/23	5.52	33.0	0.998	19.3	1.2	58.5
55 - Sangolquí	46/23	5.06	33.0	0.998	25.6	1.6	77.7
34 - Machachi 46 kV	46/23	3.68	20.0	0.994	14.4	1.6	72.7
19 - Cotacollao 33 ABCEG	46/23	5.06	33.0	0.995	25.8	2.7	78.5
49 - Los Bancos	46/13.2	3.68					
50 - Los Bancos	69/23/13.8	3.68	16.0	0.948	5.5	1.8	36.2
54 - HCJB - Baeza, Termas, Petroc.	23	2.53	6.0	0.969	4.1	1.1	71.2
29 - Cumbayá 46	46/23	5.52	33.0	0.980	19.6	3.9	60.7
36 - Tumbaco 33 T1 ACE	46/23	5.29	33.0	0.998	13.1	0.7	39.7
36 - Tumbaco 20 T2 BDF	46/23	5.52	20.0	0.977	13.6	3.0	69.8
19 - Cotacollao DF 138/23	138/23	5.06	33.0	0.964	21.9	6.0	68.8
57 - Pomasqui ADEF	138/23	5.52	33.0	0.986	29.8	5.0	91.4
57 - Pomasqui BCG	138/23	5.52	33.0	0.998	22.6	1.4	68.7
57 - Pomasqui HIJ	138/23						
36 - Nueva Tumbaco	138/23						
31 - Tababela	138/23	5.06	33.0	0.994	23.0	2.1	70.1
23 - Conocoto	138/23	5.06	33.0	0.999	22.5	0.8	68.3
55 - Sangolquí 138/23	138/23						
59 - E. Espejo ABE (Metro-Q)	138/23	4.83	33.0	0.973	17.4	4.2	54.3
59 - E. Espejo CDF	138/23	4.60	33.0	0.976	13.8	3.1	43.0

(Empresa Eléctrica Quito, 2013)

Un aspecto muy importante es la calidad de la energía con la cual se debe servir a los usuarios finales y que esta normada mediante Regulación No CONELEC – 004/01, en donde se define los parámetros que garantizan una buena calidad de energía como caídas de voltaje, factor de potencia, perturbaciones en la onda de voltaje etc.

2.5 Tipos de consumidores

El CONELEC mediante reglamento (CONELEC/ R.O.150, 2005) ha definido a los tipos de usuarios que las empresas distribuidoras deben considerar para dotar del servicio de energía eléctrica.

2.5.1 Consumidor Residencial o Doméstico

Un consumidor residencial o domestico se le define aquel que utiliza la energía eléctrica para el uso de artefactos básicos como luminarias, radios, televisores y todo artefacto eléctrico. Su curva de carga muestra un consumo máximo entre las 18:00 y 21:00 horas. (CONELEC/ R.O.150, 2005)

2.5.2 Consumidor en Áreas Comunitarias

Se definen a consumidores en áreas comunitarias, a aquellos que son de uso público como: escuelas, colegios, iglesias, casa comunal, puestos de salud, etc. (CONELEC/ R.O.150, 2005)

2.5.3 Consumidor Comercial

Se considera consumidor comercial o de pequeña industria, a aquellos que utilizan la energía eléctrica de alguna manera para algún tipo de producción como talleres de corte y confección, peluquerías, carpinterías etc. (CONELEC/ R.O.150, 2005)

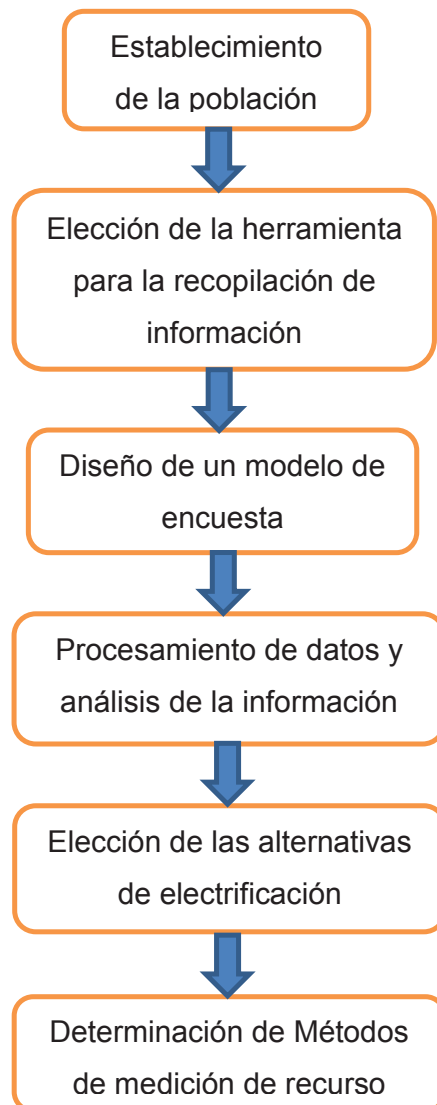
Además el horario de utilización de la energía eléctrica es de 8:00 a 17:00 horas.

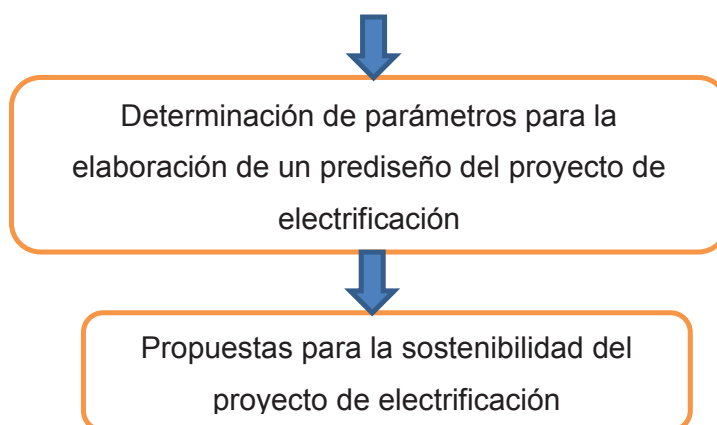
2.5.4 Alumbrado Público

El uso de alumbrado público está conformado por las luminarias que se ponen en los postes ubicados a lo largo de la vía los mismos que están considerados para una potencia de 70W por punto. El tiempo de uso de esta energía está tomado en cuenta para 12 horas diarias, en el horario de 18:00 y 6:00 horas, durante 30 días por mes. (CONELEC/ R.O.150, 2005)

3 ELABORACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE ELECTRIFICACIÓN EN ZONAS AISLADAS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A.

En este capítulo se va a elaborar la metodología para el desarrollo de proyectos de electrificación en zonas aisladas de la Empresa Eléctrica Quito S.A., para la cual se ha elaborado el siguiente flujograma de actividades:





3.1 PARÁMETROS A TOMAR EN CUENTA PARA EVALUAR EL CONSUMO ENERGÉTICO DE LA ZONA

En el desarrollo de esta metodología se han tomado en cuenta los datos más relevantes que permitan escoger la mejor opción de electrificación de la zona del proyecto.

3.1.1 RECONOCIMIENTO DE LA ZONA EN DONDE SE DESARROLLARA EL PROYECTO DE ELECTRIFICACION

Los sectores rurales del área de servicio de la EEQ S.A. presentan diferentes características medioambientales, sociales, económicas. Por lo que es necesario realizar una visita a la zona con una persona nativa de lugar para socializar el proyecto, georreferenciar el centro urbano, conversar con los dirigentes acerca del número de viviendas existentes en el lugar y gestiones realizadas para el pedido del servicio de energía eléctrica.

Es necesario que la comunidad conozca acerca del proyecto con sus ventajas, desventajas y repercusiones, ya que de la aceptación del mismo depende el desarrollo, además es un aspecto clave para la sostenibilidad.

3.1.2 RECOPIACION DE INFORMACION EN LA ZONA DEL PROYECTO

Una vez determinado el lugar en donde se va a desarrollar el proyecto se necesita recopilar información que servirá para el análisis técnico y económico del proyecto.

Aprovechando que se tiene acceso a las fuentes primarias de información y tomando en cuenta que será necesario obtener datos para su respectiva tabulación se ha determinado que la mejor herramienta para la recopilación de datos es la aplicación de una encuesta en la zona de proyecto.

3.1.3 DATOS QUE SE DEBEN RECOPILAR

A continuación se presentan los datos más importantes que se deben obtener de la encuesta a realizar en la zona en donde se va a desarrollar el proyecto.

Tabla 3.1 – Datos de los usuarios a considerar en la encuesta

DATOS USUARIOS	
DATOS	RELACION
Fecha de la visita y datos GPS	Constancia y Adquisición de datos georreferenciados
Datos de la vivienda	Caracterización de la vivienda y consumo de la misma
Ingresos Familiares	Tipo de producción en el sector
Aparatos que piensa adquirir y el tiempo	Estimación de la demanda para un tiempo determinado
Desarrollo productivo con la energía eléctrica	Proyección de capacidad de pago
Elementos que actualmente utiliza como fuentes de energía	capacidad de pago que tiene el usuario
Disposición de pago del servicio eléctrico	voluntad de pago
Pagos por consumos comunitarios	mejoramiento que se puede hacer en la comunidad

DATOS USUARIOS	
DATOS	RELACION
Posibles fuentes de energía	sondeo rápido del sistema de generación que se puede desarrollar

(Elaborado por el Autor)

Algunos datos de la Tabla 3.1 – Datos de los usuarios a considerar en la encuesta deben ser tabulados para su posterior utilización en el cálculo de parámetros para el diseño de los sistemas de generación y el análisis económico del proyecto.

De acuerdo a los datos requeridos por la EEQ S.A. se ha elaborado un modelo de encuesta ANEXO 3.1: MODELO DE ENCUESTAS A LOS HABITANTES DE LA ZONA DE PROYECTO que puede ser modificada acorde a las necesidades del lector. Con esta encuesta se puede conocer datos acerca de los usos finales de la energía, la situación geográfica de la comunidad, intención de consumo energético, etc.

3.2 ALTERNATIVAS DE ENERGIZACIÓN DE LA ZONA

Los sectores rurales del área de servicio de la EEQ S.A. que aún no cuentan con el servicio de energía eléctrica están ubicados lejos de los centros de transformación y con alta dispersidad, por lo que dotarles del servicio de energía eléctrica con redes tiene un alto costo, que en la mayoría de casos supera al fondo que el FERUM asigna por usuario para este tipo de proyectos.

Dada la gran cantidad de proyectos de electrificación rural que tiene la EEQ S.A. pendientes para su aprobación, estos se priorizan acorde al presupuesto destinado, en el sector rural estos proyectos se ejecutan en tiempos relativamente largos y peor aún en otros casos no entran en el listado de proyectos para la respectiva aprobación. Es por eso que se ha buscado otras opciones de electrificación que gracias al avance de la tecnología ya se pueden implementar.

De la gran variedad de opciones que se presenta en el mercado para la electrificación aislada se han escogido 4 opciones:

- Sistemas solares fotovoltaicos.
- Sistemas eólicos.
- Microturbinas hidráulicas.
- Sistemas de generación con biomasa.

La elección de estas opciones se lo realizó en base a los siguientes parámetros:

- Recursos identificados en el área de concesión de la EEQ S.A.
- Madurez tecnológica de los sistemas de generación.
- Acceso a la información y los equipos.
- Experiencia en la utilización de la tecnología.
- Costo ambiental en la ejecución del proyecto.

Con respecto al cálculo de la demanda que se utilizara en los diseños de los sistemas para la electrificación, solo para el caso de extensión de red se lo realizara con las normas de la EEQ S.A., mientras que para el caso de la electrificación con otra alternativa, el cálculo de la demanda se lo realizará con datos de consumo de la encuesta.

En los siguientes apartados se analiza la evaluación de los recursos disponibles que pueden ser utilizados para la generación eléctrica y los aspectos que necesarios para el dimensionamiento y diseño de los sistemas de generación. Hay que tomar en cuenta que el dimensionamiento y el diseño de los sistemas de generación se lo realizaran siempre y cuando el recurso disponible sea suficiente para dotar de energía eléctrica a todas las viviendas del sector en donde se llevara a cabo el proyecto de electrificación.

3.2.1 ACCESO A LA RED DE DISTRIBUCION

El método tradicional de electrificación de las empresas distribuidoras de energía eléctrica en el país es la extensión de red y/o el acceso a la red de distribución, para lo cual la empresa eléctrica Quito S.A. tiene una metodología completa para el diseño de este tipo de proyectos, y se basa en las “normas para el diseño de proyectos eléctricos de la EEQ S.A.”. Sin embargo con la introducción de nuevos métodos de electrificación se deben tomar en cuenta otros parámetros y nuevos métodos de cálculo.

A continuación se cita algunos aspectos que ayudarán en la identificación de sitios en donde resulta más conveniente la electrificación con otra alternativa a la tradicional, y un resumen del método que se aplica para el desarrollo de los proyectos de electrificación con extensión de red y acceso a la misma.

3.2.1.1 Dispersidad de la Zona

Si las viviendas se encuentran concentradas en un lugar, se puede tomar en cuenta la extensión de un primario para su análisis técnico y económico.

3.2.1.2 Distancia de las Viviendas a la Red de Energía Eléctrica

Un parámetro importante a tomar en cuenta cuando se quiere extender la red de energía eléctrica es la distancia que se va a aumentar la red, ya que esto acarrea algunos problemas técnicos y pérdidas económicas como son:

- Caídas de voltaje
- Pérdidas energéticas en la línea.

3.2.1.3 Disponibilidad de Primarios y Potencia en la Subestación

Cuando la opción de conectar a la red eléctrica es la seleccionada, se toma en cuenta:

- La disponibilidad de primarios
- La disponibilidad de potencia en las subestaciones.
- El Balance de fases.

En la Tabla 2.12 – Disponibilidad de Potencia en subestaciones del área rural de la EEQ S.Ase indican las subestaciones que alimentan a los sectores rurales, y se puede observar que la mayoría de ellas tiene aún capacidad disponible para tomar carga.

3.2.1.4 Cálculo de la Demanda Máxima Unitaria (DMU) para Usuarios Residenciales del Sector Rural

Para el cálculo de la demanda en el caso de que la alternativa de electrificación conlleve a la conexión a una red se tomará en cuenta la metodología que aplica la Empresa Eléctrica Quito S.A. según sus normas y el mapa de estratificación presentado en la Figura 3.1.

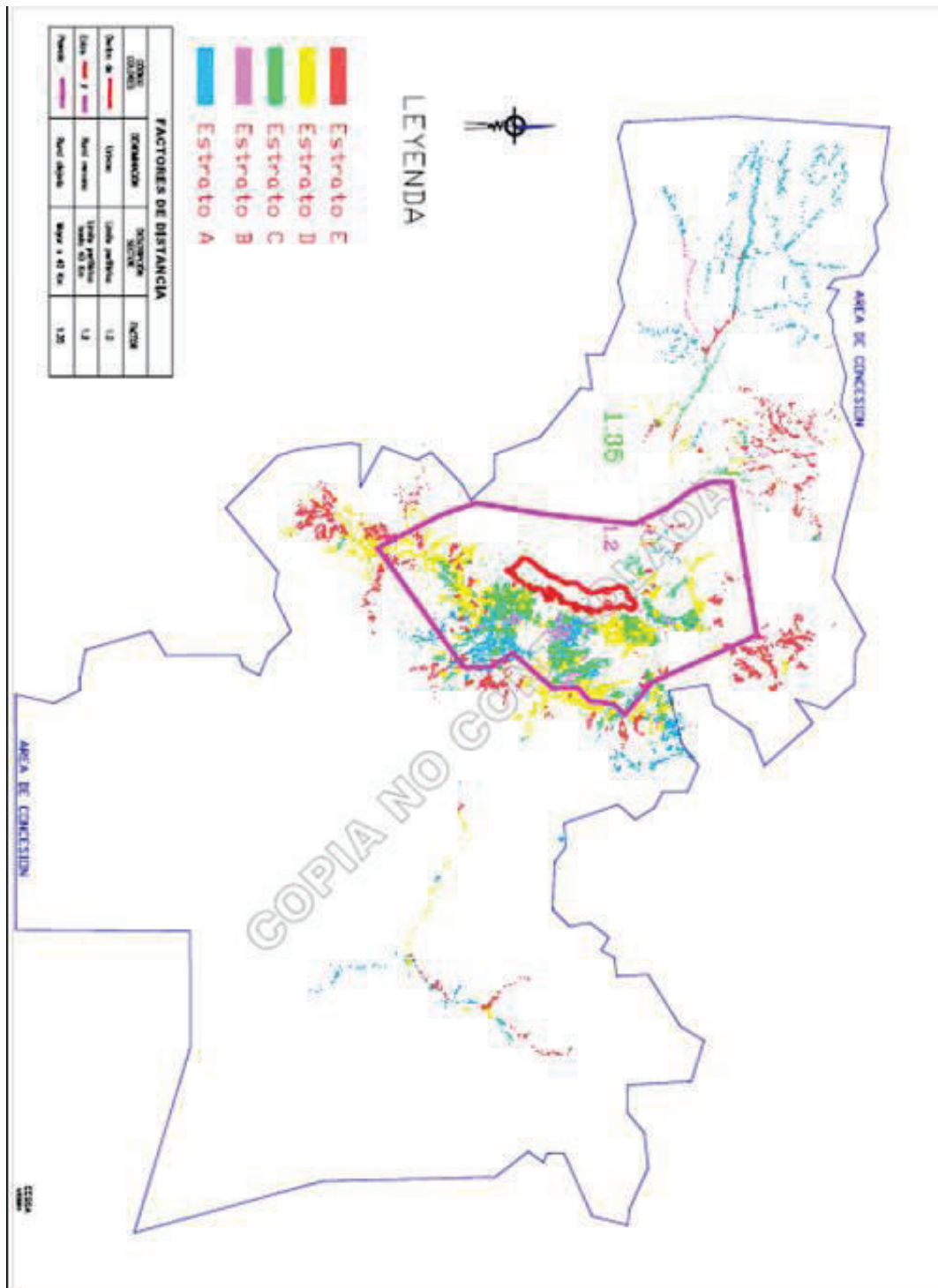


Figura 3.1 – Mapa de Estratificación de Usuarios
(Empresa Eléctrica Quito, 2002)

Tabla 3.2 – Clasificación de Clientes por Estratos en el area de servicio de la EEQ S.A.

Estratos de Consumo	
Categoría de Estrato de Consumo	Escalas de consumo(kWh/mes/cliente)
E	0-100
D	101-150
C	151-250
B	251-350
A	351-500

(Empresa Eléctrica Quito, 2012)

De acuerdo al mapa de estratificación de la EEQ se puede determinar el tipo de usuario que habita en la zona. Para el caso de los sectores rurales se los toma en cuenta como usuario tipo E.

3.2.1.5 Demanda Máxima Coincidente para Clientes Residenciales con Acceso a la Red de Distribución

Consumidores menores o iguales a 500kWh/mes/cliente:

$$D_{\max_{\text{coincidente}}} = \text{Factor M} * \text{Factor N}$$

Ecuación 3.1

El factor M depende del número de clientes. El factor N relaciona la energía consumida por mes con la demanda máxima (valores propios de cada empresa distribuidora).

Tabla 3.3 – Demanda Máxima Coincidente

Demanda máxima coincidente (kW).					
#usuarios	Estrato A	Estrato B	Estrato C	Estrato D	Estrato E
1	4,7	3,4	2,5	1,6	1,1
2	8,3	6,1	4,5	2,8	2
3	10,2	7,4	5,5	3,5	2,5
4	12,1	8,8	6,6	4,2	2,9
5	13,8	10	7,4	4,7	3,3
6	15,7	11,4	8,5	5,4	3,8
7	17,5	12,8	9,5	6	4,2
8	19,6	14,3	10,6	6,7	4,7
9	21,5	15,6	11,6	7,4	5,2
10	23,3	17	12,6	8	5,6
11	25,2	18,4	13,6	8,6	6,1
12	27,1	19,8	14,7	9,3	6,5
13	29,1	21,2	15,8	10,0	7,0
14	31,0	22,6	16,8	10,6	7,4
15	32,9	24,0	17,8	11,3	7,9
16	34,8	25,4	18,8	11,9	8,4
17	36,7	26,7	19,8	12,6	8,8
18	38,6	28,8	20,9	13,2	9,3
19	40,3	29,4	21,8	13,8	9,7
20	42,3	30,9	22,9	14,5	10,2

(Empresa Eléctrica Quito, 2002)

3.2.1.6 Cálculo de la Demanda de Diseño para Red y Cámara De Transformación

Una vez analizada la prefactibilidad de conexión a la red se sigue los siguientes pasos para su dimensionamiento:

1. Establecer el tipo de usuario según el mapa de estratificación.
2. Con el tipo de usuario según la estratificación se puede determinar la $D_{max_{coincidente}}$ como se indica en la Tabla 3.3, así:

$$D_{max_{coincidente}} = FactorM * FactorN$$

Ecuación 3.2

3. Se calcula la demanda de diseño de la red:

$$Demanda\ de\ diseño_{red} = Dmax_{coincidente} * D_{A/P} * D_{perdidas}$$

Ecuación 3.3

4. Para la demanda de alumbrado público se pueden considerar luminarias de 400, 250, 150, 100 y 70 vatios de potencia, siendo estas las más utilizadas por la EEQ.

5. Para cámaras de transformación se tiene que:

$$D_{perdidas} = Dmax_{coincidente} * 0.01$$

Ecuación 3.4

6. Se calcula la demanda de diseño de la cámara de transformación:

$$Demanda\ de\ diseño_{camara} = (Demanda_{coinc} * Demanda_{perd}) / FP$$

Ecuación 3.5

Se ha determinado la demanda de los usuarios para el abastecimiento de energía eléctrica a través de extensión de líneas de distribución según las normas de la EEQ S.A.

3.2.2 CALCULO DE LA DEMANDA PARA LA ELECTRIFICACION CON SISTEMAS AISLADOS

En la encuesta se obtiene datos como los equipos que o electrodomésticos que los usuarios van a utilizar o que utilizan con generadores propios de energía.

Una vez conocidos los electrodomésticos más utilizados por los habitantes se calcula la energía mínima que el sistema aislado de generación debe proveer.

Entonces la energía diaria por electrodoméstico es:

$$Ede = (Pe * Hu)$$

Ecuación 3.6

Dónde:

Ede: es la energía que consume un electrodoméstico en el día.

Pe: es la potencia del electrodoméstico.

Hu: son las horas de utilización del electrodoméstico en el día.

Una vez conocido el consumo de energía eléctrica de los electrodomésticos en un día se calcula la energía total que la vivienda consume diariamente:

$$Etd = \Sigma(Ede)$$

Ecuación 3.7

Dónde:

Etd: es la energía que consume la vivienda en el día:

Ede: son los valores de energía que consumen los electrodomésticos en el día.

Un dato importante que se obtiene de la encuesta a realizar es el número de electrodomésticos que el usuario tiene en mente comprar a futuro, con estos datos se puede estimar el incremento de la demanda.

3.2.3 PARAMETROS PARA LA ELECTRIFICACION CON SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS

Uno de los recursos más tomados en cuenta después de la extensión de red en el país para el desarrollo de este tipo de proyectos es la energía solar, en esta opción de energización es indispensable tomar en cuenta algunos aspectos que le permita al proyecto cumplir con el objetivo y el tiempo predeterminado de vida útil.

Para la dotación del servicio de energía eléctrica con paneles solares fotovoltaicos se debe tener cuidado con los siguientes aspectos:

- Demanda del usuario.
- Radiación solar en el sitio de instalación.
- Vías de acceso para el transporte de los equipos.
- Diseño del sistema fotovoltaico.
- Costo del sistema.
- Financiamiento.

3.2.3.1 Evaluación del recuso solar

En el área de servicio de la EEQ S.A la radiación solar es un recurso que presenta un gran potencial debido a la ubicación geográfica privilegiada en el globo terrestre. Actualmente se cuenta con un atlas solar nacional publicado por el CONELEC y que se encuentra disponible en la respectiva página web (CONELEC, 2013) el mismo que sugiere una radiación global promedio de 4.2 kWh-m²/día, y que varía entre 3.6 kWh/m²-día y 4.5 kWh/m²-día para el área de servicio de la citada empresa.

El dimensionamiento de los sistemas solares para generación de energía eléctrica se puede realizar con datos del atlas proporcionado por el CONELEC en el caso de no tener datos más precisos.

3.2.3.2 Elección de las Placas Solares

Cuando se analiza la posibilidad de dotar de energía eléctrica a una vivienda con paneles solares se debe garantizar la energía mínima que la vivienda va a consumir y que se calcula con el método del numeral 3.2.2. Este método está basado en la Normativa Técnica Universal. (ETSI)

La característica más importante de los paneles es la potencia pico que estos pueden suministrar, ya que de esta también depende la energía con la que se puede disponer. En el mercado existen gran diversidad de opciones de tecnologías y en varias marcas que cumplen con todas las normas exigidas con potencias que van desde 5W hasta 500W, un indicador que ayudaría en la selección del panel con respecto a los costos es usd/Wp .

La potencia pico de los paneles que proporciona los fabricantes es medida en condiciones de laboratorio es decir con una radiación de 1000 w/m^2 y a una temperatura de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Tomando en cuenta esta consideración y por facilidad de cálculo se representa los datos de radiación solar como el número de horas que va a generar el panel solar fotovoltaico a su potencia pico en un día.

Para la elección de los paneles solares fotovoltaicos se debe tomar en cuenta las siguientes condiciones de diseño:

1. Demanda energética de la vivienda, y el sistema de acumulación, define la potencia pico el sistema de generación.
2. Potencia de los paneles que va a garantizar la energía que requiere la vivienda acorde a la radiación del sitio a instalar.
3. Tecnología de los paneles de acuerdo al espacio disponible para la instalación y el costo de los mismos.
4. Elemento constitutivo de la celda de los paneles tomando en cuenta el tipo de radiación que se presenta en la zona (Global, Directa, Difusa) y el costo del proyecto.
5. Disponibilidad del tipo de paneles en el mercado.

6. Si existe el peligro de sombras se puede seleccionar paneles de constitución de silicio amorfo ya que estos responde mejor en estas condiciones.

Una vez analizadas las condiciones de diseño como obligatoriedad es importante definir los siguientes parámetros técnicos del equipo para su adquisición como se indica en el ANEXO 3.2: ESPECIFICACIONES TECNICAS DE PLACAS SOLARES, en donde se presentan las especificaciones técnicas mínimas para la compra de los paneles solares.

3.2.3.3 Elección del inversor

Los inversores transforman la potencia continua de las baterías en corriente alterna compatible con los electrodomésticos de consumo en alterna.

El inversor es uno de los dispositivos más importantes de la instalación ya que su potencia define la carga en alterna que se puede conectar y controlaran los niveles de carga de las baterías. Su precio puede representar hasta un 40% del presupuesto de todo el sistema, presentando una leve variación que dependerá de las especificaciones del mismo así como de la tecnología de fabricación.

Como son sistemas aislados de baja potencia lo más óptimo es que se elija un solo inversor para no disminuir mucho el rendimiento del sistema.

Para la elección del inversor se debe tomar en cuenta los siguientes criterios técnicos:

- Potencia del generador.
 - El inversor a elegir debe tener la capacidad de convertir la potencia del grupo de paneles al que va conectado para alimentar a las cargas que

se utilizarán y controlar que las baterías no tengan profundidades de descarga demasiado profundas.

- El inversor debe estar dimensionado de tal forma que el punto en el cual va a estar operando la mayor cantidad de tiempo sea entre el 50% al 80% de la potencia nominal, ya que es el punto en el que funciona con mayor eficiencia.

- Voltaje máximo de entrada
 - Es necesario determinar el voltaje máximo de operación ya que de este parámetro depende la vida del inversor y determinara la configuración del sistema, también hay que tomar en cuenta el voltaje de flotación de carga del sistema de acumulación y el voltaje de corte para la protección por baja carga con sus respectivos intentos de reinicio.

- Voltaje de salida.
 - Es necesario que a la salida del inversor se presente baja variación de los niveles de voltaje para evitar daños a los equipos que le conectemos.

- Se debe indicar que la onda de salida del inversor sea pura y no rectificadas pero en sistemas pequeños en donde la energía es muy pequeña se puede aceptar que sea de onda rectificada ya que el equipo de onda pura tiene un alto consumo interno de operación.

- Tomando en cuenta que el inversor va a estar operativo en el mayor tiempo posible, es necesario que el consumo interno cuando el equipo está en stand by o encendido listo para recibir carga sea muy bajo.

- Puesto que el inversor no debe trabajar con cargas muy bajas con respecto a su potencia nominal es necesario pedir en las especificaciones técnicas que el equipo tenga un sistema de detección de baja carga para su encendido.

- Protección de polarización inversa con fusible.
- Apagado del equipo a 75°C con reinicio automático menor a 70°C.
- Protección contra cortocircuito.
- Dado que existen lugares húmedos en el área de servicio de la EEQ se debe especificar que sean equipos tropicalizados con certificación de fábrica.
- Humedad de funcionamiento 95% sin condensación.
- Ventilación forzada a partir de 45°C +/- 5°C.
- Garantía del equipo al menos 2 años.
- Indicadores visuales de estado de las baterías y del equipo.
- THD < 3%.
- Al ser un elemento electrónico es lógico que genere armónicos, por lo que se debe poner un límite de armónicos producidos de un valor porcentual menor a una fracción de la onda fundamental.
- $n = 85 - 97\%$.
- Certificados internacionales.

El rendimiento empeora cuando trabajan con cargas menores al 50% de la potencia nominal para el que están preparados.

La potencia máxima que pueden entregar disminuye cuando el factor de potencia no es 1.

3.2.3.4 Disposición de los paneles

De acuerdo a los niveles voltaje y a los niveles de corriente que se requiere se deben seleccionar la disposición de los paneles ya que de esto dependerá el nivel de voltaje que se quiere obtener del sistema o la corriente del mismo. Un aspecto importante es la intensidad de la corriente que se puede manejar.

3.2.3.4.1 Número Máximo de Módulos por Ramal (Paneles en serie)

Si existe un fallo en la red puede ser que el inversor reciba una tensión de circuito abierto mayor a la tensión máxima del inversor provocando una avería en el mismo o dejándolo sin arrancar, por esto la tensión máxima de entrada del inversor debe ser mayor a la tensión de circuito abierto de los módulos a baja temperatura.

Para ello se han determinado el siguiente método de cálculo para la configuración del sistema.

$$N_{max} = \frac{V_{max}(inv)}{V_{oc}}$$

Ecuación 3.8

Dónde:

N_{max} : Número máximo de módulos por ramal conectados en serie

V_{max} : Tensión máxima de entrada del inversor (V)

V_{oc} : Tensión a circuito abierto del módulo (V)

Número mínimo de módulos por ramal.

Para garantizar que el inversor no reciba tensiones por debajo de su valor mínimo y se apague se debe calcular el número mínimo de módulos que se debe conectar en serie, tomando en cuenta que el inversor actúa como un seguidor del punto de máxima potencia (pmp).

Entonces el número mínimo de módulos que se deben conectar en serie deben dar la tensión mínima del inversor así:

$$N_{mín} = \frac{V_{pmp}(inv)}{V_{pmp}}$$

Ecuación 3.9

Dónde:

$N_{mín}$: Número mínimo de módulos por ramal conectados en serie.

V_{pmp}: Tensión en PMP (V).

3.2.3.4.2 *Número de ramales en paralelo*

Para el cálculo del número máximo de ramales en paralelo se tomara en cuenta el aporte de las corrientes de todos los ramales hacia la corriente de entrada al inversor y que no puede exceder a la corriente máxima admisible del mismo.

La colocación de ramales en paralelo supone aumentar la corriente de entrada al inversor.

El número de ramales en paralelo se determina como el cociente entre la potencia pico del generador FV, P_{pmp, fv} y la potencia pico de un ramal, P_{pmp, ramal}.

$$N_{ramales} = \frac{P_{pmp, fv}}{P_{pmp, ramal}}$$

Ecuación 3.10

3.2.3.5 **Cableado**

Los cables internos de los paneles fotovoltaicos que salen desde la caja de conexión, deberán cumplir con al menos una de las normas: Código Eléctrico Ecuatoriano, NEC 2008 / UL Taype PV, UL 4703, USE-2, UNE 21123, UNE 20.460-5-52, UTE C 32-502. Los cables externos deberán ser aptos para operar a la intemperie según el Código Eléctrico Ecuatoriano, o la norma internacional IEC 60811, al menos con respecto a la temperatura y la protección contra rayos UV. Para mayor facilidad en la instalación es mejor especificar que cumplan con la norma ASTM – B3.

Con respecto a los esfuerzos mecánicos de los cables se recomienda que se pida cable multiconductor con relleno de fibras de polipropileno que a más de

presentar mejores propiedades aislantes funcionan mejor ante esfuerzos mecánicos y son más manejables que el encauchetado.

Las secciones de los conductores deben ser tales que se cumplan con las siguientes caídas de tensión en condiciones de máxima corriente:

Tabla 3.4 – Caídas de tensión máximas las secciones de un sistema solar fotovoltaico

Caídas de tensión permisible en SSFV	
Tramo	Max %
Paneles-Regulador	3
Regulador-baterías	1
Regulador-cargas	3
Baterías-inversor	0.5
Inversor-Cargas AC	2

(Elaborado por el Autor)

La distancia de la acometida que se debe tomar en cuenta para el dimensionamiento de los cables es aproximadamente 8m, hay que tomar en cuenta que en cada vivienda se tiene un caso específico por lo que las distancias de los paneles a la vivienda pueden llegar hasta los 10m.

Las fórmulas empleadas para el cálculo de las secciones serán las siguientes:

En corriente continua:	$S = \frac{2 * L * I * 0.0178}{\Delta V\%}$
En corriente alterna – trifásicas	$S = \frac{\sqrt{3} * L * I * 0.0178 * \cos\phi}{\Delta V\%}$

Ecuación 3.11

Siendo:

L: La longitud del conductor (m).

I: La intensidad del conductor (A).

$\Delta V\%$: Caída de tensión en línea máxima admisible en porcentaje.

$\cos\phi$: Ángulo de desfase entre la tensión e intensidad o factor de potencia.

3.2.3.6 Protecciones y Diagrama Unifilar

Es importante realizar el diagrama unifilar y el de ubicación para ejecutar la instalación en los lugares más adecuados en donde se haya realizado el respectivo estudio para su correcta instalación.

En este diagrama se deben especificar todos los dispositivos y elementos de protección con sus respectivos puntos de instalación en el sistema.

Las protecciones recomendadas son las siguientes:

1. En cada ramal DC de la instalación se coloca un fusible para el corte de elevadas corrientes en caso de un cortocircuito y para mantenimiento.
2. Para el acceso de los usuarios se debe colocar las protecciones termomagnéticas correspondientes a la salida AC del inversor y a la salida DC del regulador.
3. Adicionalmente se debe colocar un surge arrester a la entrada de los paneles solares en el regulador para mitigar altos voltajes que pueden dañar los equipos.
4. Es necesario aterrizar todos los equipos y entregar un punto de puesta a tierra a los usuarios para la protección de fallas en los equipos eléctricos.

3.2.3.7 Selección del Regulador de Carga

El regulador de carga es un dispositivo que se encarga de proteger a la batería y cortar a la salida la corriente DC, es importante tomar en cuenta la corriente que se va a necesitar a la salida del regulador y así especificar en base a las corrientes que se van a manejar.

Además el regulador de carga es el cerebro del sistema ya que debe ir conectado a un sistema de conteo para la medición del consumo de energía, esta función también se debe incorporar en el equipo.

Adicionalmente en las especificaciones técnicas también se debe especificar:

- Marca.
- Modelo.
- Procedencia.
- Si requerimos que sea compacta.
- Los datos que queremos que se despliegue en el panel indicador.
- Aviso sonoro de alarmas.
- Data Logger o almacenamiento de datos en memoria y procesamiento.
- Tipo de descarga de datos.
- Protección por sobre voltaje.
- Protección por bajo voltaje.
- Tipo de baterías que con las que va a trabajar.
- Nivel de protección IP.
- Tensiones de la batería compatibles (12v, 24v, 48v).
- Corriente máxima de paneles.
- Corriente máxima que puede proporcionar la carga.

Para un sistema se puede seleccionar distintos niveles de voltaje de operación que pueden ser 12v, 24v y 48vcc.

El nivel de voltaje con el que se va a trabajar dependerá del tamaño del sistema ya que con este parámetro se elige el calibre del conductor, a pesar que estas tensiones son nominales estos sistemas casi nunca operan a esas tensiones ya

que dependen mucho del estado de carga que puede hacer que el voltaje del sistema varíe entre 10v y 15v.

3.2.3.8 Selección de la Batería

Las baterías son uno de los componentes más sensibles en cuanto costo y durabilidad de un sistema aislado debido a la variación en su vida útil con respecto a la profundidad de descarga, su recuperación y ciclos de descarga.

Las baterías para sistemas solares deben ser cuidadosamente especificadas tomando en cuenta los ciclos de carga y descarga a las que se van a someter, la corriente necesaria que se requiere para el funcionamiento del sistema.

Además se debe considerar las siguientes especificaciones técnicas:

- Marca.
- Modelo.
- Tipo de electrolito.
- Profundidad de descarga admisible.
- Mantenimiento.
- Tensión nominal.
- Capacidad.
- Rango de temperatura de trabajo.
- Ciclos de descarga y el porcentaje.
- Tipo de terminales.
- Autodescarga.
- Vida útil y pérdidas de carga mensuales.
- Etiquetado o identificación.
- Fecha de fabricación.
- Garantía de fábrica.
- Certificados internacionales con las que cuenta el producto.

Las baterías selladas de plomo son un tipo de baterías especiales que contienen un electrolito retenido en un gel (baterías de gel), un electrolito absorbido en fibra de vidrio o en una fibra polimérica (batería AGM).

Las principales ventajas de estas baterías son:

- 1) Mayor tolerancia a la temperatura.
- 2) Ninguna o poca generación de hidrógeno.
- 3) No hay necesidad ni posibilidad de reponer el electrolito.
- 4) Libres de mantenimiento.

Las desventajas que se manejan con este tipo de baterías son:

- 1) Precio elevado.
- 2) Vida más corta.
- 3) Baja resistencia a la sobrecarga.
- 4) Ciclado diario muy poco profundo.

Algunos aspectos técnicos comparativos de baterías se detallan a continuación:

Tabla 3.5 – Características principales de los tipos de baterías

Tipo de batería	Tensión por vaso (V)	Tiempo de recarga	Autodescarga por mes	N.º de ciclos	Capacidad (por tamaño)	Precio
Plomo-ácido	2	8-16 horas	< 5 %	Medio	30-50 Wh/kg	Bajo
Ni-Cd (níquel-cadmio)	1,2	1 hora	20%	Elevado	50-80 Wh/kg	Medio
Ni-Mh (níquel-metal hydride)	1,2	2-4 horas	20%	Medio	60-120 Wh/kg	Medio
Li ion (ión litio)	3,6	2-4 horas	6%	Medio - bajo	110-160 Wh/kg	Alto

(Recopilado por el Autor)

Generalmente en las instalaciones solares se utilizan baterías Absorbed Glass Mat (AGM) por sus características técnicas.

En la Tabla 3.6 – Baterías Utilizadas en Instalaciones Solares se indica otros tipos de baterías que se utilizan en este tipo de instalaciones con sus ventajas y desventajas.

Tabla 3.6 – Baterías Utilizadas en Instalaciones Solares

(Recopilado por el Autor)

Las baterías tubulares estacionarias se las utiliza en sistemas en donde se requiere de descargas profundas y capacidades elevadas, como es el caso de instalaciones autónomas de viviendas.

Las baterías de gel son las indicadas para instalaciones solares de pequeñas dimensiones o de fácil mantenimiento en donde no se produzcan ciclos de descarga muy profundas. Como ejemplo en una instalación que alimenta un pequeño repetidor en lo alto de un monte.

A la hora de la instalación de las baterías se debe tomar la ventilación de estas, ya que su capacidad aumenta cuando sube la temperatura del ambiente y disminuye cuando baja la temperatura del lugar en donde está ubicado, pero con temperaturas altas el tiempo de vida útil disminuye drásticamente.

Cuando en el lugar de instalación de los acumuladores las temperaturas suelen bajar de 0°C se debe elegir un acumulador con mayor capacidad para prever problemas en su funcionamiento.

Como norma general se puede decir que por cada 10 grados de temperatura de operación de una batería, su vida en ciclos se reducirá a la mitad por lo que se debe instalar en un lugar con buena ventilación. La temperatura de operación ideal de una batería es de 20 a 25 °C.

Las baterías además desprenden hidrogeno que es un gas muy inflamable. Es necesario por lo tanto alejarlas de toda fuente inflamable.

Si se produce un cortocircuito en estas baterías fácilmente pueden alcanzar corrientes superiores a los 1000 amperios durante un corto espacio de tiempo.

En estas condiciones estas corrientes pueden fundir cables de secciones muy grandes y además produce grandes cantidades de hidrogeno muy explosivo, por lo tanto es necesario equipar las baterías siempre con fusibles en los terminales positivo y negativo. Estos fusibles se los debe montar lo más próximo a las baterías para que en ese caso el cortocircuito de la batería recorra la menor longitud posible.

Los fusibles que se instalen deben tener un poder de corte suficiente para poder eliminar esta altísima corriente.

Aparte de los elementos antes descritos se debe tomar en cuenta los siguientes agregados para garantizar una correcta instalación y buen funcionamiento de los sistemas:

- El sistema de medición de energía para el sistema comercial.
- Los elementos para el empate de los cables.
- Elementos para la sujeción de los cables.
- El armario en el que van los elementos con los respectivos accesos a los cuales van a tener los usuarios.
- Herramientas necesarias para la instalación de los sistemas.

3.2.4 PARAMETROS PARA LA ELECTRIFICACION CON SISTEMAS EOLICOS.

El Ecuador por estar situado en la zona tórrida del planeta presenta vientos locales por lo que estos pueden ser aprovechados para la electrificación de sistemas aislados. Actualmente se cuenta con un mapa eólico publicado por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) en su página web (MEER, 2014), sin embargo estos datos solo pueden ser utilizados como referenciales ya que para desarrollar un proyecto eólico es necesario tener datos muy finos, precisos y con periodos relativamente largos de medición.

3.2.4.1 Evaluación del Recurso Eólico

- El viento depende mucho de las estaciones climatológicas así como también de la noche y del día.
- Cuando en el lugar de estudio existen algunos relieves se pueden aprovechar a estos para determinar la velocidad el tiempo.
- Se debe realizar una campaña de medición para recolectar los datos suficientes para conocer las características del viento en el sitio.
- Los parámetros básicos de medición son la velocidad, la dirección y densidad del viento, temperatura y presión del aire. Cada uno de estos debe ser medido a una altura apropiada.
- Los datos meteorológicos deben ser precisos para estimar el potencial eólico real.
- Los equipos de medición utilizados para determinar el potencial energético del aire deben generar datos continuos en el tiempo y de buena calidad.
- El envío de las lecturas a una base de datos es importante, ya que así se puede almacenar datos por el lapso de un tiempo prudencial mayor a 2 años.

3.2.4.2 Velocidad del Viento

Este parámetro se obtiene mediante el anemómetro, estos datos son el mejor indicador de presencia de potencial eólico en el lugar.

Cuando los datos se los toma a distinta altura determinan las características del viento, lo que me permite hacer extrapolaciones a alturas de buje de diferentes aerogeneradores.

$$\frac{V_2}{V_1} = [h_1/h_2]^\alpha$$

Ecuación 3.12

Dónde:

V1 Velocidad tomada.

V2 Velocidad a calcular.

h1 Altura de medición de V1.

h2 Altura a la que queremos calcular la velocidad.

α Caracteriza al terreno con valores en el rango de 0.08 (superficies lisas) a 0.40 (terrenos accidentados).

$V_1 < V_2$

$h_1 < h_2$

Para determinar la dirección del viento se instalan veletas a distintas alturas, esta información se utiliza principalmente para el diseño de centrales eólicas.

3.2.4.3 Densidad del Aire

La energía cinética del viento es directamente proporcional a la masa por lo que se puede deducir que a mayor cantidad de masa de aire que se desplace a través

de los aerogeneradores, mayor será la energía capturada por los rotores, así se tiene que a presión atmosférica normal y 15°C de temperatura, 1 metro cubico de aire pesa más o menos 1,222 Kg

3.2.4.4 Área de Barrido del Rotor

El área de barrido de los álabes es un parámetro determinante a la hora de calcular la potencia que puede producir un aerogenerador, para ello los fabricantes de las palas ajustan los diseños a las condiciones específicas del lugar en donde se va a instalar los equipos, por la teoría de Betz solo se puede aprovechar el 60% de la potencia total del viento de entrada. Dado que el área de barrido del rotor aumenta con el cuadrado del radio una turbina dos veces más grande recibirá cuatro veces más energía.

El área de barrido del rotor viene dado por la formula $A=2*\pi*R^2$ en donde: R es el radio o la longitud de un aspa.

3.2.4.5 Tratamiento de Datos

Uso de software de procesamiento de datos, provisto por los vendedores de registradores de datos, pero también requiere de una inspección visual.

Para la toma de datos:

- Se mide la velocidad del viento en el sitio y en las estaciones meteorológicas cercanas en forma simultánea en un periodo de al menos 12 meses.
- A la hora de medir la velocidad del viento se lo debe realizar con un dispositivo que no exceda el 1% de error en las lecturas, caso contrario el dimensionamiento del parque eólico no será el correcto, obteniendo errores a diferentes altitudes luego de una extrapolación de hasta un 75%.

- Para evitar el efecto abrigo del viento es mejor escoger una torre de medición que no produzca ese efecto es decir tratar de no utilizar torres de tipo celosía, sino mejor torres cilíndricas delgadas con tensores.
- La mayoría de las mediciones son medias de 10 en 10 minutos por lo que se recomienda que las medidas se los haga de esta forma para evitar incompatibilidades con los diferentes programas.
- Si las condiciones climáticas son extremas, es decir existe mucha lluvia y escarcha entonces se debe ver la posibilidad de utilizar anemómetros calentados y para ello necesitaremos alimentación eléctrica.
- Una herramienta muy útil es la rosa de los vientos la misma que indica la dirección en la que el viento sopla la mayor cantidad de tiempo y también la magnitud de la velocidad del mismo.

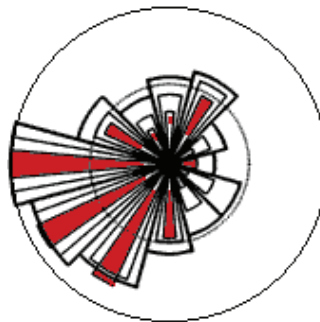


Figura 3.2 – Ejemplo de rosa de vientos
(CEDECAP, 2008)

En donde: La parte roja indica la dirección hacia donde se registran los vientos con mayor velocidad.

- También se puede trazar una rosa de rugosidades de acuerdo a la localización del punto en donde se quiere realizar las mediciones tomando como referencia los conceptos de valores de rugosidades.
- Los datos recolectados deben ser comparados con datos estadísticos para una validación preliminar.
- Se predice el recurso eólico a largo plazo con los datos de la estación meteorológica y su relación con los datos del sitio.

3.2.4.6 Análisis de Datos del Viento

- La información que se espera conseguir es la actual y la proyectada en el tiempo con la que se espera que trabaje en el tiempo.
- De acuerdo a las diferentes estaciones meteorológicas ubicadas por el INAMHI en el área de servicio de la EEQ S.A., se tiene datos referenciales.
- Las mediciones del viento en un intervalo de tiempo da un modelo de distribución de Weibull como se vio en el capítulo 2, en donde claramente indica los valores de velocidad de viento medios más probables que se puede tener en el día.
- Si existe la presencia de un acantilado no es recomendable instalar aerogeneradores en las proximidades de los acantilados ya que el acantilado creara un efecto turbulento frenando el viento y aumentando el desgaste de los aerogeneradores como consecuencia de la turbulencia.
- La turbulencia también puede ser provocado por las rugosidades de la superficie del terreno así como también por la presencia de edificios altos.
- Hay diferentes formas de calcular la incidencia de los obstáculos según su altura, ancho y distancia a los aerogeneradores, en la velocidad del viento.

3.2.4.7 Elección del Aerogenerador

3.2.4.7.1 *Por su tamaño*

Por costos de cimentación e instalación, los aerogeneradores más grandes pueden ser mucho más económicos relativamente, y para instalaciones en el mar los costos de instalación no se encarecen de acuerdo al tamaño de la maquina además en aéreas en donde no se pueden colocar más de una turbina es eficiente instalar una sola turbina grande.

Con respecto a los aerogeneradores pequeños se los puede aprovechar en lugares en donde las redes eléctricas son demasiado débiles ya que no pueden

transmitir la potencia de generación y además las fluctuaciones de las maquinas se sienten en menor intensidad en la red, el costo por el uso de grandes grúas para su instalación disminuye notablemente, aumenta la confiabilidad en el sistema ya que en el caso de fallo de una maquina no es necesario la suspensión del servicio debido a que las otras pueden seguir generando y con respecto a la estética las maquinas más pequeñas por tener un giro de operación más rápido llaman mucho más la atención que las grandes.

3.2.4.7.2 *Por su potencia*

Un parámetro importante a la hora de elegir la potencia de un aerogenerador es la demanda a la cual va alimentar o la energía que se requiere en una unidad de tiempo.

La potencia bruta disponible del viento se calcula de así:

$$P_v = 0,5 * 1,225 * v^3 \text{ (w/m}^2\text{)}$$

Ecuación 3.13

De estos valores de potencia que se tiene según la ley de Betz la potencia que se puede aprovechar es menor al 59%.

Ahora para el cálculo de la potencia del rotor que se requiere especificar tenemos que:

$$P_{rotor} = \frac{1}{2} * \rho * C_p * \pi * R^2 * V_w^3$$

Ecuación 3.14

Dónde:

ρ = Densidad del aire.

C_p = Rendimiento del rotor.

R = Radio del rotor o longitud de las palas.

V_w = Velocidad del viento.

3.2.4.7.3 Por la conexión

Tomando en cuenta que en la actualidad existen sistemas de generación eólica en ac y dc se debe tomar en cuenta los equipos de conversión de energía y el sistema de almacenamiento según sea el caso similar a los sistemas fotovoltaicos.

En el mercado se puede encontrar aerogeneradores en ac y dc, en el caso de la electrificación aislada necesariamente serán aerogeneradores en corriente continua para que el sistema de almacenamiento pueda ser acoplado.

3.2.4.7.4 Por las características del terreno

En los lugares en donde hay baja rugosidad del terreno se puede utilizar torres bajas a un tamaño inclusive de 0,75 el diámetro del rotor pero generalmente en tierra firme se instalan torres de hasta una altura igual a un diámetro del rotor.

Para la especificación del rotor se debe tomar en cuenta la rugosidad del terreno debido a que el viento disminuye su potencia en terrenos que presentan alta rugosidad como se indica en la Tabla 2.6 – Rugosidad del suelo de acuerdo a los obstáculos

Los fabricantes de sistemas eólicos actualmente ofrecen una gran variedad de equipos completos para generación eólica pensada en la electrificación rural aislada.

Estos equipos ya tiene un diseño completo del sistema de tal forma que el único requerimiento es el acople del sistema de acumulación y del respectivo controlador de carga muy similar al sistema de generación solar.

En la Figura 3.3 Especificaciones técnicas de un sistema para generación eólica. Se indica un ejemplo de especificaciones técnicas que presenta el fabricante en equipos para generación eólica presentes en el mercado.

Especificaciones técnicas de generador eólico	
Energía	40 kWh al mes a 6.0 m/s
Área de barrido	1.07 m ²
Diámetro del rotor	1.17 m
Peso	5.9 kg
Dimensiones del empaque	686 mm*318 mm*229mm
Viento de Inicio	3.1 m/s
Voltaje	12.24 y 48 VDC
Controlador de turbina	Regulador interno inteligente con microcontrolador
Material de fabricación carcasa	Aluminio
Astas	3 de compuesto moldeado
Alternador	Imanes permanentes sin escobillas
Protección de sobrevelocidad	Control Electrónico de torque
Velocidad del viento de ruptura	49.2 m/s

Figura 3.3 Especificaciones técnicas de un sistema para generación eólica.

3.2.5 PARAMETROS PARA LA ELECTRIFICACION CON BIOMASA

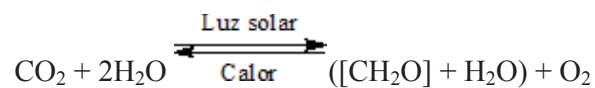
La energía a analizar es aquella que ha sido recolectada más recientemente en la materia que por medio de la combinación de varios elementos químicos y con la

ayuda de la energía solar se presenta con un alto contenido energético asociado como se indica en la siguiente ecuación química:



Ecuación 3.15

El aprovechamiento de la biomasa es la inversa de la fotosíntesis.



Ecuación 3.16

Cada átomo gramo de carbono (14gr) absorbe 112kcal de energía solar, que es la energía que se recupera al final.

La energía neta disponible en la biomasa por combustión es de alrededor de 8MJ/kg para la madera verde, 20MJ/kg para la materia vegetal seca en horno, 55MJ/kg para el metano; en comparación con cerca de 23 a 30MJ/kg para el carbón. La eficiencia del proceso de la conversión se determina cuánto la energía real puede ser utilizada en forma práctica.

Para el estudio de este proyecto solo se tomara en cuenta los datos para el metano.

A pesar de los datos antes descritos la utilización de este recurso es demasiado bajo en la actualidad pero se está considerando como la energía del futuro.

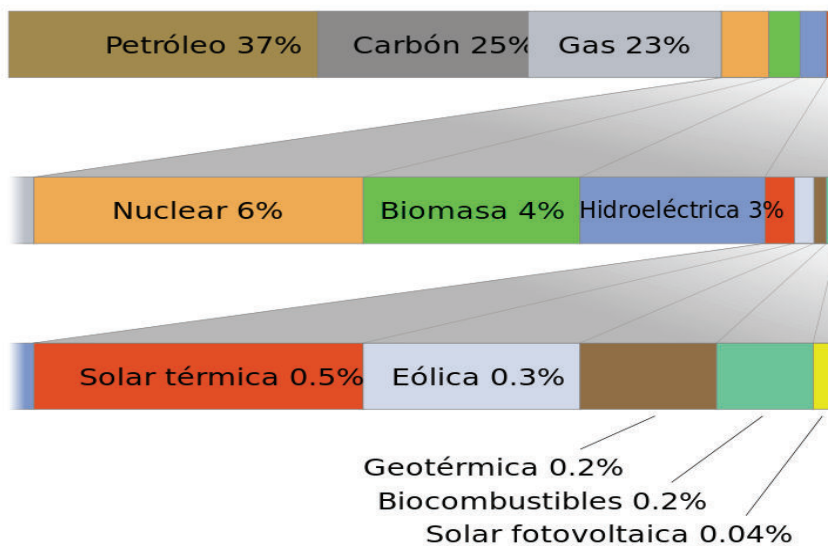


Figura 3.4 – Consumo energético en el mundo
 (Recuperado de http://commons.wikimedia.org/wiki/File:World_energy_usage_width_chart-es.svg?uselang=es)

3.2.5.1 Cálculo del Potencial de la Biomasa

- En primera instancia se debe evaluar la cantidad de materia orgánica aprovechable que se puede recolectar en el lugar.
- Hay que tomar en cuenta la composición de la materia orgánica.
- Una vez con los datos de la cantidad de materia orgánica que se puede recolectar en el sitio se puede caracterizar esta materia y consecuentemente calcular la cantidad de energía que se puede aprovechar.
- Otro aspecto importante es la cuantificación de la materia orgánica extra que se puede aprovechar si se realiza una socialización con los lugareños.
- Con el procedimiento en los puntos anteriores se puede determinar la cantidad de energía a obtener y la cobertura de la demanda que se alcanzaría.

De todos los procesos citados en el numeral 2.2.4.1 solo se tomara en cuenta el proceso de extracción de energía mediante la digestión anaerobia puesto que en los sectores rurales del área de servicio de la EEQ S.A. la materia orgánica más común es el estiércol del ganado.

Por concepto de sostenibilidad no se recomienda los demás procesos de extracción de energía debido a que puede producir efectos negativos en el medioambiente, y no apegarse al concepto de energía limpia y coherente con la conservación del medioambiente.

Puesto que la variación en la naturaleza del estiércol también provoca una variación en el contenido de sustratos y por consiguiente una variación en el poder calórico del biogás que se obtiene del biodigestor, en la Tabla 3.7 – Composición del Gas para las Diferentes Aplicaciones se presenta las aplicaciones en los diferentes procesos que se le pueden dar al biogás para la generación de energía eléctrica.

Tabla 3.7 – Composición del Gas para las Diferentes Aplicaciones

Aplicación	Composición			
	H ₂ S	CO ₂	H ₂ O	Trazas
Motor estacionario	<1000ppm	no	no	Si (ej. siloxanos)
Microturbinas	<70000ppm	no	si	Si (ej. siloxanos)
Cogeneración	<1000ppm	no	Evitar la condensación	Si (ej. siloxanos)
Motor vehiculos	si	si	si	Si
Pilas combustibles	<0.1ppm	No, es diluyente	no	Si (ej. siloxanos)
Inyeccion red de gas	si	si	si	si

(CEDECAP, 2008)

Puesto que estos procesos presentan diferentes eficiencias se ha de determinar el más óptimo.

La eficiencia de una turbina a gas esta alrededor del 33%.

La eficiencia de un motor de combustión interna con biogás está en el rango del 25 al 30 %.

Si se quiere generar energía eléctrica aprovechando la materia orgánica es necesario determinar el diseño del sistema de generación que se puede utilizar, pero este hecho hace que el rendimiento del sistema baje significativamente, incrementando el costo de la implementación del sistema de generación así como también el costo de generación disminuyendo su capacidad de competir frente a las otras fuentes de generación.

Es por esto que el aprovechamiento de la biomasa es más eficiente si se lo utiliza directamente como fuente energética con el menor número de procesos de transformación de energía, pero si se tiene el recurso suficiente se puede llevar a cabo este tipo de proyectos.

En la mayoría de la biomasa que se ha tomado como estudio, el poder calorífico inferior es de unas 3200 kcal/kg lo que da un estimado de unos 3,7 kWh, así entonces para un rendimiento de la biomasa de un 30% se obtiene una energía de 1,1 kW-h.

$$E_o = 3.7kWh * 0.3 = 1.1kWh \text{ por kg de biomasa}$$

Ecuación 3.17

Dónde:

E_o : es la energía que se puede extraer de un kilogramo de biomasa.

La eficiencia del sistema de generación determinara la energía eléctrica final que se puede obtener de cierta cantidad de biomasa.

$$E_t = E_o * E_f$$

Ecuación 3.18

Dónde:

Et: es la energía total que se obtiene del sistema.

Eo: es la energía que se puede extraer de la biomasa.

Ef: eficiencia del sistema de generación.

Se debe tomar en cuenta que la tala de bosques tiene sus limitaciones legales entonces este tipo de biomasa queda descartado. Mientras que existe biomasa que no se aprovecha y al contrario se emite al ambiente incrementando de gran manera la contaminación, así se tiene: Estiércol animal, Desechos de faenamiento y rumen que es el principal recurso que se encuentra en los sectores rurales.

3.2.6 PARAMETROS PARA LA ELECTRIFICACION CON PEQUEÑAS CENTRALES HIDRAULICAS.

La utilización de microcentrales y picocentrales hidráulicas para la electrificación rural aislada se puede desarrollar si cumple con las siguientes condiciones:

1. El recurso energético que se va aprovechar debe estar cerca de la carga de modo que el sistema de electrificación no requiere distancias largas de redes y resulte demasiado costoso.
2. El recurso que se va aprovechar debe ser suficiente para cubrir la demanda requerida por la carga.
3. Si existen varias viviendas cercanas unas de otras se debe hacer el dimensionamiento del sistema de generación para todas estas viviendas.
4. Se debe tomar en cuenta que dada la tecnología actual es posible instalar microcentrales de baja capacidad y que pueda alimentar a pequeñas cargas como la de una sola vivienda.

La inversión en la construcción de minicentrales, presentan costos inferiores relativos en obra civil en comparación a las centrales hidráulicas más grandes. Los costos aproximados relativos en los equipos de una microcentral hidráulica se presentan en la Figura 3.5.



Figura 3.5 – Costos de los componentes de una microcentral (CEDECAP, 2008)

Hay que tomar en cuenta que la posibilidad de energizar una zona con una central hidráulica lleva necesariamente a la utilización de redes que en el caso de que las viviendas sean muy dispersas entonces por el costo del proyecto no sería viable su ejecución.

3.2.6.1 Estimación de la Demanda

Para el dimensionamiento de estos sistemas de generación el cálculo de la demanda se lo realizara con el método descrito en el numeral 3.2.2 que es el que se utilizara para sistemas de generación aislada.

Además de la estimación de la demanda es necesario tomar en cuenta algunos aspectos importantes como:

- Proyección de la población en la zona.
- Proyección del número de viviendas en el lugar.
- El aumento del desarrollo comercial.

Dado que generalmente en estas zonas no existe ningún tipo de desarrollo industrial, este parámetro no se tomara en cuenta para la estimación de la demanda pero si el hecho de que los habitantes generalmente se proyectan a realizar alguna actividad comercial una vez que cuenten con el suministro de energía eléctrica.

3.2.6.2 Mediciones

Para una estimación preliminar de la potencia se puede comenzar con la cuantificación del recurso disponible, entonces así se puede realizar algunas mediciones preliminares con métodos sencillos.

En el numeral 2.2.5.2 se cita algunos métodos prácticos para la medición de la altura, la misma que define la energía potencial que se aprovecha para la generación eléctrica.

Para la medición del caudal del afluente se han citado algunos métodos de fácil aplicación, los mismos que se citan en el numeral 2.2.4.3.

3.2.6.3 Estimación Preliminar de la Potencia

Dada la geografía del área de servicio de la Empresa Eléctrica Quito S.A., se pueden encontrar varios sitios en donde es posible la instalación de unas pequeñas centrales hidráulicas, por esta razón en forma generalizada se puede hacer cálculos preliminares de la potencia que se puede aprovechar con dichos recursos de la siguiente forma:

$$Ph = K * H * Q * \eta$$

Ecuación 3.19

En donde:

Ph es la potencia teórica aprovechable.

K es el peso específico del agua.

H es la altura que se puede obtener al conducir el líquido a turbinar con el menor gradiente posible.

Q es el caudal que tiene el afluente.

η es el rendimiento de la turbina.

3.2.6.4 Selección de la turbina

Para obtener un buen aprovechamiento la potencia que me puede entregar un afluente es necesario escoger el tipo de turbina de acuerdo a las características específicas del sitio, así se tiene una evaluación de acuerdo a la altura que se tiene disponible del recurso agua como se indica en la siguiente figura:

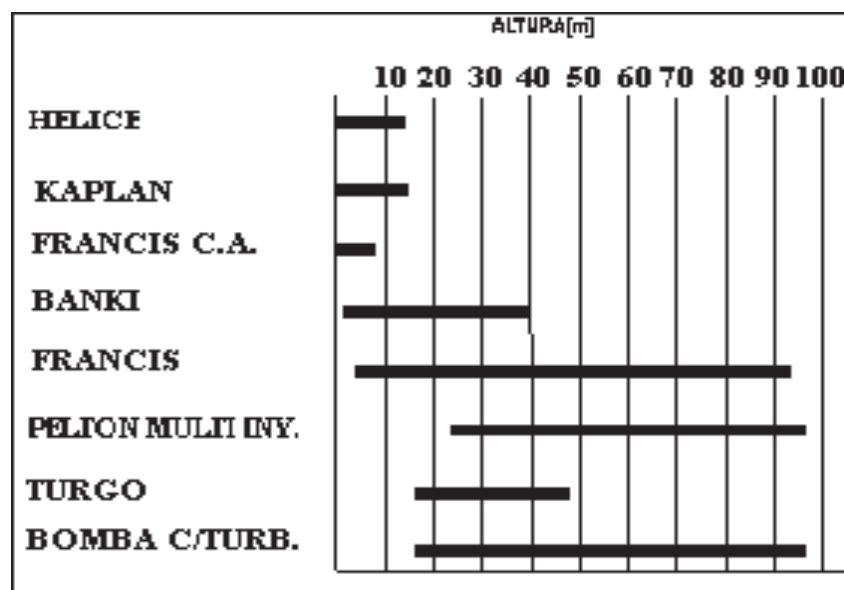


Figura 3.6 – Tipos de Turbinas recomendadas de acuerdo a la altura
(CEDECAP, 2008)

A las turbinas que se las instalan en un chorro de alta presión de agua se las denomina turbinas de acción mientras que a las turbinas que aprovechan la presión normal del agua se las denomina de reacción.

Una vez determinada la altura se escoge el tipo de turbina como se indica en la Tabla 3.8 – Tipos de Turbinas según el salto.

Tipo de turbina	rango de salto en metros
Kaplan y hélice	$2 < H < 20$
Francis	$10 < H < 350$
Pelton	$50 < H < 1300$
Michell-Banki	$3 < H < 200$
Turgo	$50 < H < 250$

Tabla 3.8 – Tipos de Turbinas según el salto
(Recopilado por el Autor)

La velocidad que se requiere para mover el grupo turbina generador también puede determinar el tipo de turbina que se utilizará ya que en algunos casos se puede acoplar directamente el generador a la turbina, dependiendo de estos parámetros el fabricante realiza sus diseños en las mismas.

3.2.6.5 Selección del Generador

Para sistemas de generación como microcentrales es aconsejable la utilización de máquinas sincrónicas, ya que con las máquinas asincrónicas es necesaria la instalación de un sistema que ayude a controlar el voltaje y aumenta el costo del sistema.

3.2.6.5.1 Generador de Inducción

La utilización de generadores de inducción ayuda a la confiabilidad del sistema.

- Ventajas: Disponibilidad, Costo, Solidez.
- Desventajas: Rangos de voltaje, Cálculos requeridos, Arranque de motores.

A la hora de elegir un generador asincrónico se debe tomar en consideración los siguientes puntos:

- Rangos de Voltaje
- Frecuencia
- El Número IP
- Clase de aislamiento
- Potencia Nominal

3.2.6.5.2 *Generador Sincrónico*

El generador sincrónico es más costoso y requiere de la especificación de algunos parámetros específicos de acuerdo al lugar y el tipo de utilización.

Para un lugar aislado se debe contar con un sistema de regulación de voltaje adecuado para su funcionamiento eficiente.

Cuando consideramos una pequeña central con un generador sincrónico se debe tomar en cuenta los siguientes inconvenientes:

- Los alternadores estándar de fabricación actual son de un solo cojinete, por lo que para el uso con turbina, se debe hacer un pedido especial con dos cojinetes.

- La velocidad debe ser mantenida en rangos estrechos de regulación, comúnmente se acepta una caída de velocidad del 5%, de lo contrario se presenta exceso de calentamiento por sobreexcitación.
- La relación aproximada de pesos en los generadores especiales, y por lo tanto de costo, es:

1800 rpm	peso 100%
1200 rpm	peso 230%
900 rpm	peso 350%
720 rpm	peso 500%
600 rpm	peso 580%

Finalmente por calidad de energía es más recomendable que se utilice un generador sincrónico ya que al no tener conexión a la red resulta muy fácil que los voltajes varíen en forma drástica.

3.3 CRITERIOS GENERALES PARA EL PREDISEÑO DEL PROYECTO RECOMENDADO PARA EL SUMINISTRO ELÉCTRICO DE LA ZONA

Toda vez que se han determinado los parámetros necesarios para llevar a cabo un proyecto de electrificación, se citan algunos criterios para la realización de un prediseño del proyecto:

- Cálculo de la demanda a la que se desea alimentar.
- Potencial del recurso para el dimensionamiento del sistema de generación.
- Viabilidad técnica para la ejecución del proyecto.

- Análisis de la oferta y la demanda de la energía disponible.

- Sostenibilidad del proyecto.

- Ejecución del proyecto.

3.3.1 DEMANDA DE LA CARGA

Se han determinado dos métodos para el cálculo de la demanda que se utilizara en el diseño de los sistemas de electrificación.

En el numeral 3.2.1 se indica el procedimiento que realiza la EEQ S.A. para el cálculo de la demanda con fines de electrificación con extensión de red.

Puesto que los sistemas aislados de generación eléctrica no tienen respaldo de otras fuentes de generación, estos sistemas deben ser dimensionados de tal forma que cubran con la energía requerida por el usuario. Por este concepto es necesario socializar el proyecto para informarles a los usuarios de los limitantes que se tiene con estos sistemas aislados de generación.

Por todo lo expuesto anteriormente en el numeral 3.2.2 se ha determinado un método de cálculo de la demanda para la realización de proyectos de electrificación rural aislada.

3.3.2 DISPONIBILIDAD DEL RECURSO ENERGETICO PARA LA APLICACION DE LOS SISTEMAS DE GENERACION CON LAS DISTINTAS TECNOLOGIAS

Una vez que se ha realizado la valoración de los recursos naturales disponibles se define si la tecnología de electrificación es aplicable al sector.

Si el recurso energético no es suficiente para cubrir la demanda de energía o peor aún no existe, entonces de plano se descarta esa tecnología como opción de energización.

3.3.3 SISTEMAS Y SUBSISTEMAS

Al tratarse de sistemas no atendidos en su totalidad se debe implementar subsistemas que garanticen la operatividad de las instalaciones, así se tiene la implementación de sistemas Scada, centros de monitoreo, centros de recarga energética, programas de capacitación, etc.

3.3.4 FLUJO DEL PROCESO

Cuando se toma el recurso energético como energía primaria, la conversión de este recurso energético a energía eléctrica conlleva varias fases en este proceso, lo que determina las pérdidas del sistema de generación. Dicho esto es vital para el proyecto, que el diseño de los sistemas de generación no presente muchas fases de conversión de energía en el proceso.

3.3.5 VIABILIDAD DEL PROYECTO

Dado que se trata de nuevas tecnologías que aún están en desarrollo es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos para que el proyecto sea viable:

- Viabilidad económica

Por la tecnología que representan los equipos para la generación con energías alternativas los costos son más elevados en comparación con los métodos de

electrificación tradicionales por lo que es necesario buscar las fuentes de financiamiento suficientes.

➤ Factibilidad comercial

A pesar que en el mercado se encuentran los equipos que conforman los sistemas de generación aislada propuestos es necesario averiguar la disponibilidad de estos equipos en el país y su comercialización para su adquisición.

➤ Viabilidad humana u operativa

La EEQ S.A necesita disponer de personal capacitado para la instalación, el mantenimiento y la operación de los sistemas por lo que es necesario capacitar al personal de la empresa para sostener el proyecto en el tiempo.

➤ Viabilidad biológica o ecológica

Los sectores rurales del área de servicio de la EEQ S.A. presentan un paisaje ecológico rico en flora y fauna, por lo que es una obligación social tomar en cuenta el impacto medioambiental por la implementación del proyecto.

3.3.6 INGENIERÍA DE DETALLE

En la ingeniería de detalle se identificarán todas las especificaciones de los equipos que formarían parte del sistema de generación, con sus respectivas instalaciones, posiciones, etc. Prácticamente es una foto del sistema como va a quedar.

3.3.7 PRESUPUESTO REFERENCIAL

Se debe contar con un presupuesto referencial un poco más alto del valor calculado inicialmente, para así poder cubrir gastos extras no presupuestados.

3.3.8 ESPECIFICACIONES

Para la contratación de la obra se deben tener todas las especificaciones de los equipos a instalar tratando de cubrir el menor detalle ya que una vez realizada la contratación los cambios de última hora representan un alto costo y hasta el fracaso del proyecto.

3.4 DEFICIENCIAS ENCONTRADAS Y PROPUESTAS PARA LA SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO

De la experiencia de otros proyectos se puede plantear soluciones a las deficiencias encontradas y emplearlas en proyectos futuros así como realizar propuestas para la sostenibilidad del proyecto.

3.4.1 DEFICIENCIAS TECNOLÓGICAS

- Uso de tecnología desconocida para los usuarios.
- Poca experiencia profesional en este tipo de proyectos.
- Falta de normativas nacionales consecuentes con las internacionales.
- Los equipos instalados no son probados en fases anteriores.

- Instalaciones defectuosas.
- Leyes reglamentos y normativas.
- Servicios básicos y comunitarios
- Tipo de Subsidios.

3.4.2 SOSTENIBILIDAD

- Mantenimiento y reposición de equipos.
- Gestión de residuos.
- Capacitación.
- Apoderamiento de los proyectos, participación de actores.
- Integración del contexto socio-económico, cultural y ambiental de la población.
- Usos productivos.
- Dimensionar según el sector del proyecto con sus necesidades.

3.5 EVALUACION ECONOMICA

3.5.1 PARAMETROS PARA LA EVALUACION ECONOMICA

Los siguientes aspectos han sido tomados en cuenta para definir los parámetros que serán utilizados en la evaluación económica:

- El gasto más importante en la ejecución de proyectos para la generación de energía eléctrica es la inversión inicial.
- Luego de la inversión se tiene los gastos de operación y mantenimiento.
- El interés que a pagar por concepto del préstamo, en el caso de que parte de la inversión inicial se financie con recursos externos.
- Para la rentabilidad del proyecto el principal valor es el de la venta de energía.
- La generación distribuida evita pérdidas en las redes por transporte de energía, así como también la construcción de líneas energéticas.
- Al evitar la construcción de líneas el impacto en el medio ambiente es más bajo, haciendo de este tipo de proyectos más amigable con el medio ambiente.

Por lo expuesto anteriormente se elabora los siguientes modelos de formatos para la valoración de los parámetros necesarios para la evaluación económica:

3.5.1.1 Ingresos

Tabla 3.9 – Ingresos por tipo de Generación

Ingresos		
Tipo de Generación	Venta de energía	Otro valor
Hidráulica		
Solar		
Eólica		
Biomasa		

(Elaborado por el Autor)

Considerando que estos proyectos son de tipo social más no de inversión se toman en cuenta los ahorros que genera la implementación del proyecto:

Tabla 3.10 – Ahorros generados con el desarrollo de los proyectos

Ahorros							
Tipo de Generación	Ahorros alimentación	Ahorros productivos	Ahorros salud	Ahorros Transporte	Ahorros por consumo de energía de mala calidad	Ahorros emisiones de CO2	Ahorros ambientales
Hidráulica							
Solar							
Eólica							
Biomasa							

(Elaborado por el Autor)

La cuantificación de los parámetros mencionados en el cuadro anterior se realiza en base a los datos extraídos de las encuestas o también se puede tomar los valores aproximados presentados en la Tabla 3.11 – Valoración de parámetros:

Tabla 3.11 – Valoración de parámetros

MEJORA EN LA CALIDAD DE VIDA	DESCRIPCIÓN DEL EFECTO	SUPUESTO	VALORACIÓN MENSUAL POR VIVIENDA (USD)
Alimentación	Eliminar pérdida de alimentos mediante la refrigeración	Se elimina la pérdida de al menos un producto alimentario al mes: pescado, carne, vegetales	2
Procesos productivos	Ampliación de posibilidades de producción en varios oficios: sastrería, carpintería, peluquería, etc	Al menos en dos de cada diez viviendas se pueden incrementar los ingresos mensuales en 50 USD a través de el comercio de mercancías producidas con ayuda de electricidad	10
Salud	Se reducen las enfermedades respiratorias causadas por la combustión de leña y mecheros	Al menos en 1 de cada diez viviendas se evita un gasto de USD 10 causados por una enfermedad respiratoria	1
Salud	Oportunidad de instalación de plantas de tratamiento o bombeo de agua	Al menos en 1 de cada diez viviendas se evita el gasto de USD 10 en enfermedades derivadas del consumo de agua no apta.	1
Procesos productivos	Aumento de productividad por el uso de electricidad	Al menos en 3 de cada diez viviendas se incrementa en 10 USD la productividad.	3
Transporte	Aumento de productividad por el uso de electricidad	Al menos se reduce cuatro movilizaciones con el costo de 0.25 USD al mes por cada vivienda	1
TOTAL			18

(CONELEC, 2005)

3.5.1.2 Ahorros por Consumo de Energía de Mala Calidad

Tabla 3.12 – Valoración de Parámetros

Recurso a ser sustituido	Cantidad usada al mes	Unidad	Costo Unitario (USD)	Costo al mes (USD)
Velas	25	Unidad	0.2	5
Mecheros (combustible)	2	Litro	1	2
Baterías	6	Unidad	0.8	4.8
TOTAL	33		2	11.8

(CONELEC, 2005)

Sin embargo de la encuesta realizada a los habitantes que van a recibir el servicio se obtiene valores más reales para este cálculo.

3.5.1.3 Ahorros por emisiones de CO2

Los CERs (Certificados de emisiones de reducciones son negociados en la bolsa de valores internacional), los mismos que se obtienen de los proyectos calificados como MDL (Mecanismos de Desarrollo Limpio) y son los que definen el precio de los certificados de emisiones.

Actualmente el precio de los CERs ha caído notablemente como se puede apreciar en la siguiente figura:

Tabla 3.13 – Valores en el Mercado CER's

Precios CO2 en el mercado internacional 09/07/2013				
Precios	EUA (Spot)		CER (Spot)	
	4,12	€	0,52	€
Cierre	-1,9	%	-5,45	%
Máximo	4,25	€	0,55	€
Mínimo	4,05	€	0,5	€
Media (30 días)	4,36	€	0,51	€
Volumen Día	0		0	
Volumen Año	0		0	

(SEDECON, 2013)

Tomando en cuenta el componente energético de nuestro país, aproximadamente 1Kwh = 500gCO₂.

Con los datos indicados anteriormente se puede calcular el ahorro por emisiones de CO₂.

3.5.1.4 Ahorros Ambientales

En las zonas rurales del área de servicio de la Empresa Eléctrica Quito existen bosques primarios que albergan a una gran cantidad de especies vegetales y animales. El hecho de llevar una línea por medio de estos bosques requiere la tala de árboles y el corte de plantas endémicas de la zona, por lo que representa un impacto en el ecosistema del lugar y por consiguiente tiene un costo.

Tabla 3.14 – Afectación al medio ambiente por la realización de este tipo de proyectos

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
revegetacion de areas afectadas	m2			

(Elaborado por el Autor)

3.5.1.5 Egresos

Entre los principales valores que se definen como egresos son los citados en la Tabla 3.15 – Egresos considerados en los proyectos:

Tabla 3.15 – Egresos considerados en los proyectos

Egresos				
Tipo de Generación	Inversión	Operación y mantenimiento	Reposición de equipos	Otros valores
Hidráulica				
Solar				
Eólica				
Biomasa				

(Elaborado por el Autor)

3.5.1.6 Flujo de caja

Un modelo del esquema de los flujos de caja se presenta en la Tabla 3.16 – Modelo de Flujo de Caja Propuesto para los Proyectos:

Tabla 3.16 – Modelo de Flujo de Caja Propuesto para los Proyectos

Flujo de Caja							
AÑOS	0	1	2	3	4	5	n
Ingreso por venta de energía							
Ahorros alimentacion							
Ahorros productivos							
Ahorros salud							
Ahorros transporte							
Ahorros consumo de energía de mala calidad							
Ahorros por emisiones de CO2							
Ahorros medioambientales							
Otros ahorros							
EGRESOS POR O&M (anual)							
EGRESOS POR MTO. MAYOR(reposicion de equipos)							
Otros Egresos							
EGRESOS TOTALES							
UTILIDAD OPERATIVA							
DEPRECIACION							
UTILID. ANT. DE IMPUEST.(iva - ize para energia no aplica)							
IMPUESTOS							
UTILIDAD NETA							
FEN P = UT.NETA + DEP							
INVERSION							
FEN (Flujo Efec.Net)							
FEN ACUM							
FEN DESCONTADO(lo que pierdo por no tener en el banco)							
FEN DESC. ACUMULADO							

(Elaborado por el Autor)

Tabla 3.17 – Resultados de Indicadores Financieros

RESULTADOS	
Indicador	Valor
TREMA	
VPN	
TIR	
PRI S V D T	
PRI C V D T	
VPN/INV	

(Elaborado por el Autor)

3.5.2 INDICADORES FINANCIEROS

3.5.2.1 VAN

La metodología consiste en actualizar mediante una tasa todos los flujos de caja. Y a la sumatoria de estos valores actualizados le descontamos la inversión obteniendo el Valor Actual Neto del Proyecto (VPN).

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Ecuación 3.20

Dónde:

V_t representa los flujos de caja en cada periodo t .

I_0 es el valor de desembolso inicial de la inversión.

N es el número de periodos considerado en la inversión.

3.5.2.2 TIR

El cálculo de TIR se lo realizara con la siguiente ecuación:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+TIR)^t} - I_0 = 0$$

Ecuación 3.21

4 APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA PARA LA ELECTRIFICACION CASO ESPECIFICO CHIRIBOGA

En este capítulo se desarrollará el proyecto de electrificación de la zona Chiriboga tomando como guía la metodología desarrollada en el capítulo 3 del presente trabajo.

4.1 INFORMACION GENERAL Y SOCIOECONOMICO DE LA ZONA CHIRIBOGA

4.1.1 ANTECEDENTES

El recinto Chiriboga está ubicado en las estribaciones occidentales del Volcán Pichincha ubicada en la antigua vía a Santo Domingo de los Tsáchilas, pertenece jurídicamente a las parroquia de Lloa y al distrito metropolitano de Quito, en la actualidad son 430 personas residentes. Está ubicada a una altura que oscila entre las 1800 y 2500m de altitud m.s.n.m.

Geográficamente está ubicado a 0° 15' 0" Sur, 78° 44' 0" Oeste del Centro poblado principal.

La población que habita en el lugar es oriunda de Chimborazo, Guayas, Los Ríos, Bolívar, Centro de Lloa, Chillotallo.

La zona Chiriboga está compuesta por varios recintos: La Paz, El Líbano, El Virginia, Zapadores, Cedros, Guarumal, Saloya, San Juan, El Rublo.

La actividad productiva de su población es eminentemente maderera, agrícola y ganadera, la presencia del SOTE y varias estaciones de control de presión y bombeo la marcan como un sector de la industria petrolera la misma que no es de mayor beneficio del sector.

El número de hijos por familia es de un promedio de 5.

Está ubicada a 28 Km medido desde la Av. 24 de Mayo de la ciudad de Quito. La única vía de acceso es la antigua carretera a Santo Domingo de los Tsáchilas que se une a la actual carretera Aloag – Santo Domingo en el Km 71 antes de llegar a Alluriquín.

4.1.2 SITUACION SOCIO-ECONOMICA DE LOS HABITANTES

➤ Educación

Existe una escuela Padre Menthel que cuenta con 2 profesores; no existen colegios. Al no contar con medios de comunicación se abre la posibilidad de estudios a distancia por internet ya que el centro poblado cuenta con un modesto local de cómputo.

➤ Economía

En promedio los ingresos son de 300 usd, hay casos menores a 100 usd.

➤ Alimentación

Hay pequeños y escasos huertos familiares, pero en su mayoría tienen pastizales y adquieren productos de la costa a través del comercio (camioneta que visita el sector cada semana).

➤ Agricultura

En el sector se cultiva naranjilla, limón, tomate, col, lechugas, papa, babaco, chamburo, mora, maíz, plátano, etc. Las mujeres son las que se dedican a la agricultura para su seguridad alimentaria mientras que los hombres se orientan más a la ganadería. Por muchos años se ha explotado el bosque maderero pero en la actualidad solo se produce madera para los encofrados.

➤ Ganadería

Casi todas las familias se dedican a la crianza de reses, cerdos, gallinas de campo, cuyes etc., pero esta actividad productiva se lo realiza de forma empírica por lo que aparece la necesidad de brindar capacitación técnica para mejorar la calidad producto. Por la distancia y las malas condiciones de las vías de acceso los productos lácteos se procesan en las mismas fincas utilizando métodos tradicionales que generan desperdicios que podrían ser aprovechados si el proceso se lo realizaría con capacitación técnica.

El sector de Chiriboga presenta un gran potencial productivo que se ve truncado por la falta de vías de comercialización y escaso apoyo por parte de las autoridades.

➤ Cacería

En el sector habitan una gran cantidad de liebres, cervicabras, venados, cusumbos, guantas, insectos, galito de la peña, colibríes, mariposas, loros, así como también una amplia diversidad de pájaros, águilas, búhos, etc., se han avistado osos de anteojos, jaguares, jabalíes. En parte gracias a que los habitantes no se sienten atraídos por la caza, a la extensión de los bosques y el poco desarrollo turístico.

➤ Pesca

En el sector existen una gran cantidad de riachuelos que forman un río de mediano tamaño, el mismo que se ha convertido en el hábitat de truchas, pero la pesca en el lugar no se lo realiza en el río sino más bien en criaderos que se han instalado a las orillas del río Saloya.

➤ Comercio

Los habitantes del sector Chiriboga tienen que realizar viajes a la ciudad de Quito para proveerse de alimentos, medicinas y otros productos en un bus que ingresa un día y sale al siguiente, para el transporte en el sitio utilizan animales como el caballo, burro, mulas y en algunos caso motos. Algunos habitantes tienen camionetas que utilizan para salir a Santo Domingo de los Tsáchilas a vender o comprar reses.

➤ Hidrografía

El rio Saloya recorre junto a la antigua vía a Sto. Domingo de los Tsáchilas. Otros ríos como el Virginia cruzan la zona, que debido a la gran cantidad de bosques tienen una alta pluviosidad, aproximadamente 340 días de lluvia anuales.

➤ Vegetación

Ya casi no hay árboles maderables pero se sigue deforestando para encofrados, la vegetación es muy densa en varios lugares que conservan bosques primarios, hay dos reservas contiguas al sector, La Virginia y Secoyas.

Hay diversidad de plantas medicinales y orquídeas, misma que se está perdiendo poco a poco debido a la actividad maderera.

➤ Organización interna

Se ha conformado un comité pro-mejoras en la zona, la cual es encargada de realizar todas las gestiones. Además están presentes en la zona Petroecuador con el SOTE y varias estaciones de control de presión y bombeo.

➤ Organización externa

Chiriboga al ser un recinto de la parroquia Lloa distante a 62 Km del centro poblado (por la carretera) pertenece al Distrito Metropolitano de Quito, Las entidades que trabajan en la Zona son E.P. Petroecuador, Administración Zonal

Eloy Alfaro, CPP y Campaña Manuela Espejo que presta ayuda a personas del recinto.

La zona de Chiriboga está conformada por diferentes sectores como se indica en la figura 4.1:

Saloya, Siglal, Guarumal, Zapadores, Guajalito, Palmeras, La victoria, La Paz-Líbano-Cedros, Virginia, La Colonia.

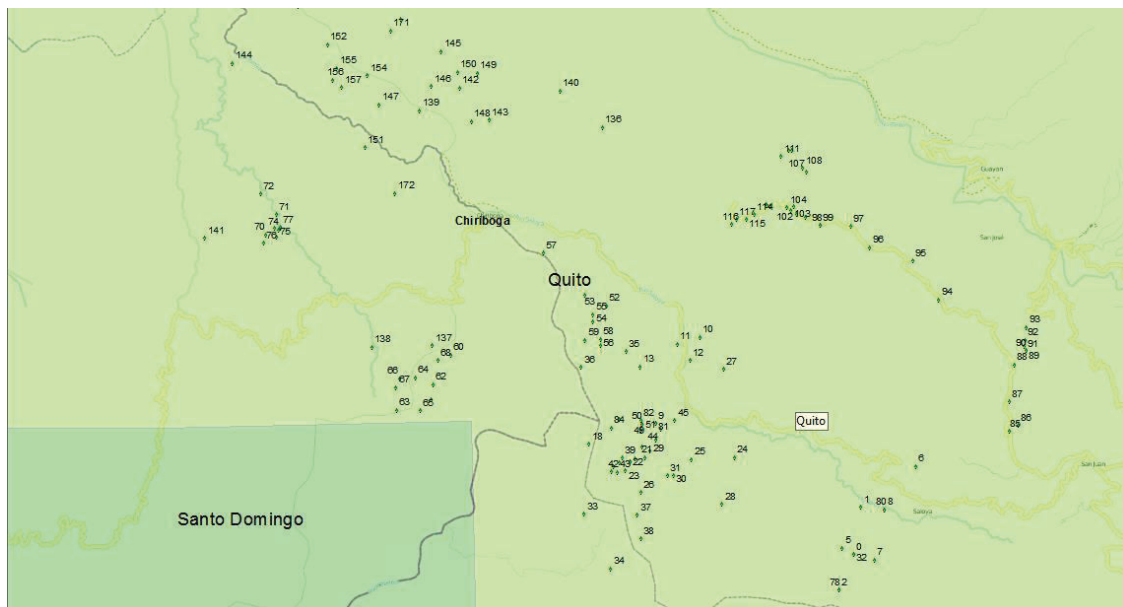


Figura 4.1 – Ubicación del sector en donde se realizará el proyecto, con referencia en las áreas del servicio
(Elaborado por el Autor)

4.2 ANÁLISIS DE DATOS DE LA ENCUESTA REALIZADA EN CHIRIBOGA

El número de viviendas que actualmente no cuentan con el servicio de energía eléctrica y que se acogen al proyecto son 178 como se puede ver en el anexo 4.1.

De acuerdo a la encuesta realizada a los habitantes de la zona Anexo 4.2 se recabaron datos importantes para el diseño de los sistemas del proyecto y para afianzar su ejecución.

Debido a que el nivel de educación en la zona es bajo, se ha tomado una muestra de las 11 mejores encuestas para tabular los datos que se utilizarán en los distintos cálculos:

Tabla 4.1 – Resultados de la pregunta número 2 de la encuesta

Tipo de vivienda y actividad económica				
	usuarios	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3
Pozo Lucas	1		vivienda madera	agricultura
Arce William	2		vivienda madera	agricultura
Portilla Segundo	3		vivienda madera	agricultura
Marcelo Porras	4		vivienda madera	agricultura
Guillermo Egas	5		vivienda madera	agricultura
Ángel Aguilar	6		vivienda madera	agricultura
Neriz Romero	7		vivienda madera	agricultura
Mauricio Cazar	8		vivienda madera	agricultura
Eriberto Dávila	9		vivienda madera	agricultura
Romero Recalde	10		vivienda madera	agricultura
Simón Pantoja	11		vivienda madera	agricultura

(Elaborado por el Autor)

Tabla 4.2 – Resultados de la pregunta número 4 de la encuesta

Que aparatos piensa adquirir luego de la llegada la energía										
usuarios	focos	radio	Tv B/N	Tv color	DVD	radiograbadora	refrigerador	ventilador	licuadora	
1	10	1	0	1	1	1	1	0	1	
2	5	0	0	1	1	1	0	0	1	
3	7	1	0	1	0	0	0	0	1	
4	8	0	0	1	0	1	0	0	1	
5	4	1	1	0	0	0	0	0	1	
6	7	1	0	1	0	0	0	0	1	
7	8	1	0	1	0	1	1	0	1	
8	5	1	1	0	0	0	0	0	1	
9	7	1	0	1	0	0	0	0	1	
10	8	1	0	1	0	0	1	0	1	
11	5	1	0	1	0	0	1	0	0	
	6,72727273	0,81818182	0,18181818	0,81818182	0,18181818	0,363636364	0,36363636	0	0,909091	

(Elaborado por el Autor)

Tabla 4.3 – Resultados de la pregunta número 5 de la encuesta

Que usos productivos piensa desarrollar cuando tenga energía eléctrica					
usuarios	Actividad y equipo 1	Actividad y equipo 2	Actividad y equipo 3	Otra	Cuando
1	crianza de animales procesadora de pollos	comercialización de pollos - frigorífico			al contar con energía eléctrica
2	no	no	no	no	
3	Granja de pollos-lampara	no	no	no	al contar con energía eléctrica
4	no	no	no	no	
5	no	no	no	no	
6	no	no	no	no	
7	complejo turístico	no	no	no	al contar con energía eléctrica
8	no	no	no	no	
9	no	no	no	no	
10	Granja de pollos-lampara	no	no	no	al contar con energía eléctrica
11	no	no	no	no	

(Elaborado por el Autor)

Tabla 4.4 – Resultados de la pregunta número 6 de la encuesta

Costo de los elementos que utiliza como fuentes de energía actualmente mensual (Usd)						
usuarios	Velas	Pilas	Mecheros	Diesel	Gasolina	Otro
1	6	4	0	2	0	0
2	5,2	2,6	0	1,2	0	0
3	0	0	6	0	0	0
4	8	0	0	0	0	0
5	0	1	0	2	0	0
6	48	6	0	2	0	0
7	10	0	0	2	0	0
8	2,5	2,5	3	2	0	0
9	48	6	0	2	0	0
10	4	8	1	0	0	0
11	8	4	1	0	0	0
	12,7	3,1	1	1,2	0	0

(Elaborado por el Autor)

Tabla 4.5 – Resultados de la pregunta número 7 de la encuesta

Costo de los elementos que utiliza como fuentes de energía actualmente mensual (Usd)						
usuarios	Velas	Pilas	Mecheros	Diesel	Gasolina	Otro
1	6	4	0	2	0	0
2	5,2	2,6	0	1,2	0	0
3	0	0	6	0	0	0
4	8	0	0	0	0	0
5	0	1	0	2	0	0
6	48	6	0	2	0	0
7	10	0	0	2	0	0
8	2,5	2,5	3	2	0	0
9	48	6	0	2	0	0
10	4	8	1	0	0	0
11	8	4	1	0	0	0
	12,7	3,1	1	1,2	0	0

(Elaborado por el Autor)

4.3 OPCIONES DE ENERGIZACION EN LS ZONA CHIRIBOGA

4.3.1 ACCESO A LA RED DE DISTRIBUCIÓN

En la zona las casas se encuentran totalmente dispersas con un promedio de 3 km por usuario una de la otra.

A continuación se realiza un estimado de la cantidad y el costo de las redes necesarias para la electrificación de la zona Chiriboga.

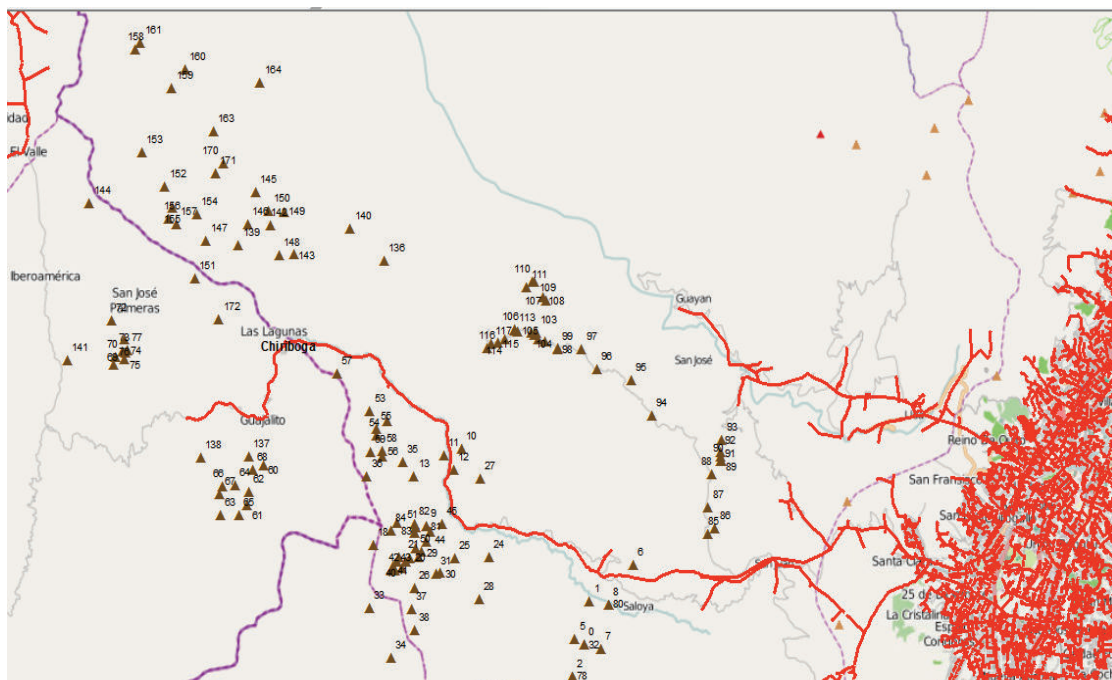


Figura 4.2 – Ubicación georreferenciada de las viviendas del sector Chiriboga
(Elaborado por el Autor)

En la Figura 4.2 las líneas en rojo indican los primarios de la EEQ S.A. que llega al sector Chiriboga.

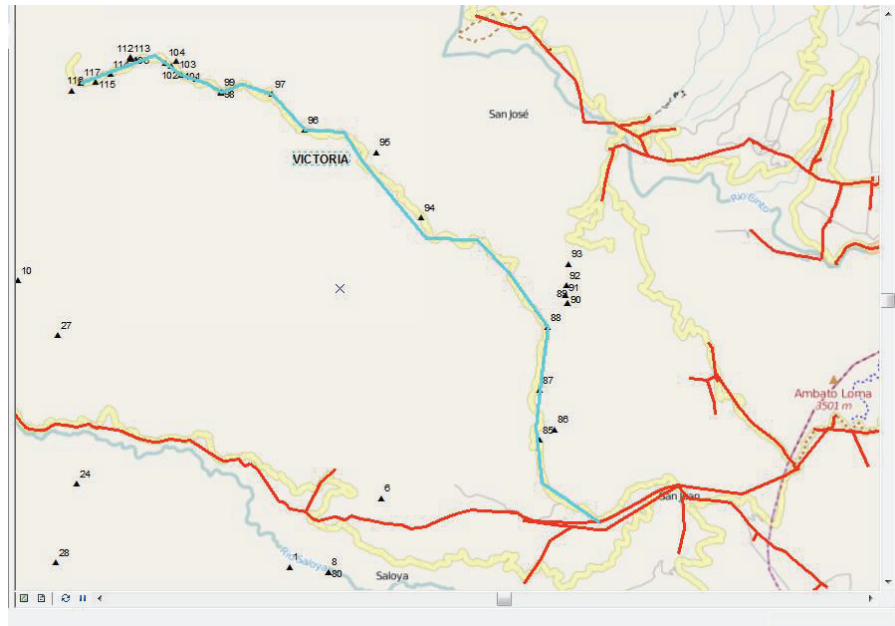


Figura 4.3 – Extensión de red para el sector La Victoria
(Elaborado por el Autor)

En la Figura 4.3 se puede observar que para el sector de la Victoria se necesita aproximadamente 15km de red primaria, que se llevara por la única vía de acceso al lugar.



Figura 4.4 – Extensión de red para el sector Saloya
(Elaborado por el Autor)

En la Figura 4.4 se puede observar que para el sector de saloya se necesita aproximadamente 4.1 km de red primaria.

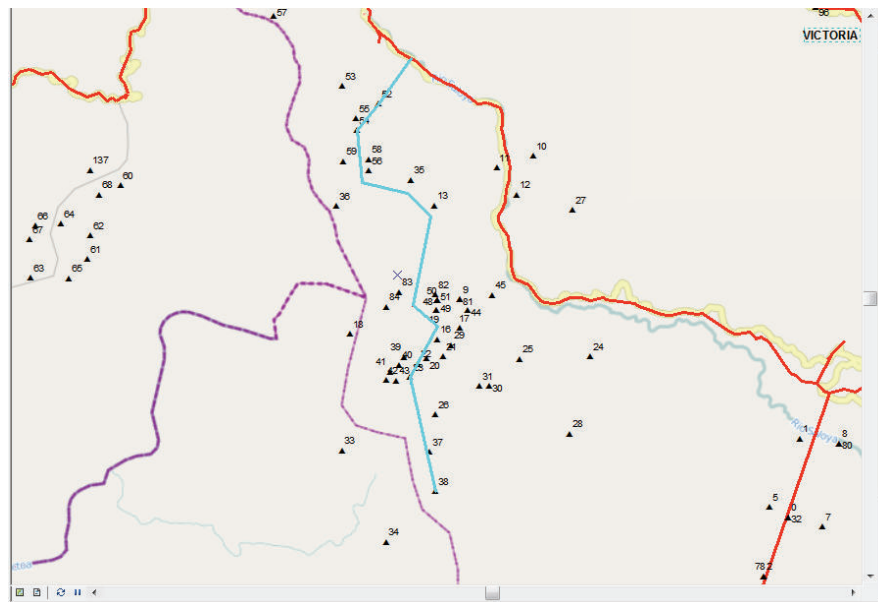


Figura 4.5 – Extensión de red para el sector Guarumal y Zapadores
(Elaborado por el Autor)

En la Figura 4.5 se puede observar que para el sector de Guarumal y Zapadores se requiere de al menos 11 km de red Primaria.



Figura 4.6 – Extensión de red para el sector Guajalito
(Elaborado por el Autor)

En la Figura 4.6 se puede observar que para el sector de Guajalito se requiere de al menos 4.6 km de red Primaria.



Figura 4.7 – Extensión de red para el sector Las Palmeras
(Elaborado por el Autor)

En la Figura 4.7 se puede observar que para el sector de Palmeras se requiere de al menos 5km de red Primaria

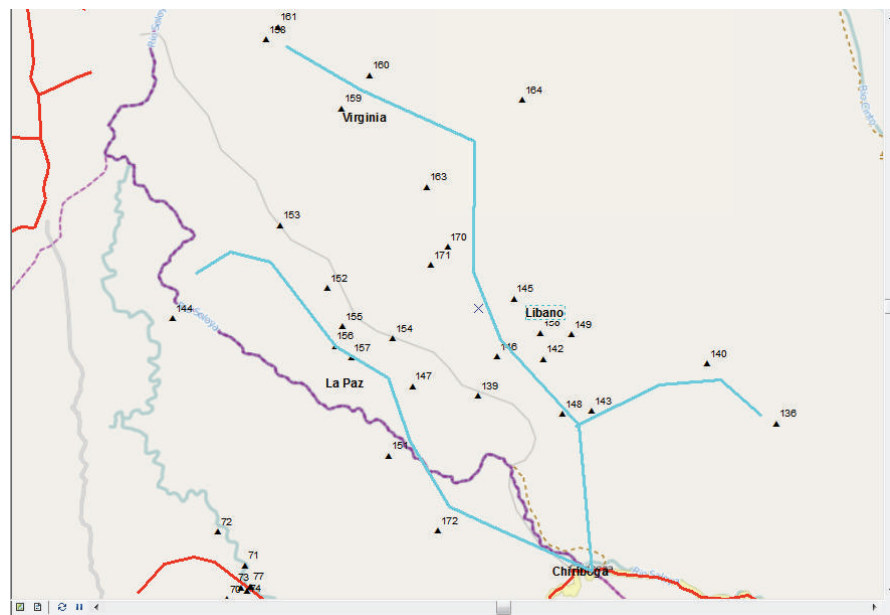


Figura 4.8 - Extensión de red para el sector La Virginia, La Paz y Libano
(Elaborado por el Autor)

En la Figura 4.8 se puede observar que para los sectores de La Virginia, La Paz y Libano se requiere de al menos 17km de red Primaria



Figura 4.9 – Vista de una Vivienda cercana a la carretera
(Elaborado por el Autor)

En la Figura 4.9 se puede observar claramente las distancias a las que se encuentran las casas y la dificultad de construcción de líneas eléctricas.

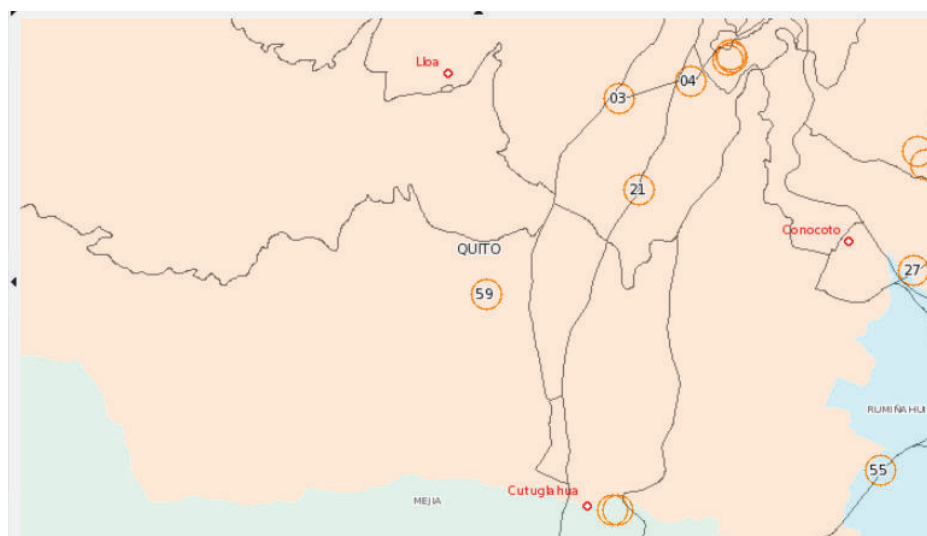


Figura 4.10 – Subestación 59 que alimenta al centro urbano de Chiriboga
(Elaborado por el Autor)

Para la electrificación de la zona se requiere como mínimo 56,6 Km de red primaria monofásica de acuerdo a los cálculos realizados. Tomando en cuenta que la subestación 59 que es la que alimenta al sector como se indica en la Figura 4.10 tiene la suficiente capacidad para tomar carga.

El costo de la extensión de red es aproximadamente, 2'547.000 USD.

Analizando la posibilidad de extensión de red para este sector encontramos que:

- Como consta en el cuadro 2.12 la subestación 59, que es la que alimenta al sector de Chiriboga si cuenta con la capacidad para tomar la carga de los sectores aledaños.
- Los costos de extender la red son demasiados altos ya que las casas se encuentran dispersas unas de otras un promedio de 3 Km, y se requiere como mínimo 56,6 Km de red primaria monofásica de acuerdo a los cálculos realizados para llegar a todas las viviendas tomando en cuenta que cada una debe contar con un centro de transformación aumentando el costo de instalación.
- El costo de instalación de redes promedio en la EEQ en los sectores rurales es aproximadamente el siguiente:

Tabla 4.6 – Costos de extensión de Redes

Tipo de redes	Costo/Km
Redes de baja 3f	30000 USD
Redes 1f de media	45000 USD
Redes mixtas	75000 USD
Redes 1f de baja	

(Elaborado por el Autor, Datos de la EEQ S.A.)

- La regulación del CONELEC 004/2001 indica el rango de caídas de voltaje para tener una buena calidad de energía. Por lo que el departamento de distribución de la EEQ S.A sugiere que la red en baja tensión no se extienda por más de 200 metros del centro de transformación.

- Dado que la potencia de los transformadores que instala la Empresa Eléctrica Quito son de una potencia mínima de 10kVA, la instalación de estos representan un sobredimensionamiento y por consiguiente una operación ineficiente.
- En el sector no existen usos comerciales de la energía por lo que los costos altos de la extensión de red no se ve justificada.

4.3.2 EVALUACION DE RECURSOS PARA APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA SOLAR

4.3.2.1 Estimación de la demanda

Con los datos de las encuestas y aplicando el método de cálculo descrito en el numeral 3.2.2 del presente trabajo, se puede estimar la demanda necesaria de cada usuario.

Tomando en cuenta que los sistemas aislados a instalar son temporales, en la estimación de la demanda no se ha tomado en cuenta la inserción de las cocinas de inducción hasta que se pueda extender las redes eléctricas al sitio en donde se desarrolla el proyecto, en el sector Chiriboga el 95% de los habitantes que aún no cuenta con el servicio de energía eléctrica cocina con leña.

En el caso de que se tome en cuenta este aumento de carga el costo del sistema solar fotovoltaico necesario sería aproximadamente 37000 usd por vivienda.

Así tenemos que una vivienda del sector Chiriboga presenta el siguiente cuadro de cargas y consumo de energía.

Tabla 4.7 – Consumo diario de energía para un usuario de Chiriboga

Demanda de los usuarios de las zonas rurales de la EEQ					
EQUIPOS CORRIENTE CONTINUA	TENSIÓN	POTENCIA	CANTIDAD	USO	ENERGÍA
	(Voltios)	(Vatios)		(Horas/día)	(Wh/día)
Lámpara led	12	7	6	1	42
Refrigeradora	12	60	1	5	300
Cargador de celular y otros	12	5	1	3	15
TOTAL					357
EQUIPOS CORRIENTE ALTERNA	TENSIÓN	POTENCIA	CANTIDAD	USO	ENERGÍA
	(Voltios)	(Vatios)		(Horas/día)	(Wh/día)
Radio	120	20	1	5	100
Tv	120	50	1	3	150
DVD	120	30	1	2	60
Licuadaora	120	350	1	0,5	175
TOTAL					485
Energía Total Demandada al día					842

(Elaborado por el Autor)

De las encuestas realizadas se puede observar en la tabla 4.7 que el usuario del ejemplo es el que presenta un consumo promedio por lo que se tomará como un usuario tipo del este sector.

Hay que mencionar que los el consumo de los usuario que se ha calculado, no puede ser aumentado ya que el sistema de generación será dimensionado con este valor de consumo.

4.3.2.2 Evaluación del recurso solar

Para el área de servicio de la EEQ S.A. se tiene algunas fuentes de información con respecto a la radiación solar que se puede aprovechar. Por un lado se cuenta con el mapa solar que publicó el CONELEC y por otro lado con una consultoría para la evaluación del recurso solar, los datos de la consultoría presentan mejores

condiciones de confiabilidad debido a se cuenta con datos de radiación en puntos más cercanos.

En el sector Chiriboga a pesar que es un lugar que presenta nubosidades, en los últimos años se ha detectado una buena radiación aprovechable como se indica en los datos que presentamos a continuación:

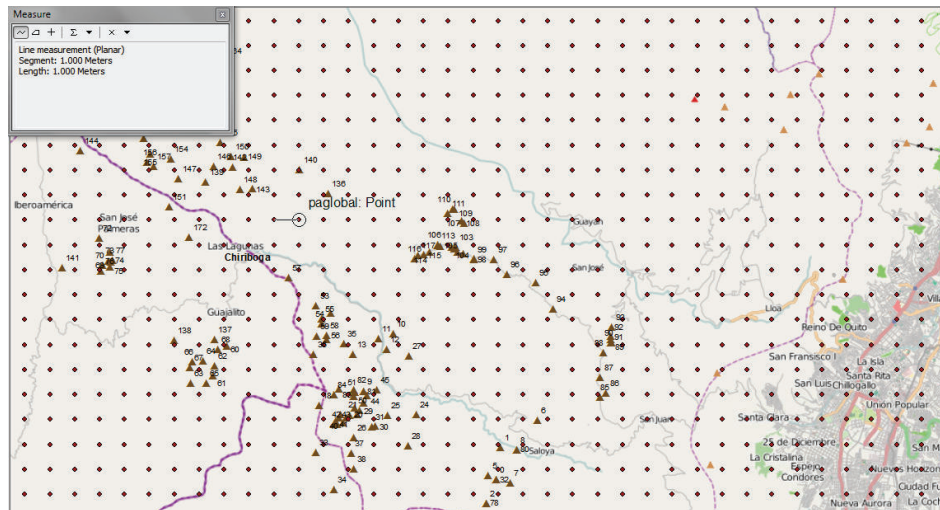


Figura 4.11 – Ubicación georreferenciada de los puntos en donde se ha realizado un análisis de la radiación solar (a 1 km de distancia)
(Elaborado por el Autor con datos de la EEQ S.A.)

Las mediciones realizadas están tomadas a distancias de 1km. En donde cada uno de estos puntos se encuentra georreferenciados y forma parte del recinto Chiriboga, estos puntos tienen sus propios valores de radiación como se indican en el Anexo 4.3, curvas de radiación anual con medias diarias.

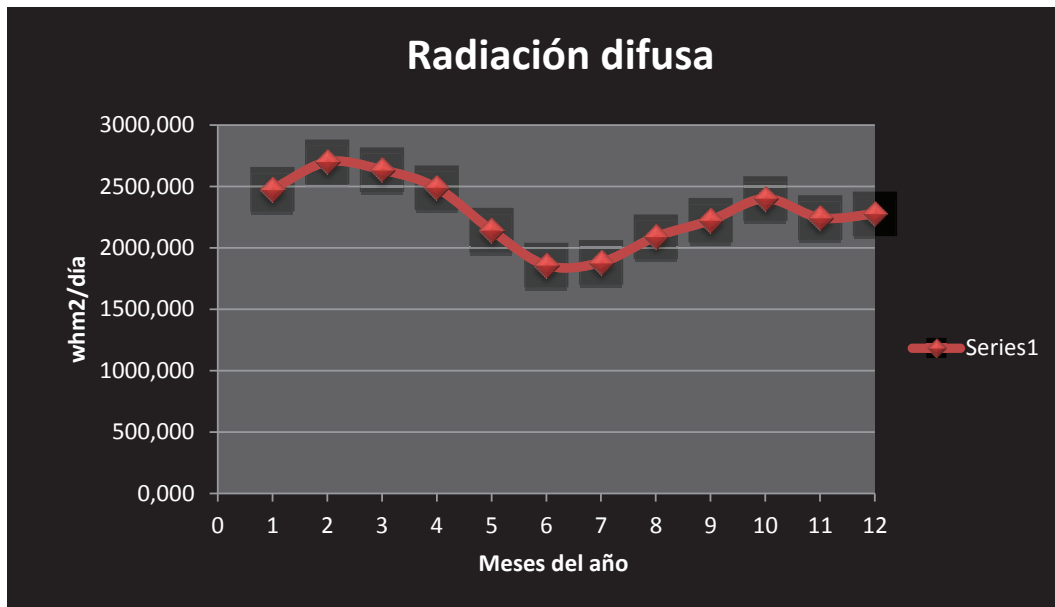


Figura 4.12 – Comportamiento de la radiación difusa en el sector Chiriboga en un año.
(Elaborado por el Autor con datos de la EEQ.S.A.)
En donde da un promedio anual de 2,23 kWh/m2.dia.

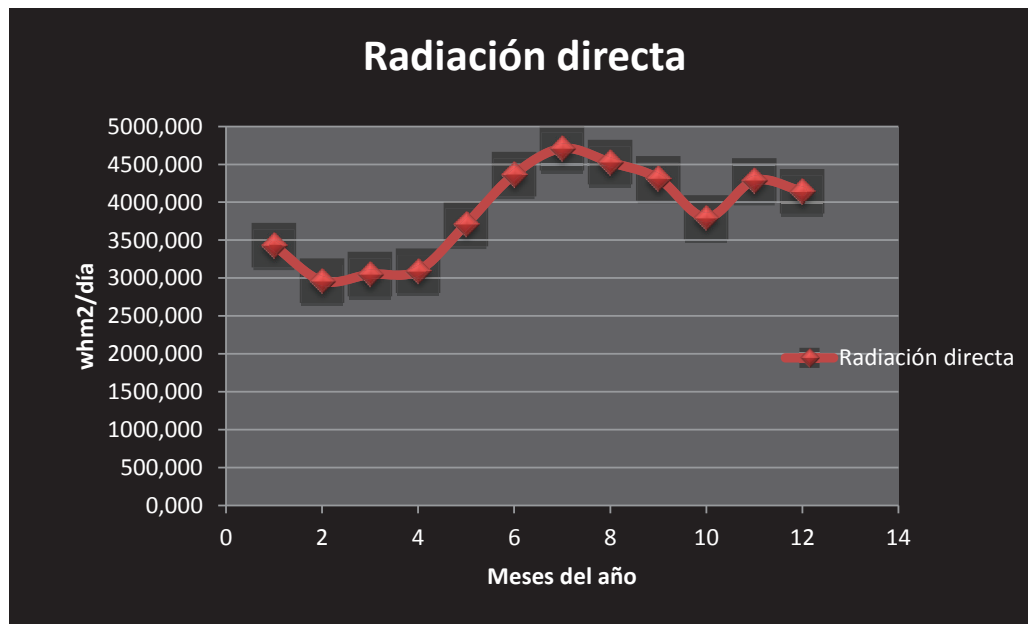


Figura 4.13 - Comportamiento de la radiación directa en el sector Chiriboga en un año
(Elaborado por el Autor con datos de la EEQ.S.A.)

En donde se tiene un promedio al año de 3,87 kWh/m2.dia.

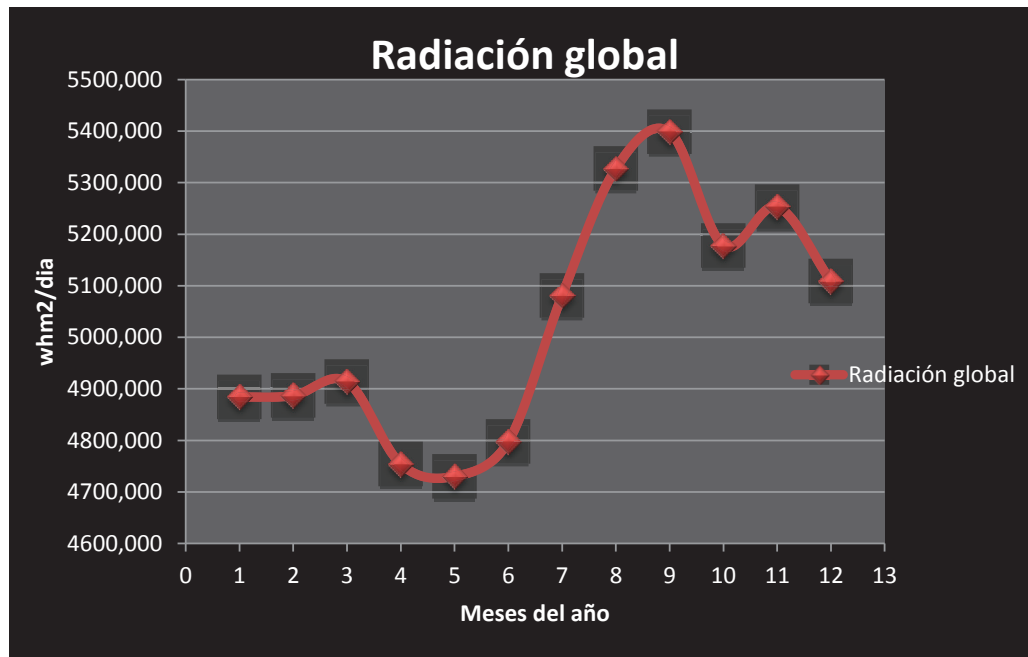


Figura 4.14 - Comportamiento de la radiación global en el sector Chiriboga en un año
(Elaborado por el Autor con datos de la EEQ.S.A.)

Con un promedio al año de 5,02 kWh/m2.dia.

Estos valores de radiación de la zona nos permiten diseñar el tipo de sistema solar que puede abastecer a la demanda de los sitios en donde se quiere electrificar.

4.3.3 EVALUACION DE RECURSOS PARA APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA EOLICA

4.3.3.1 Evaluación del recurso eólico

Para la evaluación del recurso eólico se cuenta con datos de una consultoría contratada por la secretaria del ambiente y con el mapa eólico publicado por el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables (MEER, 2014).

En la Figura 4.15 se indica la zona en donde se encuentran ubicadas las viviendas a electrificar, los puntos georreferenciados que se encuentran en el mapa contienen información del recurso eólico.

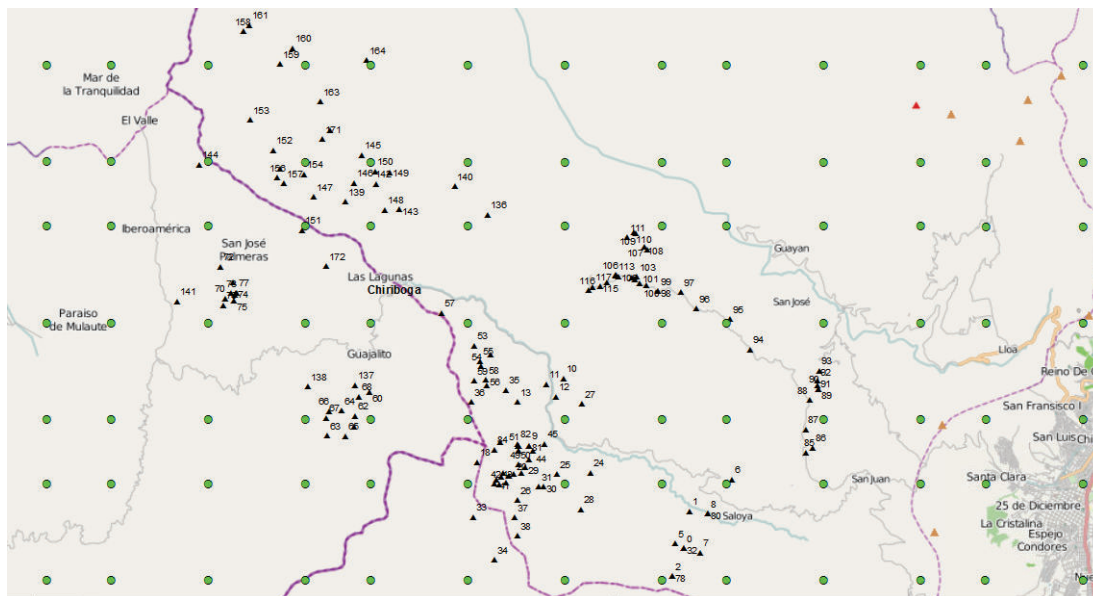


Figura 4.15 – Puntos georreferenciados de toma de medición de viento en la zona
(Elaborado por el Autor con datos de una consultoría de la EEQ S.A)

Con los valores presentados en la Tabla 4.8 que son el promedio de 1 año se puede observar que el recurso eólico no es suficiente para la generación de electricidad con aerogeneradores en ningún sector de la zona:

Tabla 4.8 - Datos de velocidad de viento en el sector Chiriboga

Identificación de los puntos	Coordenada X	Coordenada Y	Velocidad del viento m/s
639.00	-78.69	-0.24	0.391
522.00	-78.69	-0.32	0.775
679.00	-78.67	-0.21	0.950
678.00	-78.69	-0.21	1.075
600.00	-78.69	-0.27	0.849
560.00	-78.72	-0.29	1.040
638.00	-78.72	-0.24	1.003
561.00	-78.69	-0.29	1.071
677.00	-78.72	-0.21	1.101
599.00	-78.72	-0.27	1.165
598.00	-78.75	-0.27	1.160
521.00	-78.72	-0.32	1.054
676.00	-78.75	-0.21	1.185

Identificación de los puntos	Coordenada X	Coordenada Y	Velocidad del viento m/s
636.00	-78.78	-0.24	1.321
597.00	-78.78	-0.27	1.199
637.00	-78.75	-0.24	1.335
559.00	-78.75	-0.29	1.183
675.00	-78.78	-0.21	1.232
558.00	-78.78	-0.29	1.328
520.00	-78.75	-0.32	1.471
519.00	-78.78	-0.32	1.623
524.00	-78.64	-0.32	3.204
525.00	-78.61	-0.32	3.254
681.00	-78.61	-0.21	2.842
564.00	-78.61	-0.29	2.818
563.00	-78.64	-0.29	2.415
642.00	-78.61	-0.24	2.103
603.00	-78.61	-0.27	2.201
602.00	-78.64	-0.27	1.893
641.00	-78.64	-0.24	1.071
523.00	-78.67	-0.32	0.775
680.00	-78.64	-0.21	0.665
601.00	-78.67	-0.27	0.503
640.00	-78.67	-0.24	0.552
562.00	-78.67	-0.29	0.383

(Elaborado por el Autor con datos de una consultoría de la EEQ S.A)

Es relevante indicar que en el caso de que exista el recurso eólico en la zona es necesario realizar mediciones más precisas y por un periodo relativamente largo de tiempo para utilizar dichas mediciones en el dimensionamiento del sistema.

4.3.4 EVALUACION DE RECURSOS PARA LA GENERACION CON BIOMASA

En la zona de Chiriboga la principal actividad económica es la agricultura por lo que no se genera una considerable cantidad de biomasa por este concepto. Además en el sitio no existen haciendas ni lugares en donde la concentración del ganado sea significativa, tomando en cuenta que en promedio cada habitante de la zona posee no más de 4 reses.

De la experiencia obtenida en las visitas realizadas al lugar y del resultado de las encuestas podemos sacar la conclusión que el 95% de las reses los mantienen en

las praderas todo el tiempo mientras que el 5% restante se le podría considerar como semi-estabulado por lo que este recurso tampoco puede ser utilizado para la generación de Energía Eléctrica, en un futuro se lo puede considerar para la generación de otro tipo combustible como metano y la obtención de fertilizantes.

En el caso del ganado porcino y avícola también se los mantiene en el pasto en campo abierto por lo que sus desechos tampoco pueden ser utilizados.

4.3.4.1 Cálculo del Potencial de Biomasa

Existen aproximadamente unas 150 familias que poseen ganado vacuno en un promedio de 4 por familia.

De esta cantidad de ganado vacuno se puede obtener un aproximado de 27m3/día tomando en cuenta que 100% del mismo sea estabulado.

Tomando en cuenta que 1kg de Biomasa produce alrededor de 3.7 wh, con un rendimiento del 30% de la biomasa se obtiene 1.1wh de energía. Con la cantidad de desechos generados por el total de las reses del lugar y considerando la estabulación del total de las mismas se puede obtener la siguiente cantidad de energía:

$$E = 27 * 1.1$$

$$E = 29.7 \text{ Kwh/dia}$$

Ecuación 4.1

Cuando se utiliza este producto para la obtención de energía eléctrica se debe considerar la eficiencia del proceso de transformación.

Para una turbina a gas que tenga un rendimiento del 60% la energía eléctrica producida será:

$$Ed = \frac{29.7Kwh}{dia} * 0.6 = 17.82Kwh/dia$$

Este proyecto sería contemplado como un solo centro de generación, pero por la dispersidad de las viviendas en la zona el proyecto que requiere gran cantidad de redes y porque se vio que las redes no se encontraban estabulas por lo que no se cuenta con toda la materia prima antes contemplada concluimos que el proyecto no es viable.

4.3.5 EVALUACION DE RECURSOS PARA LA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA CON PEQUEÑAS CENTRALES HIDRAULICAS.

En la zona existe un rio que puede ser útil para la construcción de una minicentral eléctrica para la interconexión al primario que va hacia el sector de Chiriboga.



Figura 4.16 – Puente sobre el rio Saloya
(Elaborado por el Autor)



Figura 4.17 – Medición del caudal del río Saloya
(Elaborado por el Autor)

El caudal aproximado del río es de 0.2m³/s y con una altura aprovechable de 139m con lo cual se puede construir una microcentral con la siguiente potencia:

$$P = K * H * Q * g$$

$$P = 0.565 * 139m * \frac{0.2m^3}{s} * \frac{9.8m}{s^2} = 153.92 Kw$$

Ecuación 4.2

Para un factor de planta de 64% se calcula la energía mensual que se obtiene de la minicentral:

$$E = 153.93Kw * 720h * 0.64$$

$$E = 70930Kwh/mes$$

Ecuación 4.3



Figura 4.18 – Puente sobre el río Saloya sitio de descarga de la minicentral
(Recuperado de: <https://maps.google.com.ec/maps?hl=es-419&tab=wl>)

Para el cálculo de la demanda, se toma en cuenta que según el mapa de estratificación de la EEQ S.A. los usuarios de este sector son considerados como estrato E.

Por la dispersidad de las viviendas el cálculo se lo realiza de forma individual para cada uno de ellos así:

$$D_{\text{maxcoincidente}} = 1$$

$$\mathbf{Demanda\ de\ diseño}_{red} = 1.1 + 0.1 + 0.1 * 1.1$$

Ecuación 4.4

$$\mathbf{Demanda\ de\ diseño}_{red} = 1.31Kw$$

Ecuación 4.5

De acuerdo al cálculo de la demanda de diseño por usuario se debe instalar un transformador, esto significa que la EEQ S.A debe instalar transformadores de 5 KVA que son los de menor capacidad que instala, los mismos que se encontrarían trabajando al 30% de su capacidad de forma ineficiente.

Desde la central hacia los puntos de consumo se deben construir un promedio de 3 km de red como se indicó en el numeral 4.3.1 por lo que el proyecto resulta muy costoso.

4.4 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE ELECTRIFICACION Y CRITERIOS GENERALES PARA EL DISEÑO

4.4.1 ANÁLISIS TÉCNICO DE LAS ALTERNATIVAS

Del análisis de alternativas, se puede concluir el resumen que se presenta a continuación:

Tabla 4.9 – Viabilidad técnica de las diferentes alternativas de electrificación en el sector Chiriboga

Posibles alternativas			
Tipo de Generación	Ventajas	Limitantes	Viabilidad
Extensión de red	Disponibilidad de energía ilimitada	Funcionamiento de los transformadores ineficiente. Alto costo de construcción de red	no
Solar	Bajo Impacto por instalación Cero perdidas por transporte de energía Aprovechamiento de recurso renovable	Cantidad de energía disponible	si
Eólica	Aprovechamiento de recurso renovable	No existe recurso disponible	no
Minicentrales hidroeléctricas	Aprovechamiento de recurso renovable	Requiere de construcción de red por lo que resulta costos.	no
Biomasa	Aprovechamiento de recurso renovable	No existe suficiente recurso disponible	no

(Elaborado por el Autor)

Como se puede observar de la Tabla 4.9, la alternativa que presenta la mejor factibilidad técnica es el proyecto de electrificación con paneles solares fotovoltaicos, la misma que será analizada a continuación.

4.4.2 PREDISEÑO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN CON SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS

Una vez que se ha determinado a mejor opción de electrificación y toda vez que se ha evaluado los recursos disponibles para la electrificación de la zona Chiriboga mediante el aprovechamiento del recurso solar con paneles solares fotovoltaicos, se realiza un prediseño del sistema de generación.

4.4.2.1 Elección de los paneles

En la zona de Chiriboga debido a que gran parte del año pasa con nubes la radiación directa que se puede aprovechar es de aproximadamente 3,867 kWh/m².día según los datos Anexo 3 lo que es lo mismo decir que 3.867 horas al día tenemos 1000wh/m².

Entonces decimos que 3.8 horas los paneles solares fotovoltaicos van a generar su potencia pico en un día.

Tomando en cuenta que los marcos de los módulos fotovoltaicos son de un tamaño estándar, para mantener una buena eficiencia del panel no se debe escoger un panel con baja potencia, y como los paneles con una potencia mayor a 200 Wp generalmente tienen salidas de voltaje para conexión a red es decir diferente a los 12V, entonces el valor de la potencia pico de los paneles solares fotovoltaicos a escoger debe ser menor a 200 Wp y mayor a 100wp.

Según las encuestas se puede ver que la energía diaria media de los usuarios de dicha localidad más o menos es 842 wh.día.

El rendimiento de un sistema solar fotovoltaico tomando en cuenta los distintos componentes es de aproximadamente el 60% por lo que para una cubrir una demanda de 842 wh.día es necesario que los paneles a instalar generen al menos 1400 wh al día.

La potencia pico del conjunto generador será:

$$Pp = \frac{1400 \text{ wh}}{3.8 \text{ h}} = 368 \text{ wp}$$

Las posibilidades que tenemos es instalar 3 de 123 wp o 2 paneles de 184 wp.

Los paneles de mayor disponibilidad en el mercado son de 130 Wp, por lo que la mejor opción es instalar 3 paneles de 130wp.

La energía con la que se dispone con tres paneles de 130wp en el día es:

$$Ed = 3 * 130 \text{ w} * 3.867 \text{ h} = 1508.13 \text{ wh}$$

Unos paneles con una eficiencia de al menos un 13% según la tecnología actual serán suficientes ya que el espacio de instalación no es un limitante, y si se desea poner paneles de más alta eficiencia necesariamente serán más costosos.

Tabla 4.10 – Generación de energía de un panel fotovoltaico de 130 Wp en un día

Potencia panel (w)	Energía diaria wh/m2.día
1000	3867
130	502.7

(Elaborado por el Autor)

En la actualidad existen varios oferentes de paneles fotovoltaicos de diferentes procedencias, una de las más ofertadas son de procedencia china que con las especificaciones correspondientes se pueden elegir paneles de alta calidad, con las respectivas certificaciones como el certificado chubb que es la que determina que paneles pueden ingresar a ser comercializado en el territorio norteamericano y garantiza que el panel da la potencia de catálogo en condiciones nominales de operación.

4.4.2.2 Análisis de Módulos por Ramal

Por lo indicado anteriormente se ve que en este caso la configuración será de un panel por ramal que permitirá obtener voltajes de 12V necesarios para alimentar el sistema de iluminación de la vivienda y así evitar que los usuarios conecten luminarias de mayor consumo para la que está diseñada el sistema.

Con la disposición de 3 paneles en paralelo se obtiene la suma de las corrientes de los tres paneles, mientras que con respecto al voltaje será de 12V en todo el sistema como se indica en el siguiente diagrama:

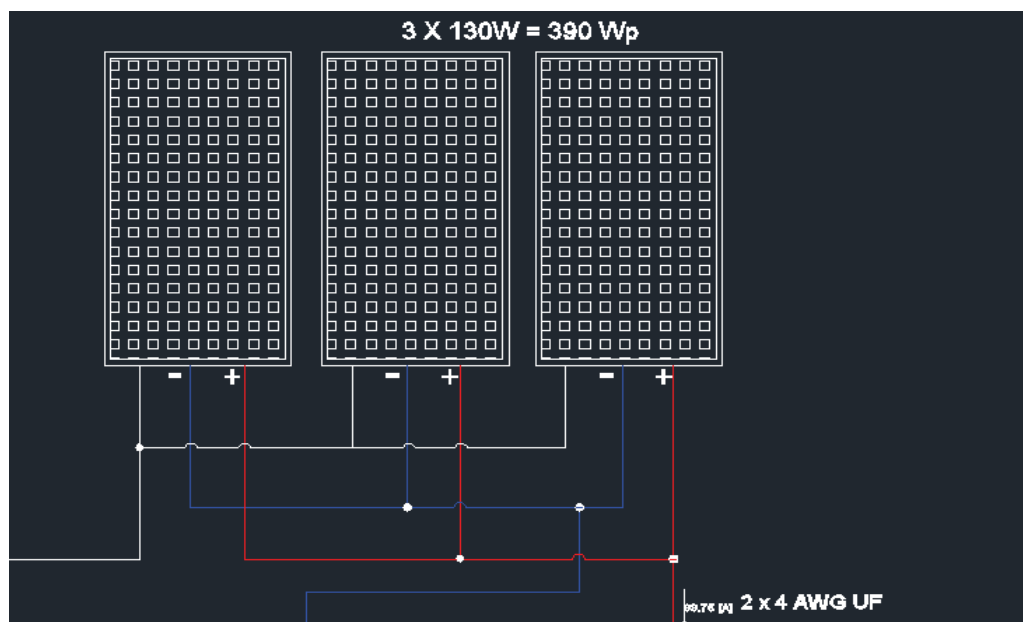


Figura 4.19 – Conexión de los paneles
(Elaborado por el Autor)

Al tratarse de una conexión de solo tres paneles y teniendo la necesidad de conectar algunos aparatos a 12V, entonces la única posibilidad de disposición de los paneles es necesariamente como se indica en la Figura 4.19.

Entonces el panel fotovoltaico elegido tiene las siguientes características:

Tabla 4.11 – Especificaciones para la compra de los paneles para el sector Chiriboga.

PANEL FOTOVOLTAICO	
CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN REQUERIDA
CANTIDAD	
Marca	Indicar
Modelo	Indicar
Procedencia	Indicar
Fecha de manufactura	No anterior al 2013
Dimensiones (LxWxD) mm	Indicar
Tipo de celda	Silicio Monocristalino
Potencia nominal [Wp]	Mayor o igual a 130Wp
Corriente máxima potencia I _{max} [A]	Min 8.12 A
Voltaje máxima potencia V _{max} [V]	Min 16 V
Corriente de corto circuito I _{sc} [A]	Min 7.85 A
Voltaje de circuito abierto Voc [V]	Max 21.8 V
Voltaje nominal	12 V corriente continua
Eficiencia nominal operación panel	Mayor a 13%
Diodos de bloqueo	Incluido en paneles
Cambio Voc con temperatura	Máx -0.367%/°C
Cambio I _{sc} con temperatura	Máx. 0.058 %/°C
Cambio P _{max} con temperatura	Máx -0.485 %/°C
Vidrio cobertor	Templado alta transmisividad
Caja de Conexiones	Prueba IP65
Conectores	Tipo Y para conectar paneles en Paralelo
Certificación de vida útil	Mínimo 20 años
Temperatura de operación	5/40 grados Centígrados
Pérdida de potencia durante la vida útil en condiciones estándar	Máximo 10%
Identificación del panel	En una placa metálica remachada al marco debe estar grabado la siguiente leyenda: EEQ S.A. y el número de serie del panel
Especificaciones eléctricas de desempeño (Curva I-V característica en condiciones estándar).	Incluir
Características constructivas del módulo (Materiales)	(indicar)

Protección contra efectos ambientales	(indicar)
Garantía Técnica	Vigente por dos años
Certificado de cumplimiento de normas	IEC 61215, IEC 61730 TUV Clase seguridad II, CE, ISO 9001
Informe de verificadora	Solamente el adjudicado deberá presentar a su costo, un certificado de una empresa verificadora, de la verificación en fábrica de todas las especificaciones antes señaladas, previo a su embarque. La empresa verificadora será previamente aprobada por la EEQ.
Certificado CHUB	De comercialización de paneles en Estados Unidos y América

(Elaborado por el Autor)

4.4.2.3 Cableado

Para el cableado se utilizará:

- Cable tipo multiconductor 2x4 AWG (de los paneles al regulador)
- Cable tipo multiconductor 2x12 AWG (para el circuito de iluminación)
- Cable tipo multiconductor 2x6 AWG (de las baterías al regulador)
- Cable tipo multiconductor 2 AWG (de las baterías al inversor)
- Cable tipo multiconductor 3x12 AWG (para el circuito de fuerza)

El cable a comprar debe tener como mínimo las siguientes especificaciones:

Tabla 4.12 – Ejemplo especificaciones para la compra de los cables para el sector Chiriboga

CABLE MULTICONDUCTOR SUPERFLEXIBLE 2x4 AWG POLARIZADO 105 °C CON PROTECCIÓN UV, RELLENO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO, 600 V		
	CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN SOLICITADA
1	CANTIDAD	5 625 METROS
2	MARCA	Indicar
3	PAÍS DE ORIGEN	Indicar
4	AÑO DE FABRICACIÓN	NO MENOR AL 2013
5	VOLTAJE DE OPERACIÓN	600 V
6	TIPO DE AISLAMIENTO	THHN, de elevada resistencia a la intemperie y protección contra rayos ultravioletas
7	TIPO DE CABLE	MULTICONDUCTOR
8	RELLENO	fibras de polipropileno
9	TEMPERATURA MÁXIMA DE OPERACIÓN	105 °C
10	TEMPERATURA CONDICIONES DE CORTO CIRCUITO	250 °C
11	CALIBRE DEL CONDUCTOR	(2X4) AWG
12	NRO. DE HILOS POR CADA CONDUCTOR	>200
13	MATERIAL DEL CONDUCTOR	cobre recocido o suave

14	NORMAS DE FABRICACIÓN	ASTM B-3, ASTM B-174, ASTM B-172
15	IDENTIFICACION DEL CONDUCTOR	material del conductor, sección, aislamiento y nombre del fabricante
16	CODIGO DE COLORES	FASE = ROJO, NEUTRO = NEGRO.
17	ALARGAMIENTO MÍNIMO A LA ROTURA DEL AISLAMIENTO:	150 %.
18	VARIACIÓN MÁXIMA DEL AISLAMIENTO DE CADA CONDUCTOR DESPUÉS DEL ENVEJECIMIENTO	+/- 25 %.
19	EMBALAJE	CARRETE DE 500 MTS
20	TIEMPO DE ENTREGA	Máximo 50 DIAS, con entregas parciales.
21	GARANTÍA TÉCNICA	24 meses a partir de la fecha de recepción definitiva
22	MUESTRA (mínimo 25 cm)	presentar obligatoriamente junto con la oferta técnica. la muestra debe estar identificada de manera segura con el código del proceso y el nombre del oferente

(Elaborado por el Autor)

Estos cables deben cumplir con las mínimas normas de calidad como: *NEC 2008 / UL Taype PV, UL 4703, USE-2, UNE 21123, UNE 20.460-5-52, UTE C 32-502.*

Las caídas de voltaje no excederán el 3% en condición de máxima potencia en ninguno de los tramos del cableado.

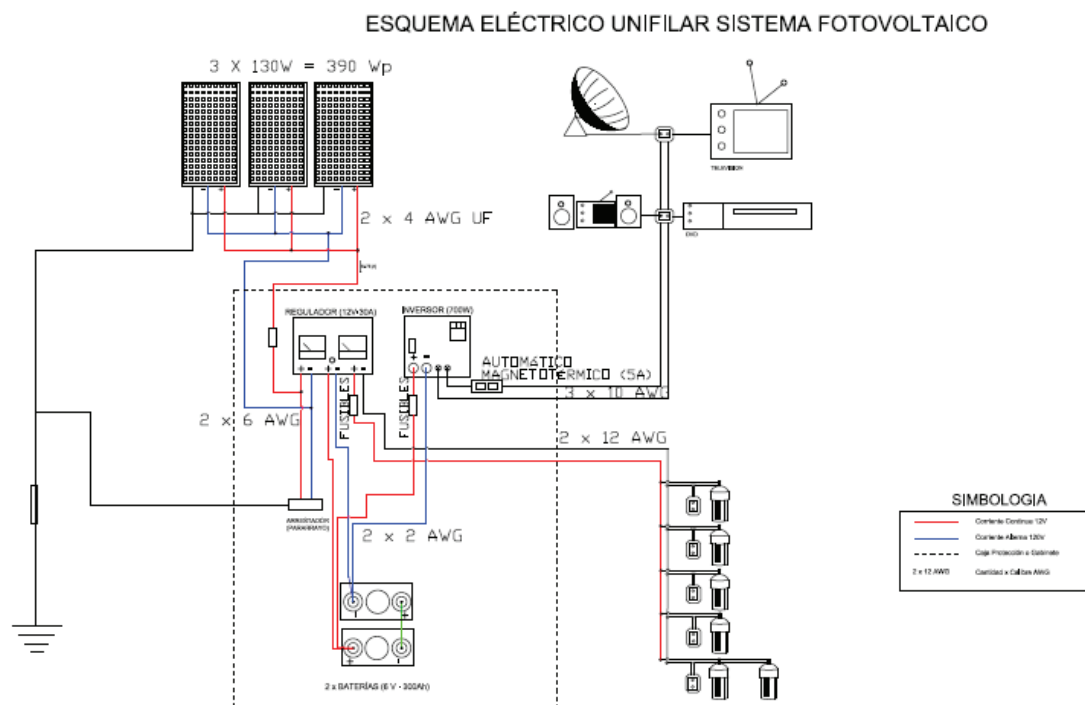


Figura 4.20 – Diagrama unifilar del sistema
(Elaborado por el Autor)

El sistema propuesto para instalar en la zona de Chiriboga no tiene ningún limitante con respecto al espacio ni al lugar en donde se puede instalar ya que al ser una zona agrícola dispone de extensos terrenos disponibles para dicha instalación como se indica en la siguiente figura.



Figura 4.21 – Vivienda en el sector de La Victoria
(Elaborado por el Autor)

4.4.2.4 Elección de las Baterías

Para la elección de las baterías es necesario saber la energía que se va a consumir durante todo el día y la capacidad del sistema solar como datos principales.

En este caso la energía promedio de consumo calculada por vivienda es de más o menos 842 wh.día.

El rendimiento de un sistema de acumulación se lo puede cuantificar relacionando la corriente de entrada con la corriente de salida, pero en el mercado generalmente tenemos baterías con una eficiencia del 90%, y el rendimiento del sistema completo con los equipos actuales esta por el 0,67% por lo que el total de energía requerida por las baterías para el sistema es:

$$E_T = \frac{842}{0.67} = 1252Wh/dia$$

Ecuación 4.6

La capacidad del sistema de acumulación es:

$$Sa = \frac{E_T}{V} = \frac{1252}{12} = 104Ah/dia$$

Ecuación 4.7

Se ha propuesto un sistema para tres días de autonomía energética por lo que la capacidad total del sistema de acumulación es:

$$C_T = 3 * \frac{104Ah}{dia} = 312Ah/dia$$

Ecuación 4.8

Es recomendable que el sistema de acumulación de energía no tenga unas descargas mayores a un 80% para preservar el tiempo de vida útil de las mismas:

Generalmente los días de autonomía en un sistema se lo calcula para dos pero en el caso de la zona Chiriboga por las condiciones climáticas se le calculó para tres días.

Requerimientos para la compra de baterías:

Tabla 4.13 – Especificaciones para la compra de las baterías y accesorios para el sector Chiriboga

BATERÍAS SOLARES Y ACCESORIOS	
CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN REQUERIDA
CANTIDAD	
MARCA	Indicar
MODELO	Indicar
PROCEDENCIA	Indicar
Tipo:	Batería de electrolito absorbido (AGM) sellada, apta para acumulación de energía generada en sistemas fotovoltaicos

BATERÍAS SOLARES Y ACCESORIOS	
CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN REQUERIDA
Profundidad de descarga admisible:	Deberán permitir, sin sufrir daños, profundidades de descarga de hasta el 80%.
Electrolito:	Ácido absorbido
Sello:	Libres de mantenimiento
Tensión nominal:	6 VDC
Capacidad:	Mínimo de 310 Ah en C20
Rango de temperatura ambiente de trabajo:	De 0°C a 50°C o superior
Ciclos:	Mínimo 650 ciclos a 50% de profundidad de descarga
Terminales:	Provista con bornes de tipo L o similar y con sus respectivos tornillos, arandelas y tuercas ya incorporados al borne, de material inoxidable. Así mismo incluir capuchones aislantes para cubrir los bornes.
Autodescarga:	No debe exceder el 3% de la capacidad nominal por mes
Vida útil:	Mínima de 5 años, pérdida máxima del 20% de la capacidad nominal
Etiquetado:	Indeleble, de fábrica, indicando: capacidad, tensión, número de serie, polaridad de los bornes, fecha de fabricación, fabricante.
Fecha de fabricación:	No anterior a 150 días, respecto a la fecha de entrega del suministro.
Documentación técnica requerida:	Anexar: Manual de instalación, uso y mantenimiento, certificado de garantía, especificaciones técnicas, procedimiento y protocolo de pruebas.
Garantía de fábrica:	Mínimo de 2 años
Certificados internacionales:	IEC 61427, DIN-IEC 68-2-3, UL, ISO o equivalente, certificados por un laboratorio independiente con acreditación internacional

(Elaborado por el Autor)

4.4.2.5 Dimensionamiento del Inversor

Para el dimensionamiento del inversor se debe tomar en cuenta la potencia que va a suministrar a las cargas, es decir la potencia de las cargas que van a ser conectadas, así tenemos para este caso la potencia del consumidor es 485 W.

La potencia del inversor tomando en cuenta el rango de seguridad para su funcionamiento es:

$$P_i = 485W_p * 1.2 = 582W_p$$

Ecuación 4.9

En el mercado existen potencias para los inversores de 500W, 700W por lo que se ha optado por un inversor de 700W.

En vista de que el clima en esta zona es húmedo, entonces el inversor debe ser tropicalizado de fábrica.

Un inversor con un THD del 3% o menor es un requerimiento importante.

El inversor debe tener una potencia inicial de funcionamiento de al menos 30Wp ya que según el diseño al no tener elementos de iluminación conectadas a la parte alterna del circuito, entonces no será un requerimiento tener al inversor trabajando a potencias bajas.

Dado que el inversor debe ser controlado con el regulador para que el sistema sea más inteligente es preferible especificar los dos equipos en conjunto. Los requerimientos para la compra del inversor:

Tabla 4.14 – Especificaciones para la compra de los inversores para el sector Chiriboga.

INVERSOR	
CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN REQUERIDA
Potencia nominal inversor	700W
Potencia Pico inversor	1400W, 6 segundos
Tipo	Estado sólido
Tensión de Salida AC del inversor	110Vac
Frecuencia de salida	60 Hz \pm 0.1%
Señal de salida inversor	Onda senoidal pura
Consumo sin carga en inversión	<1,25A
Consumo Stand By del inversión	< 0,25A
Tensión Nominal de entrada	12 V
Eficiencia a máxima carga	min 89%
Tensión nominal de entrada	Entre 10.5 a 15,5 V
Regulación de la tensión de salida	110Vac +/- 3%
Protección Polarización Inversa	Protección con fusible interno
Protección de sobre temperatura (+5 grados Centígrados)	Apagado a 75 grados, reinicio automático a los 45 grados
Índice de protección IP	IP20 Tropicalizado en fábrica (se deberá presentar certificación)
Máxima Humedad relativa en funcionamiento	90%
Ventilación forzada	A partir de 55 +/- 5 grados centígrados o al sobrepasar el 53% de la carga.

INVERSOR	
CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN REQUERIDA
Garantía	Vigente por dos años
Desconexión	Desconexión de la carga por baja carga de batería, falta de crédito u otros motivos como sobrecargas, cortocircuitos, sobre temperatura
Control del inversor desde el regulador	El control del inversor comandado desde el controlador de carga no debe contemplar elementos de consumo elevado como relays de potencia o contactores.
Indicadores	Indicadores visuales de estado
Características físicas (peso, tamaño, etc.).	Indicar
<i>Certificados internacionales</i>	Cumplimiento de estándar UL458

(Elaborado por el Autor)

4.4.2.6 Elección del Regulador

Con respecto al regulador se debe tener cuidado en la profundidad de descarga a la que van a ser sometidas las baterías, ya que de este factor depende la vida útil del sistema de acumulación.

Otro parámetro importante es la señalización de las condiciones de carga que tiene el sistema de acumulación en el instante.

Tabla 4.15 – Especificaciones para la compra de controladores y sistemas prepago para el sector Chiriboga

REGULADOR Y SISTEMAS PREPAGO	
CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN REQUERIDA
Cantidad	
Marca	Indicar
Modelo	Indicar
Procedencia	Indicar
SISTEMA PREPAGO	
Tipo	Sistema Prepago que incluya controlador de carga, sistema de control de crédito (días de uso del sistema fotovoltaico) Sistema Prepago con memoria interna para guardar datos de operación del sistema solar. Que opere de manera unificada o interfazada, en caso de corte de energía hacia las cargas, tanto en DC como en AC, ya sea provocado por baja carga de batería, falta de crédito u otros motivos como sobrecargas, cortocircuitos, etc.

REGULADOR Y SISTEMAS PREPAGO	
CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN REQUERIDA
Tensión nominal de entrada del sistema	12Vdc
Voltaje de consumos	12Vdc
Máxima corriente de los paneles solares a regulación	40Amp@25°C
Máxima corriente de carga (consumos DC)	40Amp@25°C
Autoconsumo en Regulación	<6mA
Autoconsumo interfaces control regulador / inversor	≤10mA
Pantalla de despliegue de información	Indicadores LED y Pantalla LCD de fácil lectura en el módulo prepago con la siguiente información: En pantalla LCD Días disponibles para uso del sistema, en LED carga del panel, cargas habilitadas, estado de carga de la batería, bloqueo del sistema.
Indicador numérico	Numérico digital de días restantes de crédito
Número de dígitos	4 dígitos, hasta 9999 días
Transferencia de datos	Codificado y con las seguridades respectivas
Memoria portátil extraíble	Robusto, metálico, tipo llave, capaz de guardar información del funcionamiento del sistema solar
protección por varistor	Para sistema a 12Vdc
Desconexión por Bajo voltaje de batería (regulación comandando inversión)	Desconexión por bajo voltaje comandado por el sistema Pre Pago.
Voltaje de reconexión (regulación comandando inversión)	12,8Vdc
Protección por sobre voltaje 12Vdc	15.5 Vdc
Protecciones del regulador	Sobrecarga, cortocircuito, inversión de polaridad, bajo voltaje/sobrevoltaje de CC, sobre temperatura
Aterramiento del regulador	Negativo (precaución en acople Batería-Controlador de carga-Inversor no se afecten las funciones del sistema y no se corra el riesgo de dañar a cualquiera de los equipos
Rango de temperatura de operación del sistema completo	-20°C hasta 40°C
Tipo de batería que puede utilizarse	GEL, AGM, líquido
Tipo de Protección	IP22 y tropicalizado en fábrica, debe presentar certificado

(Elaborado por el Autor)

4.4.3 ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO CON APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR MEDIANTE PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS

4.4.3.1 Ahorros e Ingresos

De acuerdo a los datos de las encuestas el gasto promedio por consumo de energía de mala calidad es de 18,2 usd al mes como consta en el cuadro 4.2 del análisis de las encuestas. Con este antecedente y tomando en cuenta que la generación de la energía eléctrica con los paneles solares fotovoltaicos es constante durante todos los días de vida útil de los mismos se ha propuesto una tarifa de 0,5 USD al día.

Se propone otros tipos de tarifación los cuales se los menciona a continuación:

a) En el primer método de tarifación que se propone es un valor fijo por la compra de un día de energía, basado en un análisis de los costos que le representa actualmente al usuario el consumo de otros tipos de energía que es el que se ha propuesto como el más viable.

b) Como una segunda propuesta se contempla que la tarifa a pagar esta compuesta por una parte fija que cubra solo los gastos de operación y mantenimiento más otra parte que ayude a la reposición de los equipos.

c) En una tercera propuesta se sugiere que la tarifa a cobrar sea solo de la energía que consume el usuario fijando un valor que cubra los gastos de operación y mantenimiento. Hay que tomar en cuenta que este método de tarifación no es recomendable para todos, ya que en algunos casos tienen propiedades como fincas que solo son visitadas por momentos y el deterioro del sistema es constante desde su instalación.

Con la primera propuesta de tarifación se obtiene unos ingresos mensuales de 15 USD al mes por concepto de venta de energía.

El proyecto genera importantes ahorros que se deben tomar en cuenta en la evaluación económica.

Para los ahorros en emisiones de CO₂ se toma en cuenta la energía generada por los sistemas solares fotovoltaicos que en este caso será de 1508 Wh al día por cada sistema.

Para las condiciones del Ecuador por cada sistema:

$$\text{Ahorro } CO_2 \text{ al día} = 1.5 \text{ Kwh} * 500gCO_2 = 750gCO_2 \text{ por sistema}$$

Ecuación 4.10

Tomando en cuenta los valores actuales de las emisiones de CO₂ tenemos:

$$\text{Ahorros por emisiones de } CO_2 \text{ al mes} = \frac{0.75}{1000} * 30 * 0.8 = 0.018\text{usd/sistema}$$

Ecuación 4.11

Para el caso de extender la red se requiere de 56.6 km de red primaria con su respectiva franja de servidumbre de al menos 5m, lo que representa un alto costo ambiental por deforestación ya que no existen vías de acceso por las cuales se pueda llevar la línea excepto para el sector La Victoria que son otros 15 km.

Con los datos de las redes necesarias calculamos los ahorros ambientales:

$$\text{Area afectada} = 56600m * 5m * \frac{1ha}{10000m^2} = 20.3ha$$

Ecuación 4.12

El costo por la deforestación ahora no está valorado en el país, pero el ahorro ambiental que representa la electrificación con sistemas aislados es muy representativo.

Tabla 4.16 – Cuadro de ahorros generador con la implementación del proyecto solar fotovoltaico en Chiriboga

Ahorros (usd)					
Tipo de Generación	Ahorros alimentación mes	Ahorros productivos mes	Ahorros salud mes	Ahorros Transporte Mes	Ahorros emisiones de CO2 mes
Solar	2,00	13,00	2,00	1,00	0,02
178 sistemas mes	356	2314	356	178	3,026
178 sistemas año	4272	27768	4272	2136	36,312

(Elaborado por el Autor)

En la Tabla 4.16, se presentan los ahorros generados por cada sistema solar y por 178 sistemas fotovoltaicos instalados de acuerdo a valores presentados en el capítulo 3.

4.4.3.2 Gastos e inversión

Los sistemas tienen una vida útil de aproximadamente 25 años.

La propuesta de sostenibilidad del proyecto contempla la reposición de las baterías cada 6 años y un mantenimiento semestral para los sistemas que presenten algún tipo de mal funcionamiento.

Tabla 4.17 - Costo de los sistemas solares fotovoltaicos para el sector Chiriboga

Costos sistema fotovoltaico				
	Precio unitario	Cantidad por sistema	Costo por sistema	Costo para 178 sistemas
Kit de medición prepago y 15 prep-cash	306,64	1,00	343,44	61.132,29
Inversores	689,04	1,00	771,72	137.367,01
Lámparas 11w	30,32	4,00	135,81	24.174,90

Lámparas 7w	26,54	2,00	59,44	10.580,43
Paneles FV 135Wp	172,08	3,00	578,20	102.919,40
Postes con soportes	83,75	1,00	93,80	16.696,40
Baterías.	283,35	2,00	634,70	112.977,31
Soportes de baterías.	41,30	1,00	46,26	8.233,57
Kit de cables y accesorios de instalación	220,13	1,00	246,55	43.885,12
Instalación	215,00	1,00	240,80	42.862,40
		0,00	0,00	0,00
		0,00	0,00	0,00
		0,00	0,00	0,00
Total			3.150,72	560.828,83

(Elaborado por el Autor)

De acuerdo a la Tabla 4.17, el costo de los sistemas solares para cada una de las viviendas es de alrededor de 3.150,72 USD.

El listado completo de los componentes de los sistemas solares fotovoltaicos se indica en el Anexo 4.4.

El costo de operación y mantenimiento se ha fijado en 20usd de acuerdo a ofertas del mercado por parte de empresas que prestan el servicio.

Tabla 4.18 – Cuadro egresos para la implementación del proyecto con sistemas fotovoltaicos en Chiriboga

Egresos por sistema e inversión (usd)				
Tipo de Generación	Inversión	Operación y mantenimiento cada 6 meses	Reposición de equipos cada 6 años	Otros valores
Solar	560.828,83	20	634.7	

(Elaborado por el Autor)

4.4.3.3 Tir y Van

Flujo de caja	
AÑOS	Valores
0	-384430
1	61309,312
2	62003,512
3	62713,999
4	63441,14814
5	64185,34296
6	-48029,02438
7	65726,44705
8	66524,16717
9	67340,55503
10	68176,0391
11	69031,05735
12	-43069,94244
13	70801,49747
14	71717,84502
15	72655,57855
16	73615,18702
17	74597,17025
18	-37373,96084
19	76630,31596
20	77682,53444
21	78759,24019
22	79860,99083
23	80988,35632
24	82141,91914
25	83322,27464

TIR	13,75%
VNA	\$ 411.166,50

4.4.4 FACTIBILIDAD DEL PROYECTO

4.4.4.1 Factibilidad Económica

El financiamiento del proyecto se lo realizara con fondos de la empresa ya que en el presupuesto anual de compras (PAC) del año 2013 está contemplado el

proyecto de electrificación de la zona Chiriboga por un monto aproximado de 1'500,000.00, mientras que a partir del año 2014 se contara con fondos del FERUM.

4.4.4.2 **Factibilidad Comercial**

Los clientes que son partícipes del proyecto, están muy interesados en la ejecución del proyecto ya que serían los primeros beneficiados demostrando una buena disposición para la fijación del costo de la energía, que garantice el mantenimiento de los equipos y su reposición hasta que las tarifas de cobro de la energía para este tipo de sistemas sea fijada por las instituciones competentes.

4.4.4.3 **Factibilidad Humana u Operativa**

El personal técnico encargado del manejo del proyecto será principalmente de la empresa ya que se cuenta con el personal capacitado y los equipos necesarios para la operación de los sistemas.

4.4.4.4 **Factibilidad Técnica o Tecnológica**

La Empresa Eléctrica Quito S.A. mediante la Gerencia de Proyectos Especiales, Energías Renovables y Eficiencia Energética cuenta con el personal capacitado en el manejo de estos sistemas, por lo que la implementación no tendrá limitante alguno en este sentido.

4.4.4.5 **Factibilidad Biológica o Ecológica**

Al implementar este tipo de sistemas autónomos para la electrificación se ayuda a mitigar los impactos medioambientales, ya que no altera en gran manera el

entorno en donde sea instalado respetando el hábitat de los seres vivos de la zona y manteniendo el ecosistema.

4.4.4.6 Factibilidad Organizacional

La EEQ S.A. al contar con el Sistema de Gestión de la Calidad (SGC), esta estructuralmente bien organizada definiendo claramente a los responsables en cada uno de los peldaños del proceso hacia el objetivo final que es la ejecución del proyecto.

4.4.4.7 Factibilidad Legal

Al momento no existe una regulación que nos indique un tipo de sistemas estándar para instalar en estas zonas por lo que la EEQ ha diseñado su propio modelo de sistema.

4.4.4.8 Factibilidad de Tiempo

La ejecución del proyecto está prevista para el año 2014, toda vez que los equipos sean adquiridos sin mayores contratiempos.

4.4.5 ASPECTOS IMPORTANTES PARA LA SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO

- Mantenimiento y reposición de equipos.

Los sistemas solares fotovoltaicos no requieren de mayor mantenimiento por lo que se prevé una capacitación a los usuarios para que realicen la limpieza de los paneles, en el caso de existir una avería en el sistema eléctrico está

previsto que la reparación lo realice técnicos de la EEQ S.A., una vez que han recibido la respectiva capacitación.

Para la reposición de los equipos la EEQ S.A. tiene previsto comprar repuestos extras como inversores, que son los equipos que más fallan, en cuanto a las baterías se contempla la compra del total de las baterías para el cambio a los 5 y 6 años.

- Gestión de residuos.

Los residuos que generan estos sistemas son las baterías que abandonadas en el medio ambiente son muy contaminantes, por esto la baterías luego de 5 y 6 años de funcionamiento serán retiradas y cambiadas por nuevas con la ayuda de los habitantes. Con respecto a las baterías usadas se los almacenara en las bodegas de la empresa hasta contratar un gestor ambiental.

- Capacitación.

Cuando se realizó los pliegos para la compra de los equipos se incluyó una capacitación al personal de la Empresa Eléctrica Quito por las empresas proveedoras, los mismos que serán los encargados de brindar asistencia técnica a los usuarios.

- Apoderamiento de los proyectos, participación de actores.

Los sistemas de generación serán de propiedad de la Empresa Eléctrica Quito S.A. por lo que se ha firmado un contrato con el usuario en el cual constan los compromisos, obligaciones y sanciones en caso de que el sistema sea manipulado por personas no autorizadas.

- Integración del contexto socio-económico, cultural y ambiental de la población.

El nivel educativo de los habitantes del sector Chiriboga es medio por lo que sí se puede capacitar a los usuarios en el funcionamiento y manejo de algunas partes del sistema como el regulador, para que realicen la respectiva recarga de energía.

- Usos productivos.

El sistema tiene una capacidad limitada de generación eléctrica, por lo que en la capacitación a los usuarios se les da a conocer que equipos pueden conectar, a pesar de lo citado anteriormente las protecciones del sistema permite al usuario conectar equipos de consumo un poco más alto de lo presupuestado en el diseño por cortos periodos de tiempo.

- Especificaciones de los equipos según el lugar con sus respectivas certificaciones y normas.

Tomando en cuenta el nivel educativo de los usuarios se ha diseñado el sistema de cobro que se lo realizara con la modalidad prepago por días, que se refiere al cobro similar a la telefonía celular prepago en donde los usuarios contarán con una llave magnética de metal resistente en la cual se grabara la recarga que adquieran en un centro de recaudación CAR's que funcionara en el centro de cómputo del poblado Chiriboga y en 5 centros más como en la parroquia Chillogallo.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Es necesario contar con una metodología que sirva como guía para la electrificación de los sectores rurales aislados del área de servicio de EEQ S.A. ya que de esta forma se optimiza los recursos utilizados en la ejecución de este tipo de proyectos.
- Un aspecto importante que se debe tomar en cuenta para llevar a cabo el desarrollo de un proyecto de electrificación en los sectores rurales es la socialización del mismo, en donde se debe dar a conocer las características y ventajas.
- Los sectores rurales en el área de servicio de la Empresa Eléctrica Quito S.A presentan características sociales propias, por lo que, para desarrollar un proyecto de electrificación en estos sectores, es necesario definir los parámetros de diseño en función de las características de la población.
- La recopilación de datos es un paso necesario y muy importante para garantizar la aceptación de la población y afianzar la sostenibilidad del proyecto de electrificación en el lugar.
- Dado el avance tecnológico en las energías renovables se cuenta con varias opciones de aprovechamiento de los recursos naturales para la generación de energía eléctrica en zonas remotas.
- A pesar que el conocimiento en las energías renovables es relativamente nuevo, si se realiza la debida capacitación a los habitantes de un sector se puede llevar a cabo estos proyectos en los sectores rurales del área de

servicio de la EEQ S.A. contando con la participación activa de los beneficiarios.

- El costo de la energía solar para la electrificación todavía es alto debido al desarrollo tecnológico que esto conlleva con respecto a sus componentes, sin embargo los ahorros sociales y medioambientales hacen que este método de electrificación sea viable.
- Con respecto a los costos de los equipos que componen un SSFV están disminuyendo en el transcurso del tiempo, lo que a futuro favorece a la utilización de esta tecnología en la electrificación.
- Debido a la madurez tecnológica, se tiene mucha información en lo que a generación fotovoltaica se refiere mientras que para generación eólica y con biomasa se debe realizar un estudio más profundo para desarrollar este tipo de proyectos.
- En el caso de la energía eólica, dado el desarrollo tecnológico hoy en día ya se puede encontrar sistemas de generación completos que solo requieren como datos la demanda de la carga.
- La metodología realizada se puede aplicar en otros sectores aislados que no sean parte de la Empresa Eléctrica Quito S.A. con ajustes en los parámetros que tienen relación con la cultura de los habitantes.
- El sector de Chiriboga por su ubicación geográfica se le considera como un sector rural aislado, y al contar con el servicio de energía eléctrica mejoraría la calidad de vida y la productividad de los habitantes.
- Con la socialización del proyecto se puede concluir que la capacitación es distinta en cada sector por las diferencias culturales que presentan.

- La encuesta realizada a los usuarios del sector Chiriboga fue muy útil ya que arrojó datos que fueron de vital importancia en el diseño de los sistemas y el análisis de la tarifa por consumo energético.
- De la experiencia tomada del sector Chiriboga los habitantes de estos sitios muestran total acogida a los sistemas solares fotovoltaicos a pesar de sus restricciones.
- Actualmente los habitantes del sector Chiriboga consumen diferentes tipos de energía de mala calidad, contaminante y peligrosa para la salud como velas, gasolina, keroseno, baterías, etc., los mismos que representan un costo igual o más alto que el costo actual de la energía eléctrica del país.
- Cuando se determinó la mejor opción de energización aparecieron parámetros que en el futuro determinarían la sostenibilidad del proyecto ya que los usuarios que normalmente son actores pasivos en la utilización de la energía pasan a ser actores activos, es decir son parte importante en la operación y mantenimiento del sistema.
- Se puede observar que el sistema de generación fotovoltaica se acopla prácticamente a la mayoría de las zonas aisladas del área de servicio de la EEQ S.A.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se debe poner mucho hincapié en la recolección de datos de la encuesta ya que estos datos definirán toda la estructura del proyecto.
- Para la evaluación de los recursos energéticos disponibles en el sector en donde se va a ejecutar el proyecto, es recomendable realizar con equipos que arrojen resultados confiables.
- En el caso del recurso eólico a pesar de tener algunas fuentes de información, estos datos solo deben ser tomados como referenciales ya que para el diseño de los generadores eólicos se debe realizar mediciones en el sitio exacto y en periodos de tiempo relativamente largos.
- Se debe tomar en cuenta que no todos los recursos energéticos aprovechables de biomasa son amigables y sostenibles con el medio ambiente.
- Un aspecto importante para la implementación de estos proyectos es la socialización del mismo con los habitantes del lugar, ya que se tiene experiencia de proyectos que han sido averiados e inclusive abandonados por la falta de gestión por parte de la empresa a cargo y por el desconocimiento de la población.
- En cuanto al dimensionamiento del inversor se debe tomar en cuenta la curva de eficiencia ya que, en el mayor rango de funcionamiento con respecto a la potencia de consumo determina un desperdicio de energía vital para el usuario, lo que no le permite al sistema de acumulación alcanzar su voltaje de flotación disminuyendo la vida útil del mismo.
- Tomando en cuenta que el avance investigativo en el campo de las energías renovables es constante, se recomienda que para proyectos

futuros se actualice constantemente los parámetros que determinan las especificaciones técnicas de los equipos.

- Se debe planificar la compra de todos los accesorios del sistema de generación, en vista que, una vez en campo no se puede conseguir y el trabajo puede demorar más de lo programado.

- Para realizar la compra de los equipos se recomienda elaborar las especificaciones técnicas de los mismos tomando en cuenta el funcionamiento de todo el sistema.

- En cuanto al transporte de los paneles solares fotovoltaicos se debe tener especial cuidado ya que al estar compuestos principalmente de cristales se convierten en equipos muy delicados, por lo que es necesario incluir a la población en la logística de este proceso.

- Es recomendable configurar los equipos antes de su transporte al sitio de instalación luego de ensayos de funcionamiento del sistema en laboratorios.

REFERENCIAS

- Actualidad Ambiental. (2012). *Actualidad Ambiental Perú*. Recuperado el 23 de 06 de 2012, de <http://www.actualidadambiental.pe/?p=5083>
- Castells, X. (2011). *Energía, Agua, Medioambiente, Territorialidad y Sostenibilidad* (2a ed.). Madrid: Díaz de Santos.
- CEDECAP. (2008). *Curso de Energías Renovables*. Quito.
- Climate Well. (08 de 06 de 2008). *Climate Well*. Recuperado el 20 de 05 de 2012, de <http://www.climatewell.com/index.html>
- CONELEC. (2005). *Reglamento Sustitutivo del Reglamento de Suministro de Electricidad* (1a ed.). Quito.
- CONELEC. (2009). *Plan Maestro de Electrificación 2009-2020*. Quito: CONELEC.
- CONELEC. (2012). *Estadísticas del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2012*. Quito: CONELEC.
- Danish Wind Industry Association. (15 de 06 de 2011). www.windpower.org. Recuperado el 20 de 08 de 2012, de www.windpower.org
- De Juana, J. M. (2003). *Energía Renovable para el Desarrollo* (1a ed.). Madrid: Paraninfo.
- Empresa Eléctrica Quito. (2002). *Normas para sistemas de distribución-Parte A-EEQ* (1a ed.). Quito.
- Empresa Eléctrica Quito. (2012). *Plan Estratégico de la EEQ 2012 - 2015*. Quito.
- Energy Trends. (28 de 09 de 2008). *Energy Trends Report*. Recuperado el 15 de 10 de 2012, de <http://www.energytrendsinsider.com/smart-grid/>
- Enríquez, G. (2004). *El ABC del Alumbrado y las Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión* (2a ed.). México: Limusa.
- Esteire, E. (2010). *Energías renovables* (1a ed.). Madrid: AMV.
- Gago, A. (2012). *Iluminación con Tecnología LED* (1a ed.). Madrid: Paraninfo.
- Gerencia de Proyectos Especiales EEQ. (2012). *Presentación Anual 2012*. Quito: EEQ.

- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2012). *Guía Práctica Ecuatoriana para el Desarrollo de Estudios de Inventario, Prefactibilidad, Factibilidad y Diseño Definitivo de Proyectos de Generación Hidroeléctrica*. Quito: 1a.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2010). *Censo 2010*. Quito.
- Ministerio de Energía y Minas Perú. (10 de 08 de 2012). *Ministerio de Energía y Minas Perú*. Recuperado el 06 de 09 de 2012, de <http://www.minem.gob.pe/>
- Mundo Recicla Blogspot. (01 de 11 de 2009). *Mundo Recicla Blogspot*. Recuperado el 15 de 06 de 2012, de http://mundorecicla.blogspot.com/2009_11_01_archive.html
- Ohmios. (23 de 04 de 2013). Recuperado el 10 de 06 de 2013, de <http://ohmios.es/2013/04/23/iluminacion-de-estado-solido-led-una-aproximacion-a-su-conocimiento-capitulo-i/>
- OLADE. (12 de 10 de 2010). *Olade*. Recuperado el 15 de 08 de 2012, de www.olade.org
- Perez, M. (2011). *Libro de Ejemplo*. Quito: Anonimo.
- Richards, J. (2009). *Wind Energy* (1a ed.). New York: MacMillan Educartion.
- Sanz, J. (2008). *Energía Hidroeléctrica* (1a ed.). Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza.
- SEDECON. (2013). *Sistema electrónico de negociaciones de derechos de emisiones de CO2*.
- Vicini, R., & Micheloud, O. (2012). *Smart Grid Fundamentos, Tecnologías y Aplicaciones* (1a ed.). México D.F.: Cengage Learning Editores.
- Villarubia, M. (2012). *Ingeniería de la Energía Eólica* (1a ed.). Barcelona: Marcombo.

ANEXOS

ANEXO 2.1: AVANCE TECNOLÓGICO EN ILUMINACION

Tradicionalmente se utilizaba las luminarias incandescentes, las cuales, a pesar de proporcionar un ambiente cálido y de tener un costo bajo, se caracterizan porque aproximadamente el 90% de la energía que consumen se transforma en calor y apenas un 10% en iluminación, siendo ineficientes para su propósito. Producen aproximadamente 15.6 lum/w.

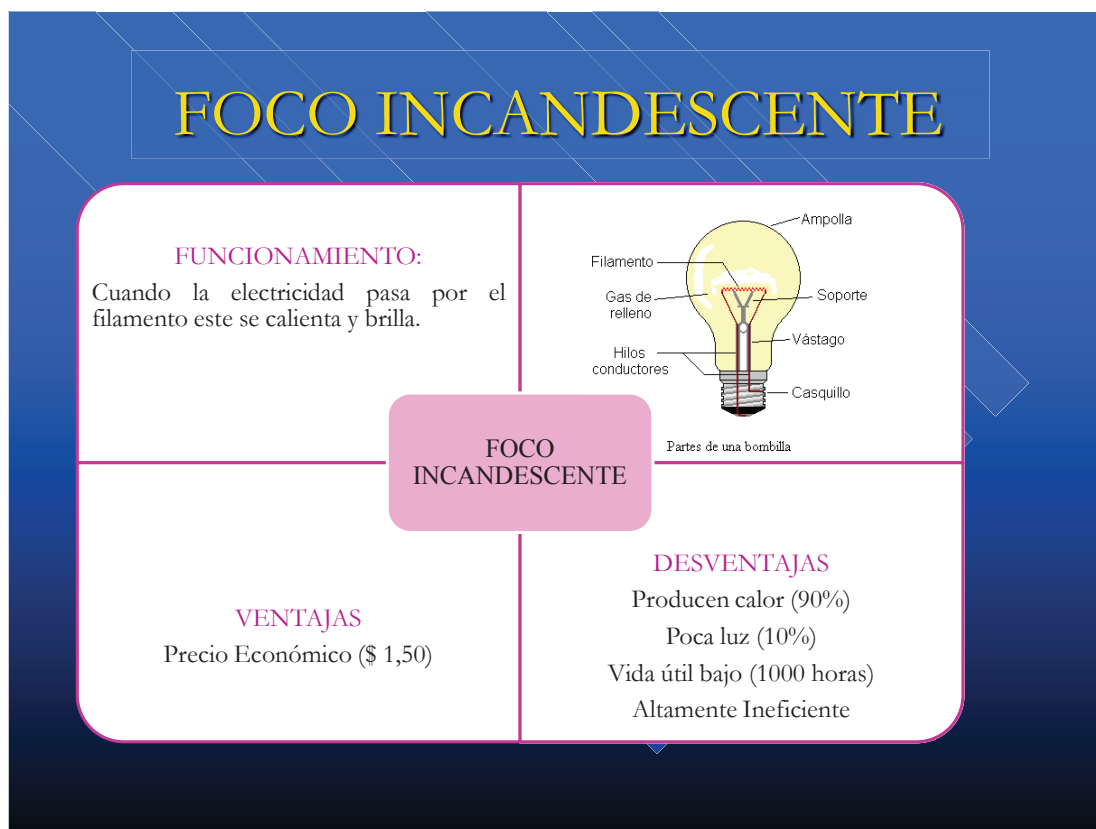


Figura 0.1 – Características de un foco incandescente
(Realizado por el Autor)

Los focos fluorescentes tiene mejores características que los anteriores, con una producción de aproximadamente 69 lum/w, con la desventaja de necesitar un

balastro electromagnético para su funcionamiento (Enríquez, 2004). La Figura 0.2 muestra un resumen de las características principales de este tipo de luminaria



Figura 0.2 – Características de un Foco Fluorescente
(Realizado por el Autor)

Los llamados focos ahorradores son una tecnología similar a los fluorescentes pero más compacta, lo que disminuye el arco eléctrico en el encendido y proporciona una estética más familiar al local en el que se coloca. (Enríquez, 2004)

Otras características de esta luminaria se muestran en la Figura 0.3.

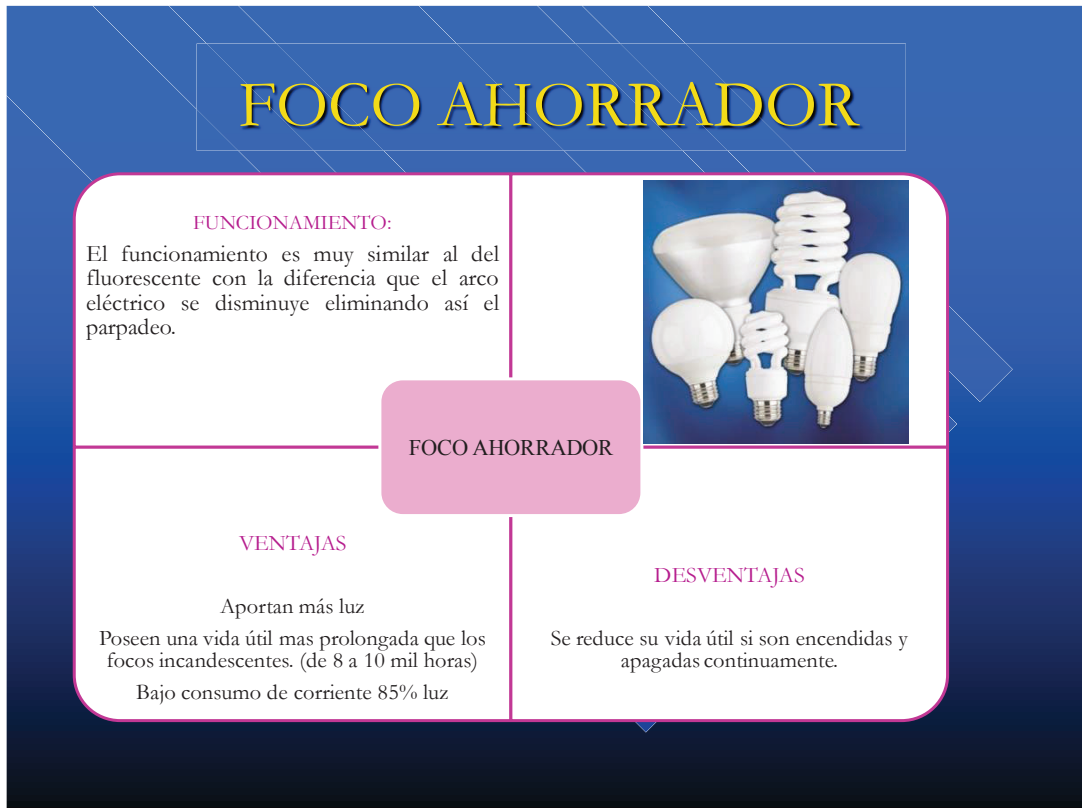


Figura 0.3 – Características de un Foco Ahorrador
(Realizado por el Autor)

Los focos LED son una de las últimas innovaciones tecnológicas basada, como su nombre lo indica, en diodos emisores de luz de alta potencia. Un foco está compuesto por una matriz de diodos que producen en promedio 80 lum/w. (Gago, 2012)

El principio de funcionamiento de este tipo de luminaria se encuentra en la Figura 0.4

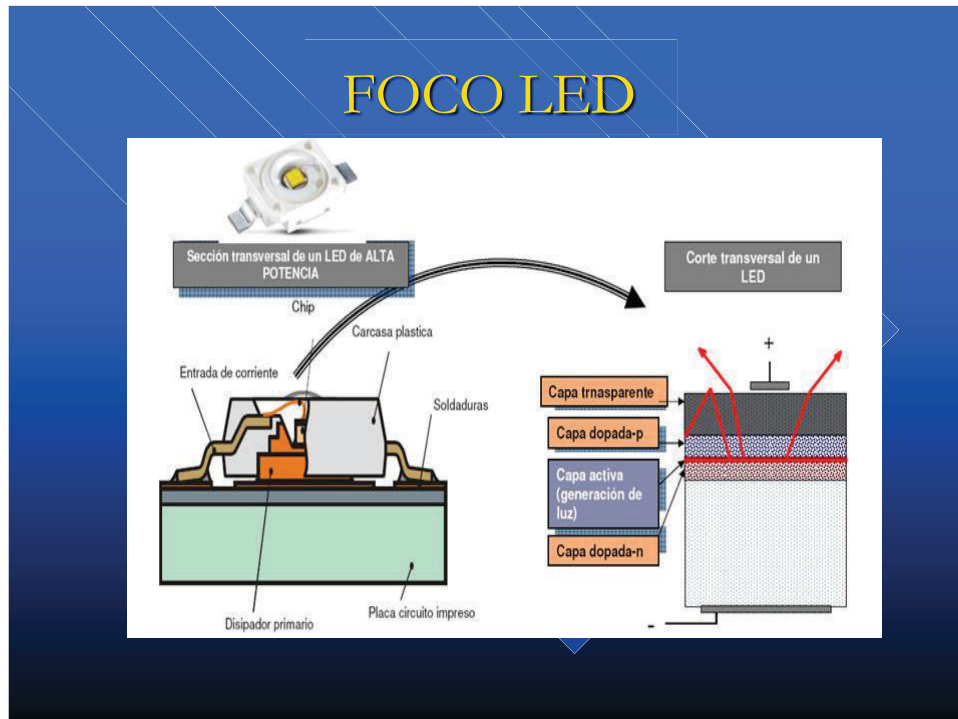


Figura 0.4 – Principio de Funcionamiento de un Foco LED
(Realizado por el Autor)

Con los diferentes arreglos de la placa que contiene al circuito LED y mediante la mezcla de los colores básicos: rojo, verde y azul; se está en capacidad de obtener una variada gama de colores, incluido el blanco. Algunas de las ventajas de los focos LED se muestran en la



Figura 0.5 – Ventajas de la Tecnología LED, frente a las fuentes de luz convencionales
(Ohmios, 2013) Recuperado de: <http://ohmios.es/2013/04/23/iluminacion-de-estado-solido-led-una-aproximacion-a-su-conocimiento-capitulo-i/>

ANEXO 2.2: AVANCE TECNOLÓGICO EN EL DESARROLLO DE APARATOS EFICIENTES

- Desconectar equipos electrónicos para eliminar el consumo de energía en espera (stand-by power “vampiros”). Esta energía puede representar cerca del 10% del consumo de energía eléctrica doméstica.
- Revisar la hermeticidad de su refrigerador verificando el estado de los cauchos de la puerta. Esto lo puede comprobar poniendo una hoja de papel al cerrar la puerta; si ésta cae o se desliza fácilmente cuando usted tira de ella, indica que los empaques deben cambiarse.
- Colocar el refrigerador en un lugar con suficiente espacio para permitir la circulación del aire por la parte posterior, y lejos de fuentes de calor como la cocina o el sol.
- Evitar abrir frecuentemente la puerta.
- No introducir alimentos calientes.
- Regular el termostato para que no se forme hielo.
- Limpiar periódicamente la parte posterior del refrigerador.
- Si se desea comprar una refrigeradora se debe comparar precios, calidad y consumo de energía.
- Mantener el ventilador en buen estado, limpio y lubricado.
- Limpiar periódicamente las aspas.
- Mantener las puertas cerradas del lugar que se quiere acondicionar, para evitar que el aire se pierda.
- Si se deja de usar la computadora por un tiempo, apagar el monitor, es como apagar un foco de 75 W.
- Utilizar las opciones para regular el ahorro de energía que tiene cada computador.
- A pesar de que el CPU debe mantenerse encendido para mantener una conexión de internet, las impresoras, monitores y otros periféricos no necesitan estar encendidos totalmente.

ANEXO 3.1: MODELO DE ENCUESTAS A LOS HABITANTES DE LA ZONA DE PROYECTO

ENCUESTA A USUARIOS DOMESTICOS Y NO DOMESTICOS SIN SERVICIO ELECTRICO

FECHA DE LA VISITA:

_____ No. _____ No.GPS _____

1. IDENTIFICACIÓN DEL BENEFICIARIO:

NOMBRE: _____ CI _____ TELEF _____

COMUNIDAD A LA QUE PERTENECE: _____ SECTOR: _____

2. DATOS DE LA VIVIENDA DEL BENEFICIARIO:

SOLO VIVIENDA _____ VIVIENDA Y COMERCIO _____ SOLO COMERCIO _____

ESCUELA _____ COLEGIO _____ AULA COMUNITARIA _____

IGLESIA _____ OTRO _____

NUMERO DE AMBIENTES: _____ No. DE HABITANTES _____

MAYORES A 18 AÑOS _____ MENORES DE 18 AÑOS _____

MATERIALES CON QUE ESTA CONSTRUIDA LA VIVIENDA:

PISO: _____

PAREDES _____ TECHO: _____

VIVIENDA UBICADA EN EL CENTRO: _____ FUERA DEL CENTRO: _____

ACCESO A LA VIVIENDA: _____

3. INGRESOS FAMILIARES:

FUENTES DE INGRESO	DE	SELECCIONAR LA O LAS FUENTES DE INGRESO
AGRICULTURA		

TURISMO	
ARTESANIA	
PESCA	
EMPLEO PRIVADO	INSTITUCION:
EMPLEO PUBLICO	INSTITUCION:
COMERCIO	

4. APARATOS QUE PIENSA ADQUIRIR, EN QUE MOMENTO Y HORAS DE USO ESPERADO:

EQUIPO	CANTIDAD	ENSEGUIDA	AÑO 2	AÑO 3	HORAS/DIA
FOCOS					
SOLO RADIO					
TV B/N					
TV COLOR					
DVD					
RADIO - GRABAD					
REFRIGERADOR					
VENTILADOR					
LICUADORA					

5. USOS PRODUCTIVOS

Piensa desarrollar alguna actividad productiva con la llegada de la electricidad:

SI _____ NO _____ Indicar la actividad productiva que piensa desarrollar:

	EL PRIMER AÑO	AL CONTAR CON LUZ	MAS TARDE
Tipo de actividad			
Tipo de equipo eléctrico requerido			

6. SELECCIONE LOS IMPLEMENTOS QUE UTILIZA COMO FUENTE DE ENERGIA HOY

IMPLEMENTO	CANTIDAD	CUANTO GASTA	CUANTO	OBSERVACIONES
------------	----------	--------------	--------	---------------

		A LA SEMANA	GASTA AL MES	
VELAS				
PILAS				
MECHEROS				
DIESEL				
GASOLINA				
OTRO				

7. PAGO POR UN NUEVO SERVICIO:

CUANTO ESTA DISPUESTO A PAGAR SU FAMILIA POR TENER UN SERVICIO ELÉCTRICO DE MEJOR CALIDAD QUE EL ACTUAL AL MES:
 _____ A LA SEMANA: _____ CADA QUE VENDE SUS PRODUCTOS:
 _____ OTRA ALTERNATIVA: _____

8. PAGO POR CONSUMOS COMUNITARIOS:

ESCUELA, BOMBA DE AGUA, AULA COMUNITARIA, INTERNET, IGLESIA, ETC.

ESTA DISPUESTO A PAGAR SI _____ CUANTO _____
 NO _____ PORQUE _____

QUIENES _____ DEBEN
 PAGAR _____

9. POSIBLE FUENTE DE ENERGIA

SOLAR _____ HIDRICA _____ EÓLICA _____
 OTROS _____

OBSERVACIONES:

ANEXO 3.2: ESPECIFICACIONES TECNICAS DE PLACAS SOLARES

- Marca de los paneles.
- Modelo.
- Fecha de manufactura que no sean mayor a 1 año hasta su entrega.
- Dimensiones de los paneles para el diseño de la estructura que va como soporte.
- Tipo de celda.
- Potencia nominal.
- Corriente máxima potencia I_{max} (A).
- Voltaje máximo potencia V_{max} (V).
- Corriente de cortocircuito I_{sc} (A).
- Voltaje de circuito abierto V_{oc} (V).
- Voltaje nominal.
- Eficiencia nominal operación del panel.
- Diodos de bloqueo.
- Cambio V_{oc} con la temperatura.
- Cambio I_{sc} con la temperatura.
- Vidrio cobertor
- Caja de conexiones.
- Certificados de vida útil.
- Temperatura de operación.
- Pérdida de potencia durante la vida útil en condiciones estándar.
- Identificación del panel.
- Especificaciones eléctricas de desempeño (Curva I-V).
- Características constructivas del módulo (materiales).
- Protección contra efectos ambientales.
- Normas IEC 61215, IEC 61730 TUV clase seguridad II, CE, ISO 9001, certificado CHUBB, se puede pedir un documento de una empresa certificadora de paneles en el que se indique que los paneles cumplen con las especificaciones técnicas ofertadas y el proceso de manufactura.

ANEXO 3.3: EQUIPOS QUE CONFORMAN UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AISLADO

Cantidad	Equipos	Especificaciones
ELEMENTOS PRINCIPALES		
	Paneles Fotovoltaicos	
	Baterías	
	Gabinete para regulador y batería	
	Sistema de medición de energía	
	Controlador de carga	
	Inversor de corriente	
	Lámparas tipo LED	
	Poste soporte para paneles	
	Cable multiconductor.	
	Cable conductor desnudo para puesta a tierra.	
	Set de interruptores	
	Set de tomacorrientes dobles polarizado	
	Switches termomagnéticos	
	Varillas de cobre para puesta a tierra	
	Arrestador pararrayo	
ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS		
	Terminales tipo talón de aleación de Al-Cu.	
	Pinza de anclaje.	
	Correa de ajuste de acero.	
	Fusible con portafusibles para dc.	
	Termo magnéticos para ac y dc.	

ANEXO 4.1: LISTADO DE HABITANTES DE LA ZONA

HABITANTES QUE FORMAN PARTE DEL PROYECTO DEL SECTOR CHIRIBOGA					
No.	NOMBRES	CEDULA	SECTOR	X	Y
1	Coyago Olmos Mariana de Jesús	1704522679	Saloya	757884	9965696
2	Haro Ayerve Luis Alberto	1705557070	Saloya	758075	9966966
3	Malquín María Pastora	1708844947	Saloya	757482	9964740
4	Naranjo Naranjo Wilson Gilberto	1709824617	Saloya	757945	9963926
5	Carrillo Pillajo Juan Carlos	1715050181	Saloya	756369	9963808
6	Túqueres Luis Víctor		saloya	757573	9965860
7	Peña Villafuerte Fidel Alfonso	060217182-9	Saloya	759542	9968062
8	Vaca Malquin	171722894-2	Saloya	758442	9965543
9	Mancero Flores Luis Wolfi	1702615897	Sigsal	758709	9966888
10	Pozo Baez Juan Ignacio	1704017928	Guarumal	752567	9969214
11	Pozo Baez Lucas Humberto	0400341301	Guarumal	753747	9971530
12	Pozo Narvaez Ana Cecilia		Guarumal	753161	9971336
13	Pozo Montenegro Manuel María		Guarumal	753490	9970904
14	Proaño		Guarumal	752153	9970725
15	Araujo Obando María Eugenia	1712794716	Guarumal	752179	9969036
16	Pantoja Benalcázar Simón Bolívar	0400328258	Guarumal	751873	9968176
17	Lema Ortíz Carlos Segundo	0201027638	Guarumal	752202	9968572
18	Araujo Obando Martha Guadalupe	1707890586	Guarumal	752559	9968754
19	Ortiz Araujo Byron Fernando	1718935271	Guarumal	750779	9968654
20	Araujo Obando Jaime Roberto	1712077336	Guarumal	752179	9969036
21	Tipán María Asunción Piedad	1702196732	Guarumal	752020	9968262
22	Quemag Pinchao Aníbal Campo Elías	1704717071	Guarumal	752290	9968300
23	Terán Pozo Diego Santiago	1718487026	Guarumal	751873	9968176
24	Pozo Baez José Enrique	0400427654	Guarumal	751754	9967958
25	Saico Pillcurima José Ignacio	0101034890	Guarumal	754681	9968295
26	Andino Ashqui Milton Patricio	0502368848	Guarumal	753524	9968249
27	Ramos Rivera Noe Tobías	0100414424	Guarumal	752171	9967357
28	Andino Ashqui Héctor Euclides	1711833549	Guarumal	754385	9970660
29	Ashqui Cruz Mariana Claudina	0500941414	Guarumal	754348	9967042
30	Velásquez Zambrano Bella Serena	1705833588	Guarumal	752418	9968474
31	Oto Ortíz Víctor Marcelo	0502294465	Guarumal	753046	9967822
32	Rubio Nelly		Guarumal	752883	9967812
33	Peña Fidel		guarumal	757884	9965696
34	Siguencia Guamán Jorge Rigoberto	0601786676	Guarumal	750650	9966776
35	Aguilar Dávila Angel Cornelio	701639288	Guarumal	751364	9965300
36	Dávila Sanchez Heriberto José	701579609	Guarumal	751772	9971141
37	Romero Recalde Pedro	1713632006	Guarumal	750567	9970717

HABITANTES QUE FORMAN PARTE DEL PROYECTO DEL SECTOR CHIRIBOGA					
No.	NOMBRES	CEDULA	SECTOR	X	Y
38	Cazar Mauricio		Guarumal	752068	9966752
39	Romero Recalde Neris Genaro	1708588452	Guarumal	752162	9966119
40	Medina Tipán Mercedes Guadalupe	1709909251	Guarumal	751657	9968280
41	Medina Tipán Nancy Fabiola	1711834026	Guarumal	751580	9968155
42	Medina Obando Natalia Piedad	1706639364	Guarumal	751430	9968042
43	Medina Tipán Rodolfo Arturo	1707855308	Guarumal	751368	9967907
44	Medina Tipán Marcela Patricia	1714012174	Guarumal	751525	9967904
45	Porras Muela Marcelo Geovanny	1712065968	Guarumal	752688	9969047
46	Delgado Galarraga Angel María	1700181017	Guarumal	753084	9969285
47	Espín Luis		Guarumal	752200	9969200
48	Ante Segundo		Guarumal	752200	9969200
49	Portilla Hugo		Guarumal	752200	9969200
50	Arce William		Guarumal	752200	9969200
51	Ante José Luis		Guarumal	752200	9969200
52	Rivera Manuel		Guarumal	752200	9969200
53	Salazar Díaz Angel Armando	1711530210	Zapadores	751240	9972368
54	Salazar Díaz Luis Modesto	1705065082	Zapadores	750659	9972654
55	Díaz Granja Jorge Aníbal	0501372585	Zapadores	750888	9971948
56	Almeida Mora Ana María	1703538510	Zapadores	750878	9972130
57	Sillo Pilatasig María Josefina	0502943566	Zapadores	751087	9971298
58	Carrillo Carrillo Humberto Alexander	1713664199	Zapadores	749548	9973783
59	Montero Quizhpilema Nelly Rocío	300950078	Zapadores	751081	9971477
60	Mosquera Marcia	1802045649	Zapadores	750671	9971444
61	Salazar Acosta Polivio	1702632637	Guajalito	747062	9971052
62	Velásquez José Ricardo	1708801285	Guajalito	746523	9969860
63	Albuja Ortíz Olga Celene	1710568021	Guajalito	746577	9970248
64	Ati Andino Luis Hermógenes	0500524384	Guajalito	745609	9969564
65	Albuja Jaime Erdulfo	1700979758	Guajalito	746106	9970434
66	Naranjo Zapata Jaime Napoleón	0200278364	Guajalito	746236	9969552
67	Albuja Zarria Ramiro	1710713643	Guajalito	745681	9970407
68	Mayorga Carlos		Guajalito	745593	9970178
69	Andino Martha		Guajalito	746714	9970902
70	Cabrera Elizalde Agustín	1100633880	Palmeras	742316	9974456
71	Estrada Cartajena José	0200392629	Palmeras	742096	9974277
72	Farinango Velasteguí María Carolina	1702970714	Palmeras	742382	9974824
73	Heras Reyes Elías Salvador	0701276115	Palmeras	741950	9975376
74	Farías Marquez Jorge Ramón	1715638282	Palmeras	742491	9974466
75	Galarraga Cadena Carlos Plutarco	1708455728	Palmeras	742427	9974408
76	Robayo Guerra Francisco Javier	1714110291	Palmeras	742389	9974215
77	Zak Mnacek Vlastimil	1705264719	Palmeras	742027	9974051

HABITANTES QUE FORMAN PARTE DEL PROYECTO DEL SECTOR CHIRIBOGA					
No.	NOMBRES	CEDULA	SECTOR	X	Y
78	Jaramillo Jaime		Palmeras	742476	9974472
79	Tenesaca Carlos		Palmeras	757482	9964740
80	Araujo		Palmeras	757945	9963926
81	P Segundo		Palmeras	758709	9966888
82	Araujo Flores Eugenio		Palmeras	752567	9969214
83	Andino Guido	1709682684	Palmeras	752164	9969292
84	Andino Gustavo	1701001883	Palmeras	751578	9969330
85	Castillo Ramiro	202103644	Palmeras	751373	9969095
86	Lazo Vargas Leopoldo Rafael	1715074462	La Victoria	762072	9968991
87	Cóndor Manuel		La Victoria	762306	9969159
88	Muñoz Mercedes		La Victoria	762064	9969789
89	Egas José		La Victoria	762198	9970784
90	Vinueza Marco		La Victoria	762505	9971168
91	Cóndor Angelita		La Victoria	762513	9971169
92	Egas Angel		La Victoria	762477	9971290
93	Orozco César		La Victoria	762489	9971451
94	Romero Aldás José Clímaco	1000733988	La Victoria	762528	9971792
95	Tejada Rafael		La Victoria	760175	9972531
96	Martínez Alberto		La Victoria	759466	9973573
97	Pantoja Morales Nelson Abdón	1700260878	La Victoria	758321	9973929
98	Yupa Yupa Sonia Clementina	1711641322	La Victoria	757797	9974501
99	Cevallos Mónica		La Victoria	756990	9974531
100	Orozco Ramírez Jesús Domingo	1709122988	La Victoria	756988	9974521
101	Puga Héctor		La Victoria	756586	9974745
102	Álvarez Espinel Julio Federico	0500443791	La Victoria	756350	9974812
103	Mejía Héctor Salomón	1702618701	La Victoria	756190	9974943
104	Pazmiño Luis		La Victoria	756273	9975023
105	Pilataxi Gonzalo		La Victoria	756092	9974999
106	Luna Isaac		La Victoria	755633	9975044
107	Rivadeneira Barrionuevo Luz del Rocío	1801278415	La Victoria	755536	9975093
108	Places Lola		La Victoria	756610	9975968
109	Basantos Mosquera María Jael	1706799408	La Victoria	756518	9976061
110	Places Luis		La Victoria	756219	9976533
111	Cachumba Velasco Manuel María	1703944981	La Victoria	756153	9976544
112	Robalino (Doctor)		La Victoria	755939	9976376
113	García Yolanda		La Victoria	755541	9975072
114	CASA COMUNAL		La Victoria	755551	9975062
115	Armijos Jiménez Esterfilia	0701310468	La Victoria	755219	9974818
116	Toscano Mejía Angel Abraham	1705645255	La Victoria	754994	9974703
117	Chacha Narcisa		La Victoria	754605	9974556

HABITANTES QUE FORMAN PARTE DEL PROYECTO DEL SECTOR CHIRIBOGA					
No.	NOMBRES	CEDULA	SECTOR	X	Y
118	Chazo Mora Ayda Dorila	1705012134	La Victoria	754751	9974680
119	Ortega Pacheco Gloria Isabel	1707185813	La Victoria	752200	9969200
120	Saravia Mora Manuel Israel	0906142310	La Victoria	752200	9969200
121	García Juan		La Victoria	752200	9969200
122	García Antonio		La Victoria	752200	9969200
123	Guerra Gladys		La Victoria	752200	9969200
124	Sigchos Verdesoto Wilson Germán	1717187221	La Victoria	752200	9969200
125	Chicaiza Elsa		La Victoria	752200	9969200
126	Yupa Padilla José Ariolfo	0600310478	La Victoria	752200	9969200
127	Yupa Yupa Saúl Marcelo	1716466675	La Victoria	752200	9969200
128	Yupa Yupa Melva Ana	1713617643	La Victoria	752200	9969200
129	Cadena Galárraga Edmundo Miguel	1700768839	La Victoria	752200	9969200
130	Velásquez Gonzalo		La Victoria	752200	9969200
131	Reyes Bolívar		La Victoria	752200	9969200
132	Armijos Jiménez Rocío del Pilar	1716296817	La Victoria	752200	9969200
133	Hidalgo Rubén		La Victoria	752200	9969200
134	Pilacuan Romero Guillermo	1000790327	La Victoria	752200	9969200
135	Tejada Bosmediano Jimena de Lourdes	1712730488	La Victoria	752200	9969200
136	Egas Cadena Guillermo	1700638578	La Victoria	752200	9969200
137	Cuarán Puga Carlos Alfonso	1700036690	La Paz	751135	9977158
138	Vivas Bamonte Eulalia Amparo	1708993173	La Paz	746570	9971300
139	Caizaluisa Collaguazo Luis Gonzalo	1701049940	La Paz	744946	9971261
140	Cuascota Pasichana José Jaime	1716749179	La Paz	746228	9977609
141	Jiménez Procel Enrry Gonzalo	1710521426	La Paz	749995	9978134
142	Tipán Mosquera Luis Guillermo	1708186679	La Paz	740456	9974182
143	Dávila Castro Luis Jacinto	0700881253	La Paz	747294	9978212
144	Parco Naranjo Mesías Manuel	1711550192	La Paz	748092	9977361
145	García Peñarreta Nelson Arteman	1708762701	La Paz	741198	9978880
146	Ayala Robalino Germán Ramiro	1712479334	La Paz	746813	9979202
147	Lobato Lozano Jimi Paúl	1720851987	La Paz	746539	9978252
148	Llanos Baños Holger Enrique	0200584829	La Paz	745143	9977762
149	Peralta Criollo Mariana de Jesús	1704251063	La Paz	747609	9977314
150	Esquivel Alcides		La Paz	747769	9978616
151	Pilataxi Pilataxi Jaime Vladimir	1710119890	La Paz - Líbano	747249	9978646
152	Puratambi Calderón Marcelo	1703511194	La Paz - Líbano	744753	9976623
153	Freire Jiménez Olivia María	0700743719	La Paz - Líbano	743749	9979376
154	Gaybor Maldonado Hernán Vicente	1703313872	La Paz - Líbano	742970	9980415
155	Mosquera Costales José Melchor	1800944025	La Paz - Líbano	744823	9978550
156	Puratambi Calderón Marco Lizardo	1706358940	La Paz - Líbano	743999	9978750
157	Vera Cruzatti Manuel Antonio	1712181351	La Paz - Líbano	743885	9978431

HABITANTES QUE FORMAN PARTE DEL PROYECTO DEL SECTOR CHIRIBOGA					
No.	NOMBRES	CEDULA	SECTOR	X	Y
158	Criollo José		La Paz - Líbano	744134	9978237
159	Anilema Armendáriz Kleber Hernán	0200965499	La Paz - Líbano	742730	9983462
160	Anilema Armendáriz Gloria Eloisa	0200523181	La Paz - Cedros	743982	9982327
161	Larrea Anilema Darwin Renán	1719128520	La Paz - Cedros	744434	9982877
162	Gaybor Almendariz José Danilo	1711411650	La Paz - Cedros	742926	9983668
163	Bastidas Armas Jofre Leonso	1002727434	La Paz - Cedros	742363	9986175
164	Garzón Bastidas Braulio Alfredo	1706251046	La Paz - Cedros	745385	9981037
165	García Peñarreta Sergio Audino	1900073758	Virginia	746953	9982468
166	Vizuite Puente Nestor Arsecio	1702274315	Virginia	752200	9969200
167	Coral Arcesio	1711041812	Virginia	752200	9969200
168	Barre Lourdes	1723318646	Virginia	752200	9969200
169	Punina Rosa	233015637	Virginia	752200	9969200
170	Coral Jorge	1711731578	Virginia	752200	9969200
171	Jiménez Velasco Milton Rodrigo	0501044580	La Colonia	745722	9980056
172	Tarambís Maygua Yolanda Patricia	1714118757	La Colonia	745444	9979758
173	Ayala Tates Iván Ancelmo	1718215617	La Colonia	745565	9975392
174	Pasichana María		La Colonia	752200	9969200
175	Barriga Gaibor Jorge	600919310	La Colonia	752200	9969200
176	Tapia Carmén	1710085976	La Colonia	752200	9969200
177	Tapia Jorge	1710217728	La Colonia	752200	9969200
178	Herrera Iván		La Colonia	752200	9969200

ANEXO 4.2: EJEMPLO DE ENCUESTA A LOS USUARIOS



EMPRESA ELÉCTRICA QUITO – GPE - DPREE

ENCUESTA A USUARIOS DOMESTICOS Y NO DOMESTICOS SIN SERVICIO ELECTRICO

FECHA DE LA VISITA: _____ No. _____ No.GPS _____

1. IDENTIFICACIÓN DEL BENEFICIARIO:

NOMBRE: Lucas Humberto Sozo Baiz

COMUNIDAD A LA QUE PERTENECE: Guazumal CI: 040034130-1

2. DATOS DE LA VIVIENDA DEL BENEFICIARIO:

SOLO VIVIENDA VIVIENDA Y COMERCIO _____ SOLO COMERCIO _____

ESCUELA _____ COLEGIO _____ AULA COMUNITARIA _____

IGLESIA _____ OTRO _____

NUMERO DE AMBIENTES: _____ No. DE HABITANTES 6

MAYORES A 18 AÑOS MENORES DE 18 AÑOS _____

MATERIALES CON QUE ESTA CONSTRUIDA LA VIVIENDA:

PISO: Madera PAREDES Madera TECHO: Sing

VIVIENDA UBICADA EN EL CENTRO: _____ FUERA DEL CENTRO:

ACCESO A LA VIVIENDA: camino de herradura

3. INGRESOS FAMILIARES:

FUENTES DE INGRESO	SELECCIONAR LA O LAS FUENTES DE INGRESO
AGRICULTURA	<u>Agricultura</u>
TURISMO	
ARTESANIA	
PESCA	
EMPLEO PRIVADO	INSTITUCION:
EMPLEO PUBLICO	INSTITUCION:
COMERCIO	

4. APARATOS QUE PIENSA ADQUIRIR Y A QUE PLAZO CON CONSUMO ESPERADO:

EQUIPO	CANTIDAD	HORAS/DIA	ENSEGUIDA	AÑO 2	AÑO 3
FOCOS	<u>10</u>		<input checked="" type="checkbox"/>		
SOLO RADIO	<u>1</u>		<input checked="" type="checkbox"/>		
TV B/N					
TV COLOR	<u>1</u>		<input checked="" type="checkbox"/>		
DVD	<u>1</u>				
RADIO - GRABAD	<u>1</u>				
REFRIGERADOR	<u>1</u>	<u>24</u>		<input checked="" type="checkbox"/>	
VENTILADOR					
LICUADORA	<u>1</u>		<input checked="" type="checkbox"/>		



EMPRESA ELECTRICA QUITO – GPE - DPREE

5. USOS PRODUCTIVOS

Piensa desarrollar alguna actividad productiva con la llegada de la electricidad:

SI NO Indicar la actividad productiva que piensa desarrollar:

	EL PRIMER AÑO	AL CONTAR CON LUZ	MAS TARDE
Tipo de actividad	Crianza de animales menores	Una procesadora	
Tipo de equipo eléctrico requerido	Procesadora de pollos	Frigorífico	

6. SELECCIONE LOS IMPLEMENTOS QUE UTILIZA COMO FUENTE DE ENERGIA HOY

IMPLEMENTO	CANTIDAD	CUANTO GASTA A LA SEMANA	CUANTO GASTA AL MES	OBSERVACIONES
VELAS	1 paquete	1,50	6,00	
PILAS	1 pila	1,00	4,00	
MECHEROS	2			
DIESEL	1	0,50	2,00	
GASOLINA				
OTRO				

7. VOLUNTAD DE PAGO POR UN NUEVO SERVICIO:

CUANTO ESTA DISPUESTO A PAGAR SU FAMILIA POR TENER UN SERVICIO ELÉCTRICO DE MEJOR CALIDAD QUE EL ACTUAL AL MES: 2,00 LA SEMANA: _____ CADA QUE VENDE SUS PRODUCTOS: _____ OTRA ALTERNATIVA: _____

8. VOLUNTAD DE PAGO POR CONSUMOS COMUNITARIOS:

ESCUELA, BOMBA DE AGUA, AULA COMUNITARIA, INTERNET, IGLESIA, ETC.

ESTA DISPUESTO A PAGAR SI CUANTO _____ NO

QUIENES DEBEN PAGAR Todos los que usaran el servicio

9. POSIBLE FUENTE DE ENERGIA

SOLAR HIDRAULICA _____ EÓLICA _____ OTROS _____

OBSERVACIONES: _____

ANEXO 4.3: CUADRO DE VALORES DE RADIACIÓN SOLAR EN EL SECTOR CHIRIBOGA CON PROMEDIOS EN UN AÑO

Coordenadas		Radiación global Kwh/m2.día											
		enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
748952,000	9977088,000	4728,420	4775,220	4875,560	4707,520	4681,160	4768,690	5054,160	5272,560	5363,280	5160,520	5216,080	5009,940
749952,000	9977088,000	4733,200	4779,100	4874,700	4709,170	4684,060	4764,420	5045,460	5269,750	5357,430	5161,650	5209,430	5008,170
750952,000	9977088,000	4738,980	4783,960	4874,530	4711,600	4687,290	4761,170	5038,670	5268,380	5353,140	5163,110	5203,970	5007,400
751952,000	9977088,000	4745,740	4789,800	4875,050	4714,800	4690,860	4758,970	5033,880	5268,480	5350,470	5164,910	5199,750	5007,640
752952,000	9977088,000	4753,460	4796,590	4876,260	4718,740	4694,760	4757,810	5031,100	5270,060	5349,400	5167,040	5196,760	5008,890
753952,000	9977088,000	4762,100	4804,300	4878,140	4723,370	4698,950	4757,650	5030,300	5273,070	5349,910	5169,490	5194,990	5011,130
754952,000	9977088,000	4771,580	4812,870	4880,650	4728,640	4703,390	4758,430	5031,370	5277,420	5351,880	5172,220	5194,380	5014,310
755952,000	9977088,000	4781,810	4822,220	4883,750	4734,450	4708,020	4760,030	5034,160	5282,970	5355,190	5175,200	5194,830	5018,350
756952,000	9977088,000	4792,700	4832,270	4887,380	4740,720	4712,770	4762,360	5038,480	5289,570	5359,670	5178,400	5196,240	5023,170
757952,000	9977088,000	4804,310	4843,020	4891,540	4747,480	4717,680	4765,480	5044,350	5297,260	5365,370	5181,780	5198,630	5028,810
758952,000	9977088,000	4816,630	4854,420	4896,180	4754,710	4722,740	4769,400	5051,700	5306,000	5372,270	5185,330	5201,980	5035,240
759952,000	9977088,000	4829,600	4866,410	4901,260	4762,350	4727,900	4774,050	5060,390	5315,700	5380,260	5189,000	5206,220	5042,400
760952,000	9977088,000	4843,140	4878,880	4906,720	4770,340	4733,140	4779,390	5070,270	5326,240	5389,220	5192,720	5211,250	5050,210
761952,000	9977088,000	4857,150	4891,740	4912,480	4778,590	4738,400	4785,310	5081,140	5337,460	5399,000	5196,460	5216,950	5058,570
762952,000	9977088,000	4871,520	4904,880	4918,460	4787,000	4743,630	4791,730	5092,820	5349,230	5409,450	5200,160	5223,230	5067,390
748952,000	9976088,000	4751,960	4786,020	4881,760	4714,150	4688,220	4776,380	5058,640	5279,940	5369,660	5160,730	5224,820	5025,530
749952,000	9976088,000	4755,990	4789,190	4880,320	4715,000	4690,290	4771,240	5048,670	5275,880	5362,500	5160,850	5217,330	5023,080
750952,000	9976088,000	4761,020	4793,370	4879,580	4716,640	4692,710	4767,120	5040,640	5273,290	5356,930	5161,320	5211,020	5021,630
751952,000	9976088,000	4767,050	4798,560	4879,580	4719,060	4695,480	4764,080	5034,660	5272,230	5353,010	5162,140	5205,950	5021,200

Radiación global Kwh/m2.dia													
Coordenadas	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	
752952,000	9976088,000	4774,050	4804,750	4880,300	4722,230	4698,580	4762,110	5030,740	5272,690	5350,740	5163,310	5202,140	5021,800
753952,000	9976088,000	4781,980	4811,910	4881,740	4726,100	4701,990	4761,160	5028,860	5274,640	5350,090	5164,820	5199,560	5023,420
754952,000	9976088,000	4790,750	4819,960	4883,850	4730,620	4705,670	4761,180	5028,900	5277,980	5350,960	5166,650	5198,150	5025,980
755952,000	9976088,000	4800,300	4828,840	4886,580	4735,690	4709,550	4762,050	5030,720	5282,570	5353,210	5168,750	5197,820	5029,430
756952,000	9976088,000	4810,520	4838,450	4889,870	4741,250	4713,580	4763,680	5034,130	5288,260	5356,670	5171,090	5198,460	5033,670
757952,000	9976088,000	4821,470	4848,790	4893,720	4747,320	4717,790	4766,120	5039,130	5295,100	5361,410	5173,660	5200,100	5038,750
758952,000	9976088,000	4833,140	4859,830	4898,100	4753,880	4722,170	4769,400	5045,660	5303,050	5367,390	5176,420	5202,710	5044,630
759952,000	9976088,000	4845,490	4871,480	4902,940	4760,880	4726,680	4773,440	5053,580	5312,010	5374,520	5179,340	5206,220	5051,270
760952,000	9976088,000	4858,410	4883,660	4908,200	4768,250	4731,300	4778,200	5062,730	5321,850	5382,660	5182,340	5210,530	5058,560
761952,000	9976088,000	4871,830	4896,250	4913,780	4775,910	4735,970	4783,580	5072,930	5332,440	5391,660	5185,400	5215,540	5066,430
762952,000	9976088,000	4885,610	4909,160	4919,620	4783,770	4740,650	4789,480	5083,980	5343,620	5401,380	5188,450	5221,140	5074,760
748952,000	9975088,000	4774,130	4797,160	4888,080	4720,850	4695,570	4784,430	5064,910	5288,360	5377,260	5162,220	5234,440	5041,270
749952,000	9975088,000	4777,470	4799,660	4886,070	4720,930	4696,840	4778,450	5053,750	5283,130	5368,880	5161,400	5226,160	5038,180
750952,000	9975088,000	4781,820	4803,200	4884,800	4721,810	4698,460	4773,520	5044,570	5279,400	5362,110	5160,930	5219,070	5036,100
751952,000	9975088,000	4787,170	4807,790	4884,290	4723,470	4700,430	4769,680	5037,450	5277,220	5357,020	5160,830	5213,210	5035,050
752952,000	9975088,000	4793,500	4813,410	4884,550	4725,890	4702,760	4766,930	5032,440	5276,620	5353,630	5161,100	5208,620	5035,050
753952,000	9975088,000	4800,760	4820,040	4885,550	4729,030	4705,400	4765,240	5029,510	5277,550	5351,890	5161,740	5205,270	5036,080
754952,000	9975088,000	4808,890	4827,610	4887,270	4732,820	4708,330	4764,540	5028,560	5279,910	5351,710	5162,710	5203,090	5038,070
755952,000	9975088,000	4817,800	4836,030	4889,630	4737,190	4711,480	4764,710	5029,410	5283,580	5352,950	5163,980	5202,000	5040,950
756952,000	9975088,000	4827,390	4845,210	4892,590	4742,050	4714,800	4765,660	5031,890	5288,380	5355,440	5165,520	5201,890	5044,640
757952,000	9975088,000	4837,720	4855,160	4896,130	4747,450	4718,320	4767,460	5036,000	5294,380	5359,250	5167,310	5202,790	5049,180
758952,000	9975088,000	4848,800	4865,830	4900,240	4753,360	4722,030	4770,110	5041,690	5301,530	5364,340	5169,320	5204,680	5054,540
759952,000	9975088,000	4860,560	4877,160	4904,850	4759,740	4725,920	4773,580	5048,800	5309,740	5370,610	5171,510	5207,470	5060,660
760952,000	9975088,000	4872,910	4889,040	4909,890	4766,520	4729,930	4777,780	5057,170	5318,890	5377,940	5173,830	5211,070	5067,460
761952,000	9975088,000	4885,770	4901,360	4915,280	4773,620	4734,020	4782,630	5066,630	5328,820	5386,190	5176,230	5215,390	5074,840
762952,000	9975088,000	4899,010	4914,020	4920,960	4780,940	4738,160	4788,040	5076,990	5339,400	5395,180	5178,650	5220,300	5082,700

Radiación global Kwh/m2.dia													
Coordenadas	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	
748952,000	9974088,000	4794,910	4808,660	4894,510	4727,610	4703,220	4792,840	5073,020	5297,870	5386,090	5165,000	5244,960	5057,170
749952,000	9974088,000	4797,630	4810,540	4891,970	4726,960	4703,700	4786,080	5060,790	5291,550	5376,600	5163,310	5235,970	5053,500
750952,000	9974088,000	4801,360	4813,480	4890,190	4727,110	4704,530	4780,390	5050,520	5286,750	5368,740	5161,970	5228,150	5050,840
751952,000	9974088,000	4806,090	4817,500	4889,210	4728,040	4705,740	4775,800	5042,340	5283,520	5362,570	5161,020	5221,560	5049,220
752952,000	9974088,000	4811,800	4822,590	4889,020	4729,740	4707,300	4772,310	5036,300	5281,900	5358,130	5160,460	5216,230	5048,660
753952,000	9974088,000	4818,460	4828,720	4889,600	4732,160	4709,190	4769,910	5032,360	5281,860	5355,370	5160,270	5212,150	5049,140
754952,000	9974088,000	4826,000	4835,820	4890,930	4735,260	4711,380	4768,520	5030,420	5283,280	5354,200	5160,440	5209,240	5050,590
755952,000	9974088,000	4834,310	4843,790	4892,930	4738,940	4713,820	4768,030	5030,310	5286,030	5354,470	5160,930	5207,430	5052,940
756952,000	9974088,000	4843,320	4852,560	4895,550	4743,130	4716,440	4768,330	5031,850	5289,960	5356,020	5161,700	5206,590	5056,100
757952,000	9974088,000	4853,090	4862,120	4898,790	4747,880	4719,290	4769,500	5035,040	5295,120	5358,930	5162,750	5206,760	5060,120
758952,000	9974088,000	4863,600	4872,440	4902,620	4753,170	4722,350	4771,570	5039,840	5301,480	5363,150	5164,050	5207,920	5064,970
759952,000	9974088,000	4874,810	4883,440	4906,970	4758,950	4725,610	4774,460	5046,090	5308,940	5368,580	5165,550	5209,990	5070,600
760952,000	9974088,000	4886,630	4895,020	4911,790	4765,160	4729,030	4778,130	5053,640	5317,380	5375,120	5167,220	5212,880	5076,910
761952,000	9974088,000	4898,970	4907,080	4916,990	4771,710	4732,570	4782,480	5062,300	5326,650	5382,600	5168,990	5216,500	5083,820
762952,000	9974088,000	4911,710	4919,500	4922,500	4778,510	4736,170	4787,410	5071,890	5336,610	5390,870	5170,810	5220,720	5091,220
748952,000	9973088,000	4814,310	4820,500	4901,070	4734,440	4711,150	4801,620	5083,010	5308,470	5396,180	5169,070	5256,380	5073,220
749952,000	9973088,000	4816,470	4821,810	4898,030	4733,090	4710,870	4794,140	5069,800	5301,150	5385,690	5166,590	5246,750	5069,030
750952,000	9973088,000	4819,640	4824,210	4895,780	4732,530	4710,940	4787,730	5058,550	5295,350	5376,830	5164,460	5238,280	5065,850
751952,000	9973088,000	4823,810	4827,700	4894,340	4732,760	4711,390	4782,430	5049,380	5291,150	5369,680	5162,730	5231,020	5063,720
752952,000	9973088,000	4828,970	4832,290	4893,710	4733,770	4712,200	4778,260	5042,350	5288,570	5364,260	5161,380	5225,010	5062,650
753952,000	9973088,000	4835,080	4837,950	4893,890	4735,510	4713,360	4775,190	5037,430	5287,590	5360,550	5160,440	5220,230	5062,610
754952,000	9973088,000	4842,060	4844,590	4894,830	4737,930	4714,840	4773,140	5034,520	5288,100	5358,440	5159,850	5216,620	5063,550
755952,000	9973088,000	4849,840	4852,140	4896,480	4740,950	4716,570	4772,010	5033,450	5289,960	5357,790	5159,600	5214,100	5065,400
756952,000	9973088,000	4858,310	4860,510	4898,760	4744,500	4718,510	4771,690	5034,020	5293,030	5358,440	5159,650	5212,540	5068,060
757952,000	9973088,000	4867,560	4869,690	4901,690	4748,620	4720,690	4772,270	5036,280	5297,360	5360,460	5160,000	5212,000	5071,580
758952,000	9973088,000	4877,560	4879,660	4905,230	4753,310	4723,120	4773,760	5040,140	5302,920	5363,820	5160,620	5212,440	5075,940

Radiación global Kwh/m2.dia													
Coordenadas	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	
759952,000	9973088,000	4888,260	4890,330	4909,330	4758,510	4725,780	4776,110	5045,480	5309,610	5368,440	5161,460	5213,790	5081,090
760952,000	9973088,000	4899,590	4901,610	4913,910	4764,160	4728,620	4779,260	5052,140	5317,320	5374,180	5162,500	5215,970	5086,930
761952,000	9973088,000	4911,440	4913,390	4918,910	4770,180	4731,600	4783,120	5059,940	5325,920	5380,900	5163,660	5218,880	5093,370
762952,000	9973088,000	4923,710	4925,560	4924,230	4776,500	4734,690	4787,600	5068,710	5335,240	5388,450	5164,920	5222,400	5100,310
748952,000	9972088,000	4832,340	4832,690	4907,730	4741,330	4719,360	4810,760	5094,850	5320,130	5407,490	5174,410	5268,690	5089,410
749952,000	9972088,000	4834,010	4833,480	4904,230	4739,310	4718,330	4802,610	5080,790	5311,910	5396,130	5171,220	5258,500	5084,780
750952,000	9972088,000	4836,670	4835,370	4901,540	4738,080	4717,660	4795,530	5068,660	5305,200	5386,380	5168,380	5249,440	5081,140
751952,000	9972088,000	4840,350	4838,380	4899,670	4737,640	4717,370	4789,580	5058,580	5300,090	5378,340	5165,920	5241,570	5078,550
752952,000	9972088,000	4845,010	4842,500	4898,630	4737,980	4717,460	4784,760	5050,620	5296,610	5372,030	5163,870	5234,930	5077,000
753952,000	9972088,000	4850,620	4847,710	4898,420	4739,060	4717,910	4781,050	5044,750	5294,730	5367,420	5162,210	5229,500	5076,490
754952,000	9972088,000	4857,110	4853,920	4898,980	4740,830	4718,680	4778,380	5040,870	5294,360	5364,420	5160,920	5225,220	5076,960
755952,000	9972088,000	4864,400	4861,060	4900,270	4743,220	4719,720	4776,650	5038,820	5295,350	5362,880	5159,980	5222,000	5078,320
756952,000	9972088,000	4872,380	4869,030	4902,210	4746,140	4721,000	4775,730	5038,410	5297,560	5362,660	5159,340	5219,740	5080,500
757952,000	9972088,000	4881,140	4877,840	4904,820	4749,660	4722,530	4775,740	5039,680	5301,060	5363,820	5159,020	5218,490	5083,550
758952,000	9972088,000	4890,670	4887,460	4908,070	4753,760	4724,340	4776,680	5042,570	5305,810	5366,350	5158,990	5218,220	5087,440
759952,000	9972088,000	4900,910	4897,810	4911,900	4758,400	4726,400	4778,510	5046,950	5311,730	5370,150	5159,210	5218,850	5092,110
760952,000	9972088,000	4911,790	4908,790	4916,240	4763,520	4728,670	4781,160	5052,660	5318,710	5375,100	5159,640	5220,320	5097,490
761952,000	9972088,000	4923,200	4920,290	4921,010	4769,040	4731,120	4784,550	5059,540	5326,600	5381,070	5160,230	5222,510	5103,480
762952,000	9972088,000	4935,030	4932,200	4926,130	4774,870	4733,710	4788,580	5067,400	5335,260	5387,890	5160,930	5225,330	5109,980
748952,000	9971088,000	4849,010	4845,170	4914,490	4748,260	4727,820	4820,220	5108,480	5332,820	5419,980	5180,970	5281,840	5105,740
749952,000	9971088,000	4850,250	4845,490	4910,570	4745,600	4726,060	4811,460	5093,680	5323,780	5407,860	5177,140	5271,180	5100,720
750952,000	9971088,000	4852,480	4846,930	4907,460	4743,730	4724,670	4803,770	5080,770	5316,250	5397,330	5173,660	5261,600	5096,690
751952,000	9971088,000	4855,720	4849,500	4905,190	4742,650	4723,670	4797,220	5069,870	5310,310	5388,490	5170,560	5253,180	5093,680
752952,000	9971088,000	4859,940	4853,190	4903,760	4742,360	4723,050	4791,800	5061,030	5305,980	5381,360	5167,850	5245,960	5091,710
753952,000	9971088,000	4865,100	4857,970	4903,160	4742,810	4722,800	4787,490	5054,230	5303,240	5375,920	5165,540	5239,900	5090,770
754952,000	9971088,000	4871,150	4863,770	4903,360	4743,950	4722,880	4784,230	5049,400	5302,010	5372,080	5163,590	5234,980	5090,790

Radiación global Kwh/m2.dia													
Coordenadas	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	
755952,000	9971088,000	4877,990	4870,510	4904,290	4745,720	4723,260	4781,910	5046,360	5302,150	5369,690	5161,990	5231,090	5091,700
756952,000	9971088,000	4885,530	4878,090	4905,890	4748,040	4723,870	4780,430	5044,950	5303,510	5368,620	5160,710	5228,150	5093,420
757952,000	9971088,000	4893,860	4886,540	4908,180	4750,970	4724,780	4779,890	5045,210	5306,170	5368,950	5159,760	5226,190	5096,010
758952,000	9971088,000	4902,960	4895,810	4911,130	4754,510	4725,970	4780,300	5047,080	5310,120	5370,650	5159,110	5225,210	5099,440
759952,000	9971088,000	4912,780	4905,830	4914,680	4758,610	4727,450	4781,630	5050,440	5315,260	5373,650	5158,730	5225,130	5103,660
760952,000	9971088,000	4923,240	4916,510	4918,760	4763,210	4729,170	4783,800	5055,140	5321,480	5377,820	5158,580	5225,870	5108,590
761952,000	9971088,000	4934,240	4927,730	4923,300	4768,240	4731,100	4786,730	5061,020	5328,650	5383,030	5158,620	5227,340	5114,130
762952,000	9971088,000	4945,670	4939,380	4928,200	4773,620	4733,200	4790,340	5067,910	5336,620	5389,130	5158,790	5229,440	5120,180
748952,000	9970088,000	4864,350	4857,900	4921,300	4755,190	4736,480	4829,960	5123,810	5346,450	5433,560	5188,670	5295,760	5122,160
749952,000	9970088,000	4865,220	4857,820	4917,000	4751,930	4734,030	4820,640	5108,380	5336,690	5420,780	5184,280	5284,700	5116,820
750952,000	9970088,000	4867,080	4858,840	4913,500	4749,450	4731,940	4812,400	5094,780	5328,410	5409,580	5180,230	5274,680	5112,440
751952,000	9970088,000	4869,930	4861,000	4910,850	4747,770	4730,240	4805,290	5083,120	5321,700	5400,030	5176,550	5265,770	5109,080
752952,000	9970088,000	4873,770	4864,290	4909,050	4746,860	4728,930	4799,310	5073,460	5316,570	5392,160	5173,250	5258,010	5106,730
753952,000	9970088,000	4878,540	4868,670	4908,090	4746,700	4728,000	4794,440	5065,780	5313,020	5385,950	5170,330	5251,380	5105,390
754952,000	9970088,000	4884,190	4874,090	4907,920	4747,240	4727,420	4790,620	5060,000	5310,960	5381,310	5167,780	5245,840	5105,000
755952,000	9970088,000	4890,640	4880,440	4908,500	4748,420	4727,140	4787,750	5055,970	5310,260	5378,120	5165,570	5241,300	5105,490
756952,000	9970088,000	4897,780	4887,640	4909,760	4750,160	4727,110	4785,730	5053,540	5310,790	5376,240	5163,680	5237,680	5106,780
757952,000	9970088,000	4905,710	4895,730	4911,730	4752,530	4727,390	4784,660	5052,750	5312,620	5375,750	5162,120	5235,040	5108,920
758952,000	9970088,000	4914,420	4904,650	4914,370	4755,520	4728,000	4784,570	5053,560	5315,750	5376,650	5160,880	5233,340	5111,910
759952,000	9970088,000	4923,860	4914,350	4917,630	4759,100	4728,900	4785,400	5055,850	5320,100	5378,850	5159,930	5232,540	5115,690
760952,000	9970088,000	4933,940	4924,720	4921,450	4763,210	4730,090	4787,110	5059,480	5325,550	5382,240	5159,230	5232,560	5120,170
761952,000	9970088,000	4944,570	4935,660	4925,740	4767,780	4731,510	4789,610	5064,310	5331,970	5386,690	5158,740	5233,300	5125,280
762952,000	9970088,000	4955,640	4947,050	4930,420	4772,710	4733,130	4792,800	5070,140	5339,230	5392,050	5158,400	5234,670	5130,900
748952,000	9969088,000	4878,380	4870,830	4928,140	4762,090	4745,310	4839,920	5140,670	5360,900	5448,100	5197,400	5310,370	5138,620
749952,000	9969088,000	4878,940	4870,380	4923,480	4758,260	4742,170	4830,100	5124,720	5350,500	5434,780	5192,530	5298,970	5133,020
750952,000	9969088,000	4880,480	4871,040	4919,630	4755,210	4739,410	4821,350	5110,520	5341,550	5423,000	5187,980	5288,570	5128,360

Radiación global Kwh/m2.dia													
Coordenadas	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	
751952,000	9969088,000	4883,010	4872,830	4916,630	4752,940	4737,040	4813,720	5098,170	5334,130	5412,820	5183,780	5279,230	5124,690
752952,000	9969088,000	4886,520	4875,740	4914,480	4751,450	4735,060	4807,230	5087,740	5328,270	5404,280	5179,950	5270,980	5122,010
753952,000	9969088,000	4890,950	4879,750	4913,160	4750,710	4733,470	4801,840	5079,210	5323,950	5397,360	5176,480	5263,810	5120,310
754952,000	9969088,000	4896,250	4884,790	4912,640	4750,680	4732,230	4797,500	5072,500	5321,090	5391,990	5173,360	5257,690	5119,540
755952,000	9969088,000	4902,350	4890,780	4912,870	4751,290	4731,310	4794,110	5067,490	5319,580	5388,030	5170,590	5252,530	5119,640
756952,000	9969088,000	4909,140	4897,620	4913,790	4752,470	4730,660	4791,570	5064,030	5319,280	5385,360	5168,120	5248,250	5120,510
757952,000	9969088,000	4916,720	4905,340	4915,430	4754,290	4730,340	4790,000	5062,170	5320,290	5384,080	5166,000	5244,920	5122,240
758952,000	9969088,000	4925,080	4913,930	4917,760	4756,760	4730,360	4789,410	5061,870	5322,600	5384,190	5164,200	5242,520	5124,800
759952,000	9969088,000	4934,170	4923,300	4920,730	4759,840	4730,710	4789,780	5063,050	5326,140	5385,600	5162,700	5241,000	5128,150
760952,000	9969088,000	4943,910	4933,370	4924,270	4763,470	4731,370	4791,040	5065,560	5330,810	5388,220	5161,470	5240,290	5132,210
761952,000	9969088,000	4954,210	4944,020	4928,300	4767,590	4732,290	4793,120	5069,260	5336,480	5391,910	5160,470	5240,300	5136,890
762952,000	9969088,000	4964,950	4955,140	4932,740	4772,110	4733,450	4795,910	5073,980	5343,010	5396,530	5159,650	5240,940	5142,080
748952,000	9968088,000	4891,120	4883,880	4934,950	4768,920	4754,230	4850,020	5158,900	5376,050	5463,480	5207,060	5325,550	5155,080
749952,000	9968088,000	4891,440	4883,100	4929,970	4764,540	4750,450	4839,760	5142,510	5365,080	5449,710	5201,770	5313,880	5149,270
750952,000	9968088,000	4892,720	4883,430	4925,800	4760,940	4747,030	4830,550	5127,790	5355,530	5437,420	5196,790	5303,160	5144,380
751952,000	9968088,000	4894,980	4884,890	4922,460	4758,130	4744,010	4822,450	5114,830	5347,470	5426,700	5192,130	5293,440	5140,450
752952,000	9968088,000	4898,200	4887,460	4919,970	4756,090	4741,380	4815,470	5103,670	5340,920	5417,560	5187,810	5284,750	5137,480
753952,000	9968088,000	4902,340	4891,120	4918,320	4754,790	4739,150	4809,600	5094,320	5335,870	5410,000	5183,840	5277,080	5135,460
754952,000	9968088,000	4907,350	4895,810	4917,460	4754,210	4737,280	4804,770	5086,720	5332,250	5403,930	5180,210	5270,400	5134,350
755952,000	9968088,000	4913,130	4901,440	4917,350	4754,270	4735,730	4800,890	5080,730	5329,950	5399,250	5176,910	5264,640	5134,080
756952,000	9968088,000	4919,620	4907,920	4917,940	4754,910	4734,480	4797,860	5076,220	5328,850	5395,840	5173,910	5259,730	5134,570
757952,000	9968088,000	4926,890	4915,300	4919,250	4756,210	4733,560	4795,810	5073,270	5329,040	5393,790	5171,250	5255,720	5135,900
758952,000	9968088,000	4934,940	4923,550	4921,260	4758,180	4733,020	4794,760	5071,850	5330,530	5393,120	5168,920	5252,630	5138,050
759952,000	9968088,000	4943,720	4932,600	4923,930	4760,780	4732,830	4794,680	5071,870	5333,260	5393,760	5166,900	5250,390	5140,980
760952,000	9968088,000	4953,150	4942,360	4927,180	4763,950	4732,970	4795,510	5073,200	5337,130	5395,610	5165,170	5248,950	5144,620
761952,000	9968088,000	4963,150	4952,720	4930,950	4767,640	4733,410	4797,170	5075,720	5342,030	5398,540	5163,670	5248,220	5148,880

Radiación global Kwh/m2.dia													
Coordenadas	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	
762952,000	9968088,000	4973,600	4963,570	4935,140	4771,750	4734,110	4799,580	5079,270	5347,800	5402,420	5162,380	5248,120	5153,660
748952,000	9967088,000	4902,630	4896,980	4941,690	4775,620	4763,200	4860,190	5178,270	5391,730	5479,520	5217,510	5341,160	5171,470
749952,000	9967088,000	4902,750	4895,910	4936,410	4770,730	4758,780	4849,520	5161,540	5380,280	5465,380	5211,870	5329,290	5165,510
750952,000	9967088,000	4903,830	4895,940	4931,940	4766,610	4754,730	4839,900	5146,370	5370,190	5452,680	5206,500	5318,310	5160,440
751952,000	9967088,000	4905,860	4897,090	4928,290	4763,270	4751,080	4831,370	5132,850	5361,540	5441,480	5201,430	5308,250	5156,290
752952,000	9967088,000	4908,840	4899,340	4925,490	4760,700	4747,820	4823,950	5121,020	5354,350	5431,810	5196,690	5299,160	5153,070
753952,000	9967088,000	4912,740	4902,680	4923,510	4758,880	4744,970	4817,630	5110,900	5348,620	5423,660	5192,270	5291,030	5150,770
754952,000	9967088,000	4917,490	4907,030	4922,320	4757,770	4742,480	4812,340	5102,410	5344,270	5416,960	5188,170	5283,830	5149,350
755952,000	9967088,000	4923,010	4912,330	4921,880	4757,310	4740,330	4808,000	5095,450	5341,210	5411,600	5184,370	5277,500	5148,740
756952,000	9967088,000	4929,230	4918,470	4922,130	4757,440	4738,480	4804,520	5089,910	5339,320	5407,460	5180,880	5271,970	5148,870
757952,000	9967088,000	4936,220	4925,510	4923,120	4758,240	4737,000	4802,000	5085,850	5338,700	5404,680	5177,710	5267,310	5149,820
758952,000	9967088,000	4944,000	4933,430	4924,810	4759,720	4735,900	4800,510	5083,270	5339,380	5403,250	5174,880	5263,520	5151,580
759952,000	9967088,000	4952,510	4942,150	4927,180	4761,850	4735,180	4799,990	5082,100	5341,300	5403,130	5172,370	5260,580	5154,120
760952,000	9967088,000	4961,670	4951,600	4930,140	4764,590	4734,820	4800,410	5082,220	5344,370	5404,220	5170,140	5258,410	5157,350
761952,000	9967088,000	4971,400	4961,670	4933,630	4767,860	4734,780	4801,680	5083,520	5348,470	5406,400	5168,180	5256,940	5161,200
762952,000	9967088,000	4981,590	4972,240	4937,560	4771,580	4735,040	4803,710	5085,830	5353,470	5409,540	5166,430	5256,090	5165,570
748952,000	9966088,000	4912,940	4910,020	4948,290	4782,140	4772,140	4870,340	5198,570	5407,790	5496,050	5228,610	5357,080	5187,730
749952,000	9966088,000	4912,920	4908,700	4942,750	4776,770	4767,100	4859,300	5181,570	5395,910	5481,630	5222,660	5345,060	5181,660
750952,000	9966088,000	4913,830	4908,460	4937,990	4772,160	4762,440	4849,300	5166,020	5385,350	5468,580	5216,960	5333,850	5176,450
751952,000	9966088,000	4915,680	4909,330	4934,060	4768,320	4758,170	4840,380	5151,990	5376,160	5456,970	5211,540	5323,510	5172,120
752952,000	9966088,000	4918,470	4911,290	4930,960	4765,250	4754,310	4832,560	5139,540	5368,380	5446,830	5206,410	5314,060	5168,690
753952,000	9966088,000	4922,160	4914,330	4928,670	4762,920	4750,850	4825,820	5128,680	5362,010	5438,140	5201,580	5305,510	5166,150
754952,000	9966088,000	4926,690	4918,370	4927,160	4761,310	4747,770	4820,110	5119,340	5356,970	5430,850	5197,050	5297,820	5164,450
755952,000	9966088,000	4931,990	4923,340	4926,400	4760,340	4745,040	4815,340	5111,430	5353,170	5424,850	5192,810	5290,940	5163,530
756952,000	9966088,000	4937,980	4929,150	4926,330	4759,980	4742,610	4811,420	5104,840	5350,510	5420,040	5188,850	5284,810	5163,330
757952,000	9966088,000	4944,740	4935,850	4926,990	4760,300	4740,570	4808,470	5099,670	5349,100	5416,540	5185,210	5279,510	5163,920

Radiación global Kwh/m2.dia													
Coordenadas	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	
758952,000	9965088,000	4952,270	4943,440	4928,370	4761,320	4738,930	4806,550	5095,930	5348,970	5414,380	5181,900	5275,050	5165,310
759952,000	9965088,000	4960,540	4951,850	4930,430	4763,000	4737,690	4805,620	5093,530	5350,080	5413,510	5178,910	5271,400	5167,460
760952,000	9965088,000	4969,470	4961,000	4933,100	4765,310	4736,840	4805,640	5092,410	5352,330	5413,840	5176,230	5268,510	5170,300
761952,000	9965088,000	4978,960	4970,770	4936,300	4768,180	4736,350	4806,530	5092,430	5355,630	5415,270	5173,810	5266,300	5173,750
762952,000	9965088,000	4988,910	4981,060	4939,970	4771,540	4736,180	4808,200	5093,470	5359,860	5417,670	5171,620	5264,700	5177,720
748952,000	9965088,000	4922,100	4922,930	4954,710	4788,430	4780,960	4880,360	5219,560	5424,050	5512,880	5240,190	5373,150	5203,780
749952,000	9965088,000	4921,970	4921,380	4948,920	4782,600	4775,340	4869,000	5202,360	5411,800	5498,240	5233,990	5361,030	5197,650
750952,000	9965088,000	4922,750	4920,900	4943,910	4777,520	4770,080	4858,660	5186,470	5400,810	5484,910	5228,010	5349,650	5192,340
751952,000	9965088,000	4924,470	4921,510	4939,710	4773,200	4765,220	4849,380	5172,000	5391,140	5472,950	5222,280	5339,060	5187,880
752952,000	9965088,000	4927,110	4923,210	4936,320	4769,650	4760,770	4841,190	5158,970	5382,810	5462,390	5216,810	5329,290	5184,270
753952,000	9965088,000	4930,630	4925,950	4933,730	4766,850	4756,730	4834,060	5147,390	5375,830	5453,220	5211,610	5320,350	5181,510
754952,000	9965088,000	4934,980	4929,690	4931,930	4764,750	4753,070	4827,960	5137,230	5370,130	5445,380	5206,690	5312,200	5179,560
755952,000	9965088,000	4940,100	4934,350	4930,850	4763,310	4749,760	4822,780	5128,380	5365,630	5438,790	5202,030	5304,800	5178,360
756952,000	9965088,000	4945,880	4939,840	4930,460	4762,470	4746,780	4818,450	5120,760	5362,220	5433,320	5197,630	5298,100	5177,850
757952,000	9965088,000	4952,440	4946,220	4930,800	4762,330	4744,190	4815,100	5114,480	5360,030	5429,140	5193,550	5292,170	5178,110
758952,000	9965088,000	4959,770	4953,490	4931,870	4762,900	4742,030	4812,770	5109,550	5359,110	5426,260	5189,790	5287,050	5179,150
759952,000	9965088,000	4967,820	4961,580	4933,620	4764,160	4740,300	4811,440	5105,920	5359,400	5424,660	5186,350	5282,700	5180,930
760952,000	9965088,000	4976,540	4970,420	4935,990	4766,060	4738,970	4811,080	5103,520	5360,840	5424,250	5183,210	5279,090	5183,390
761952,000	9965088,000	4985,820	4979,900	4938,910	4768,550	4738,030	4811,600	5102,230	5363,340	5424,930	5180,350	5276,140	5186,450
762952,000	9965088,000	4995,560	4989,910	4942,300	4771,550	4737,440	4812,930	5101,960	5366,760	5426,600	5177,750	5273,800	5190,030
748952,000	9964088,000	4930,150	4935,610	4960,880	4794,420	4789,600	4890,170	5240,980	5440,310	5529,830	5252,100	5389,220	5219,560
749952,000	9964088,000	4929,950	4933,850	4954,870	4788,150	4783,400	4878,520	5223,630	5427,750	5515,030	5245,690	5377,040	5213,410
750952,000	9964088,000	4930,650	4933,150	4949,620	4782,630	4777,570	4867,860	5207,470	5416,380	5501,470	5239,470	5365,530	5208,030
751952,000	9964088,000	4932,260	4933,520	4945,160	4777,860	4772,140	4858,260	5192,590	5406,270	5489,200	5233,470	5354,730	5203,460
752952,000	9964088,000	4934,780	4934,960	4941,510	4773,850	4767,120	4849,720	5179,020	5397,440	5478,270	5227,690	5344,670	5199,710
753952,000	9964088,000	4938,170	4937,430	4938,640	4770,580	4762,510	4842,240	5166,760	5389,890	5468,660	5222,160	5335,370	5196,770

Radiación global Kwh/m2.dia													
Coordenadas	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	
754952,000	9964088,000	4942,380	4940,890	4936,540	4768,030	4758,290	4835,770	5155,800	5383,560	5460,320	5216,870	5326,790	5194,600
755952,000	9964088,000	4947,330	4945,240	4935,160	4766,130	4754,430	4830,210	5146,040	5378,380	5453,160	5211,830	5318,890	5193,140
756952,000	9964088,000	4952,950	4950,420	4934,460	4764,840	4750,910	4825,490	5137,400	5374,250	5447,080	5207,030	5311,640	5192,340
757952,000	9964088,000	4959,330	4956,490	4934,490	4764,250	4747,790	4821,750	5130,000	5371,300	5442,230	5202,520	5305,110	5192,280
758952,000	9964088,000	4966,480	4963,440	4935,240	4764,400	4745,120	4819,030	5123,880	5369,590	5438,670	5198,330	5299,340	5192,990
759952,000	9964088,000	4974,350	4971,220	4936,680	4765,240	4742,900	4817,330	5119,000	5369,070	5436,350	5194,460	5294,300	5194,410
760952,000	9964088,000	4982,880	4979,750	4938,760	4766,760	4741,120	4816,600	5115,300	5369,700	5435,210	5190,890	5289,970	5196,510
761952,000	9964088,000	4991,970	4988,930	4941,390	4768,880	4739,740	4816,770	5112,690	5371,380	5435,160	5187,620	5286,300	5199,190
762952,000	9964088,000	5001,530	4998,660	4944,500	4771,530	4738,740	4817,760	5111,060	5374,010	5436,080	5184,600	5283,210	5202,390
Promedio		4883,971	4886,808	4913,961	4754,114	4730,325	4797,542	5081,165	5327,542	5398,306	5178,064	5253,053	5109,190

ANEXO 4.4: LISTADO DE LOS COMPONENTES DE LOS SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS

COMPONENTES COMPLETOS DE UN KIT FOTOVOLTAICO					
Equipo	Especificaciones		Precio unitario	Cantidad por sistema	Costo por sistema
Kit de medición prepago y 15 prep-cash		UNIDAD	306,64	1	306,64
Inversores		UNIDAD	689,04	1,00	689,04
Lámparas 11w		UNIDAD	30,32	4,00	121,26
Lámparas 7w		UNIDAD	26,54	2,00	53,07
Paneles FV 135Wp		UNIDAD	172,08	3,00	516,25
Postes con soportes		UNIDAD	83,75	1,00	83,75
Baterías.		UNIDAD	283,35	2,00	566,70
Soportes de baterías.		UNIDAD	41,30	1,00	41,30
Cable multiconductor super flexible	2x4 AWG polarizado 90 °C con pro	METROS	8,60	10,00	86,00
Cable multiconductor super flexible	2X12 AWG polarizado	METROS	1,06	15,00	15,90
Cable tipo SGT 2 AWG color rojo	2 AWG cable de baterías	METROS	3,31	1,50	4,97
Cable tipo SGT 2 AWG color negro	2 AWG cable de baterías	METROS	3,31	1,50	4,97
Cable multiconductor super flexible	3X12 AWG polarizado	METROS	1,36	15,00	20,40
Cable de puesta a tierra	AWG # 8 desnudo	METROS	0,68	18,00	12,17
Cable multiconductor super flexible	2x6 AWG polarizado	METROS	3,95	2,00	7,90
Terminal plano talón de aleacion Al y Cu	Terminal doble para 2 AWG	UNIDAD	1,73	2,00	3,46
Terminal plano talón de aleacion Al y Cu	Terminal simple para 2 AWG	UNIDAD	0,65	2,00	1,30
Varillas de cobre copperweld para puesta a tierra con conector de bronce con perno	Diám. 5/8", 16 mm x 1,8 m	UNIDAD	8,28	1,00	8,28
Set de interruptores para sobreponer	10 A.	UNIDAD	2,83	5,00	14,15
Set de tomacorrientes "dobles" polarizado	10 A, para sobreponer	UNIDAD	2,83	2,00	5,66
Switches termomagnético	6 A ac para sobreponer	UNIDAD	6,20	1,00	6,20
Fusibles tipo cartucho con base	80 A dc, sobrepuesto	UNIDAD	7,60	1,00	7,60
Riel DIN	para sujeción de los fusibles	METROS	2,32	0,20	0,46
Cajetín de conexiones octogonal		UNIDAD	0,40	6,00	2,40
Clavos de acero para sujetar grapas	15 mm	UNIDAD	15,00	0,01	0,15
Cinta aislante	NITTO TAPE	UNIDAD	0,50	2,00	1,00
FUSIBLE TIPO GL DE 6 A, 600 V DC, DE 10 MM DIAM	38 MM LARGO	UNIDAD	0,50	1,00	0,50
PORTAFUSIBLE SOBREPUESTO DE FUSIBLE GL DE	10 X 38 MM, 600 V	UNIDAD	2,00	1,00	2,00
Grapa metalica con proteccion plastica Nro 1		UNIDAD	3,70	0,40	1,48
BORNERA FLEXIBLE 12P 400V. 40MM2 1/0AWG	Tiras de 12 polos	UNIDAD	8,60	0,16	1,38
Disyuntor para riel DIN de 6A		UNIDAD	4,40	1,00	4,40
Taco fisher F6		UNIDAD	0,05	15,00	0,75
Tornillo ROSCABLE 8mm X 1 1/4"		UNIDAD	0,06	15,00	0,90
Cinta electrica autofudente 19mm X 9m No23 D	Se pide en bodega (33): 75 unida	UNIDAD	7,81	0,20	1,56
Abrazadera metalica tipo gancho de 13mm X 1,	Se pide en bodega (33): 3750 unid	UNIDAD	0,09	15,00	1,35
FLEJE DE ACERO 0.76 MM ESPESOR X 19 MM AN	Se pide en bodega (06): 375 unid	METROS	2,87	0,50	1,44
HEBILLA DE ACERO INOXIDABLE PARA SUJECIO	Se pide en bodega (06): 375 unid	UNIDAD	0,38	1,00	0,38
PINZA DE ANCLAJE DE PVC PARA ACOMETIDA A	AREA BT MULTICONDUCTOR DE 12	UNIDAD	1,13	1,00	1,13
INSTALACION		UNIDAD	215,00	1,00	215,00
TOTAL (sin iva)					2.813,24
TOTAL (con iva)					3.150,83