



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE  
NICARAGUA  
UNAN-MANAGUA  
FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA  
FAREM-ESTELI**

**TITULO**

Diseño de una Mini central solar Fotovoltaica autónoma con una capacidad de 2.7kWp, para electrificar la comunidad de La Fortuna- MiraFlor Moropotente, Estelí.

**CARRERA DE**

Ingeniería en Energías Renovables

**ELABORADO POR:**

Br. Juana Karelia Tercero Ubau.

**TUTOR**

MSc. Juan Alberto Betanco

**ESTELI, NICARAGUA, 16 DE ENERO DE 2015**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo, en primer lugar a Dios, que me ha guiado en todo momento, sin él no soy nadie.

A mis padres **Jorge Alejandro Tercero** y **Ana Yanci Ubau García**, por su amor, confianza.

A mis Hermanos, Elmer, Jorge, Alexis.

A mis Abuelos por su Fe, Y a mis amig@s que han estado ahí para darme ánimos y no permitir deje de creer en sí misma.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente agradezco a Dios, porque si no fuese por el no estaría donde estoy hoy, por regalarme unos padres maravillosos y sabiduría para culminar mi carrera.

A mis padres, por brindarme su apoyo incondicional y alentarme a seguir adelante.

A toda mi familia, que siempre ha estado ahí para darme su amor y apoyo cuando lo necesito.

A mis maestros, les doy infinitas gracias, por la enseñanza durante estos cinco años, que son la base para mi desarrollo profesional.

A mi Tutor, MSc. Juan Alberto Betanco, por compartir conmigo sus conocimientos, para lograr esta meta, y de ese mismo modo el apoyo del Ing. Luis Lorenzo Fuentes.

A mis compañeros, que me brindaron su ayuda cuando la necesite.

## **CONTENIDO**

I.	INTRODUCCION.....	7
II.	JUSTIFICACIÓN.....	9
III.	OBJETIVOS.....	10
3.1.	Objetivo general.....	10
3.2.	Objetivos específicos.....	10
IV.	ESTADO DEL ARTE.....	11
4.1.	Energías Renovables.....	11
4.1.1.	Clasificación de Energías Renovables.....	11
4.2.	Energía Solar Fotovoltaica (FV).....	15
4.3.	Centrales de generación solar Fotovoltaica.....	17
4.3.1.	Componentes de una Central de Generación Fotovoltaica.....	18
4.3.2.	Ecuaciones para el Diseño de la Minicentral Solar Fotovoltaica Autónoma.....	21
V.	DESARROLLO DEL TRABAJO.....	23
5.1.	Censo de carga.....	24
5.2.	Dimensionado de la Minicentral Solar Fotovoltaica Autonoma.....	26
i.	Análisis de Resultados.....	30
ii.	Esquema de los componentes de la minicentral solar fotovoltaica.....	31
iii.	Esquema eléctrico de la minicentral solar fotovoltaica.....	31
iv.	Diseño de la base-caseta de la Minicentral Solar Fotovoltaica.....	32
VI.	ESTUDIO ECONOMICO.....	33
6.1.	Presupuesto para el proyecto.....	33
6.2.	Flujo de caja del proyecto.....	34
VII.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	36
VIII.	CONCLUSIONES.....	37
IX.	RECOMENDACIONES.....	38
X.	BIBLIOGRAFÍA.....	39
XI.	ANEXOS.....	40

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Censo de carga (Consumo Actual-Marzo).....	24
Tabla 2. Censo de carga (Consumo Proyectado-Marzo).....	25
Tabla 3. Resumen Resultados cálculo del número de paneles FV.....	27
Tabla 4. Dimensionado del banco de baterías.....	27
Tabla 5. Resumen de resultados finales del dimensionado.....	28
Tabla 6. Dimensionado de conductores eléctricos (Minicentral).....	29
Tabla 7. Dimensionado de conductores eléctricos (Red de Distribución).....	29
Tabla 8. Presupuesto.....	33
Tabla 9. Flujo de Caja.....	35
Tabla 10. Selección de calibre de cable (LATINCASA).....	45
Tabla 11. Descripción de costos de base y caceta.....	46
Tabla 12. Gastos de etapa de producción.....	46

## **INDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Solarímetro.....	12
Figura 2. Tipos de Radiación Solar.....	13
Figura 3. Sistema fotovoltaico.....	16
Figura 4. Huertas solares.....	17
Figura 5. Planta de generación de Energía Fotovoltaica.....	18
Figura 6. Componentes de un sistema solar fotovoltaico.....	18
Figura 7. Tipos de paneles solares.....	19
Figura 8. Macrolocalización del proyecto .....	40
Figura 9. Microlocalización del proyecto.....	40

Figura 10. Mapa de ubicación de la Minicentral Fotovoltaica (Acometidas)..... 44

Figura 11. Mapa de ubicación de la minicentral..... 45

**NOMECLATURA**

BMZ	Ministerio federal de cooperación económica y desarrollo.....	7
$P_{gen, p}$	Potencia a generar.....	21
F	Factor de Corrección.....	21
$E_{tot}$	Energía Total demandada.....	21
$\Delta t_{sol}$	Horas sol.....	21
N°Paneles	Numero de paneles Solar Fotovoltaico.....	21
$P_{panel}$	Potencia del panel Solar Fotovoltaico.....	21
$E_{bat}$	Energía del banco de baterias o acumulador.....	21
$\tau$	Días de autonomía de la batería.....	21
$\delta_p$	Factor de descarga de la batería.....	21
$E_{gen}$	Energía generada por los módulos FV.....	22
$E_{exc}$	Energía Excedida.....	22
CRC	Capacidad del regulador de carga.....	22
$V_{pv}$	Voltaje pico del panel.....	22
MPPT	Punto de máxima potencia.....	22
AWG	American wire gauge.....	22

## **RESUMEN EJECUTIVO**

El presente proyecto se realizó con la finalidad de solucionar la problemática de energía en la comunidad La Fortuna.

Este proyecto está dividido en dos fases: La primera fase es el diseño y/o dimensionado del sistema solar fotovoltaico, llevada a cabo en Alemania, en FH Bielefeld, Universidad de Ciencias Aplicadas y la segunda fase es el diseño de la Red de Distribución de la energía producida.

El objetivo principal con dichas fases culminada es ejecutar este pequeño proyecto, que está dirigido a beneficiar a la comunidad de La Fortuna, proporcionando energía eléctrica con fuentes de energía renovable y así evitar daños al lugar que pertenece a un área protegida, con esto se espera mejorar la calidad de vida actual de los pobladores sin afectar a las generaciones futuras.

Es importante mencionar a los participantes en el diseño de la Minicentral, los cuales hemos sido cuatro estudiantes, mis compañeros de FH Bielefeld: Lennart Schraeder y Johannes Vogelsang (Estudiantes de Técnico en Energías Renovables), mi compañera Nicaragüense, de la UNI-Estelí: Ossiris Eory Torrez (Ingeniería Civil) y su servidora Karelía Tercero Ubau (Estudiante de Ing. En Energías Renovables)

La idea planteada se ha ido desarrollando desde el mes de Abril hasta Noviembre, mediante el apoyo del programa ASA Kommunal a Jóvenes estudiantes o profesionales, cuyo objetivo es el intercambio cultural de los países de Latinoamérica con países de Europa y Por otro lado, a través del hermanamiento que existe entre las Ciudades, Bielefeld-Alemania/Estelí-Nicaragua, y el convenio entre las universidades (FH Bielefeld, FAREM y UNI), donde participe en un colectivo de trabajo en la Universidad Técnica-FH Bielefeld, llevándose a cabo la primera fase del proyecto, basado en el dimensionado de la Minicentral y la segunda fase para determinar los requerimientos en Nicaragua, cada una en un periodo de 3 meses aproximadamente.

## **I. INTRODUCCION**

En el año 2006, Nicaragua dependía en un 75% del petróleo para la generación de energía eléctrica, siendo el país de América Central que poseía la generación de electricidad más baja, al igual que el porcentaje de población con acceso a la electricidad, en las áreas rurales inferior al 40%, mientras que en áreas urbanas alcanzaba el 92%.

En la actualidad el sector energético nicaragüense, se encuentra en una etapa de crecimiento gracias a la estrategia de desarrollo para cambiar la matriz energética, implementada por el gobierno de Nicaragua, que gira en torno a la reducción de la dependencia de hidrocarburos, enfocada en el uso de energías renovables. Para el año 2013 alcanzo una generación de más del 50%, planteando como meta generar un 74% a base de recursos renovables para el 2018. En consecución a esto incrementa la cobertura del servicio eléctrico.

En ese sentido, surge la idea de diseñar una Minicentral con generación Solar Fotovoltaica en la comunidad de La Fortuna, ubicada en MiraFlor-Moropotente al Noreste de la ciudad de Estelí, cuya propuesta ha sido aceptado por el FORO-MiraFlor, siendo el encargado de la ejecución de proyectos con fuentes Renovables en esta área, cofinanciados por el gobierno Alemán, a través del BMZ.

Dicho proyecto pretende mejorar la calidad de vida de las personas, proporcionándoles el servicio de energía eléctrica, con la energía que nos proporciona el sol, transformándola en energía eléctrica a través de módulos fotovoltaicos, la cual está diseñada para generar 2.7kWp a 11 viviendas y una iglesia a las que se les distribuirá la energía en la comunidad La Fortuna, que con el tiempo cuya capacidad puede aumentar en base a la cantidad demandada de energía.

Desde el punto de vista económico, el porcentaje de cofinanciamiento corresponde al 50% del 100% de la Inversión, la que deberá ser recuperada en un lapso de 2 años como mínimo por los beneficiarios, según lo establecido por las organizaciones involucradas, pero considerando la situación económica de la comunidad se piensa en ampliar el periodo para el pago de la contraparte de la inversión del proyecto.

## **ANTECEDENTES**

En la actualidad el desarrollo de la Energía solar Fotovoltaico ha alcanzado un gran desarrollo en Latinoamérica, Chile es el país que posee la mayor central solar fotovoltaica de Latinoamérica y una de las más grandes del mundo, fue inaugurada en Junio de 2014 combinando innovación con sustentabilidad. El proyecto desarrollado en seis meses en el desierto de Atacama, a 37 kilómetros de Copiapó, cuenta con más de 310.000 módulos fotovoltaicos distribuidos sobre una superficie de 250 hectáreas, lo que equivale a una capacidad instalada de 100 MW.

En Nicaragua se construyó la primera planta eléctrica a nivel centroamericano con generación solar fotovoltaica, ubicada en la comunidad La Trinidad a 12 kilómetros de la ciudad de Diriamba, con financiamiento Japonés. La captación de energía solar se logra a través de 534 paneles, que permiten generar 1.38 MW y beneficia a 1,200 viviendas, partiendo del consumo promedio de 150 kilowatt hora por cada casa de la zona rural de Diriamba.

En la zona norte del país no se cuenta con una minicentral Fotovoltaica, sin embargo se han instalado numerosos sistemas aislados en algunas viviendas rurales.



## **II. JUSTIFICACIÓN**

En el plan nacional de desarrollo humano (PNDH), se establece como prioridad el crecimiento económico, con aumento del trabajo y reducción de la pobreza y desigualdades, la recuperación de valores, la restitución de derechos económicos, sociales, ambientales y culturales del pueblo.

En Nicaragua, lo anteriormente mencionado se relaciona con las condiciones en las que actualmente se encuentran algunas zonas rurales del país, como es el caso de las comunidades del Área protegida de MiraFlor-Moropotente en la ciudad de Estelí donde no existe un sistema de interconexión eléctrica a la red (SIN), lo cual es un factor determinante que dificulta el desarrollo socioeconómico y el mejoramiento de las condiciones de vida de las personas.

Por lo que, este estudio específico estipula el diseño de una Minicentral Solar Fotovoltaica autónoma, con una capacidad de generación 2.7 kWp, según la demanda real y proyectada, para brindar el servicio de energía eléctrica a la comunidad de La Fortuna, situada el Área Protegida de MiraFlor-Estelí.

La consecución de este proyecto está enfocado al tema del ahorro y uso eficiente de la energía, bajo el concepto de eficiencia energética a través del uso de fuentes de energías limpias e inagotables, dado que es un recurso que adquiere vigencia a raíz de los problemas del calentamiento global, generando como consecuencia la contaminación ambiental de los gases de efecto invernadero, cuyo objeto se enmarca en el planteamiento de soluciones y aplicación de medidas factibles y detener el deterioro medio ambiental del planeta.

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo general**

Diseñar una Mini Central Solar Fotovoltaica Autónoma con una capacidad de 2.7kWp, para electrificar la comunidad de La Fortuna- MiraFlor Moropotente, Estelí.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Estimar la demanda actual de energía de 12 casas de la comunidad La Fortuna- Miraflor Moropotente.
- Dimensionar la Minicentral solar fotovoltaica autónoma para satisfacer la demanda existente en la comunidad La Fortuna-Miraflor.
- Analizar el impacto socioeconómico que se generara en la comunidad con la implementación del proyecto.

## **IV. ESTADO DEL ARTE**

Los principales ejes teóricos de este trabajo son: 1) Energías Renovables (Enfoque en Energía Solar), 2) Centrales de generación Solar Fotovoltaica. A continuación se definen cada aspecto:

### **4.1. Energías Renovables**

La cámara de industria e Comercio Ítalo Nicaragüense ("CCIN", 2011), dice que se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

Así mismo, son fuentes de abastecimiento que respetan el medio ambiente. Esto significa que pueden ocasionar efectos negativos sobre el entorno, pero éstos son infinitamente menores si los comparamos con los impactos ambientales de las energías convencionales (combustibles fósiles: petróleo, gas y carbón; energía nuclear, etc.) y además son casi siempre reversibles.

El consumo de energía es uno de los grandes medidores del progreso y bienestar de una sociedad. La producción de energías limpias, alternativas y renovables no es por tanto una cultura o un intento de mejorar el medio ambiente, sino una necesidad a la que el ser humano se va a tener que dirigir, independientemente de nuestra opinión, gustos o creencias.

#### **4.1.1. Clasificación de Energías Renovables**

##### **a) Energía solar**

La energía solar se fundamenta en el aprovechamiento de la radiación solar para la obtención de energía que podemos aprovechar directamente en forma de calor o bien podemos convertir en electricidad.

- ✓ **Calor:** la energía solar térmica, consiste en el aprovechamiento de la radiación que proviene del sol, para la producción de agua caliente, para consumo doméstico o industrial, climatización de piscinas, calefacción de nuestros hogares, hoteles, colegios, fábricas, etc.

- ✓ **Electricidad:** energía solar fotovoltaica, permite transformar en electricidad la radiación solar a través de unas células fotovoltaicas o placas solares. La electricidad producida puede usarse de manera directa (por ejemplo para sacar agua de un pozo o para regar, mediante un motor eléctrico), o bien ser almacenada en acumuladores para usarse en las horas nocturnas. Incluso es posible inyectar la electricidad sobrante a la red general, obteniendo un importante beneficio.

El aparato para medir la radiación total se denomina Piranometro.

Figura 1. Solarimetro



Fuente: (Zapata Castaño & Arenas Sanchez, 2011)

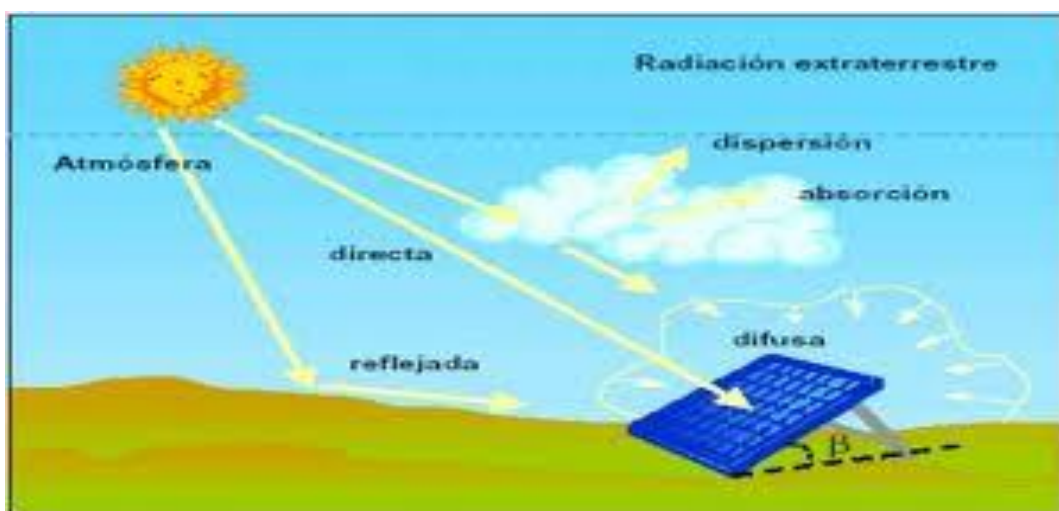
Según Zapata Castaño & Arenas Sanchez, 2011, plantean que en función de cómo reciben la radiación solar los objetos situados en la superficie terrestre, se pueden distinguir estos tipos de radiación:

- ✓ **Radiación Directa:** Es aquella que llega directamente del Sol sin haber sufrido cambio alguno en su dirección. Este tipo de radiación se caracteriza por proyectar una sombra definida de los objetos opacos que la interceptan.
- ✓ **Radiación Difusa:** Parte de la radiación que atraviesa la atmosfera es reflejada por las nubes o absorbida por estas. Esta radiación, que se denomina difusa, va en todas direcciones, como consecuencia de las

reflexiones y absorciones, no solo de las nubes sino de las partículas de polvo atmosférico, montañas, arboles, edificios, el propio suelo, etc. Este tipo de radiación se caracteriza por no producir sombra alguna respecto a los objetos opacos interpuestos. Las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que ven toda la bóveda celeste, mientras que las verticales reciben menos porque solo ven la mitad.

- ✓ **Radiación Reflejada:** La radiación reflejada es, como su nombre indica, aquella reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, llamado también albedo. Las superficies horizontales no reciben ninguna radiación reflejada, porque no ven ninguna superficie terrestre y las superficies verticales son las que más radiación reflejada reciben.
- ✓ **Radiación Global:** es la radiación total. Es la suma de las tres radiaciones. En un día despejado, con cielo limpio, la radiación directa es preponderante sobre la radiación difusa. Por el contrario, en un día nublado no existe radiación directa y la totalidad de la radiación que incide es difusa.

Figura 2. Tipos de Radiación Solar



### **b) Energía Eólica:**

La energía del viento se deriva del calentamiento diferencial de la atmósfera por el sol, y las irregularidades de la superficie terrestre. Aunque sólo una pequeña parte de la energía solar que llega a la tierra se convierte en energía cinética del viento, la cantidad total es enorme.

Con la ayuda de los aerogeneradores o generadores eólicos podemos convertir la fuerza del viento en electricidad. Éstos tienen usos muy diversos y pueden satisfacer demandas de pequeña potencia (bombeo de agua, electrificación rural, etc.) o agruparse y formar parques eólicos conectados a la red eléctrica.

### **c) Energía hidráulica**

La energía hidráulica tiene su origen en el "ciclo del agua", generado por el Sol, al evaporar las aguas de los mares, lagos, etc. Esta agua cae en forma de lluvia y nieve sobre la Tierra y vuelve hasta el mar, donde el ciclo se reinicia.

La energía hidráulica se obtiene a partir de la energía potencial asociada a los saltos de agua y a la diferencia de alturas entre dos puntos del curso de un río.

Las centrales hidroeléctricas transforman en energía eléctrica el movimiento de las turbinas que se genera al precipitar una masa de agua entre dos puntos a diferente altura y, por tanto a gran velocidad.

### **d) Energía Geotérmica:**

Se llama energía geotérmica a la que se encuentra en el interior de la tierra en forma de calor, como resultado de:

- ✓ La desintegración de elementos radiactivos.
- ✓ El calor permanente que se originó en los primeros momentos de formación del planeta.

Esta energía se manifiesta por medio de procesos geológicos como volcanes en sus fases póstumas, los géiseres que expulsan agua caliente y las aguas termales.

La conversión de la energía geotérmica en electricidad consiste en la utilización de un vapor, que pasa a través de una turbina que está conectada a un generador, produciendo electricidad. El principal problema es la corrosión de las tuberías que transportan el agua caliente.

#### **e) Energía de la Biomasa:**

La energía de la biomasa es un tipo de energía renovable procedente del aprovechamiento de la materia orgánica e inorgánica formada en algún proceso biológico o mecánico, generalmente, de las sustancias que constituyen los seres vivos (plantas, ser humano, animales, entre otros), o sus restos y residuos. El aprovechamiento de la energía de la biomasa se hace directamente (por ejemplo, por combustión), o por transformación en otras sustancias que pueden ser aprovechadas más tarde como combustibles o alimentos.

#### **4.2. Energía Solar Fotovoltaica (FV)**

Según Zapata C. H. Steven y Arenas S. D. Andrés (Zapata Castaño & Arenas Sanchez, 2011) dicen que, la energía solar fotovoltaica como al proceso de obtención de energía eléctrica por medio de paneles fotovoltaicos. Los módulos o colectores fotovoltaicos están conformados por dispositivos semiconductores tipo "diodo", los cuales al recibir radiación solar mediante un proceso químico se excitan y provocan saltos electrónicos; esto se conoce como efecto fotoeléctrico. Al producirse este fenómeno se genera una pequeña diferencia de potencial en sus extremos. El acoplamiento en serie de varios de estos fotodiodos nos permite la obtención de voltajes mayores en configuraciones muy sencillas para el uso de pequeños dispositivos electrónicos

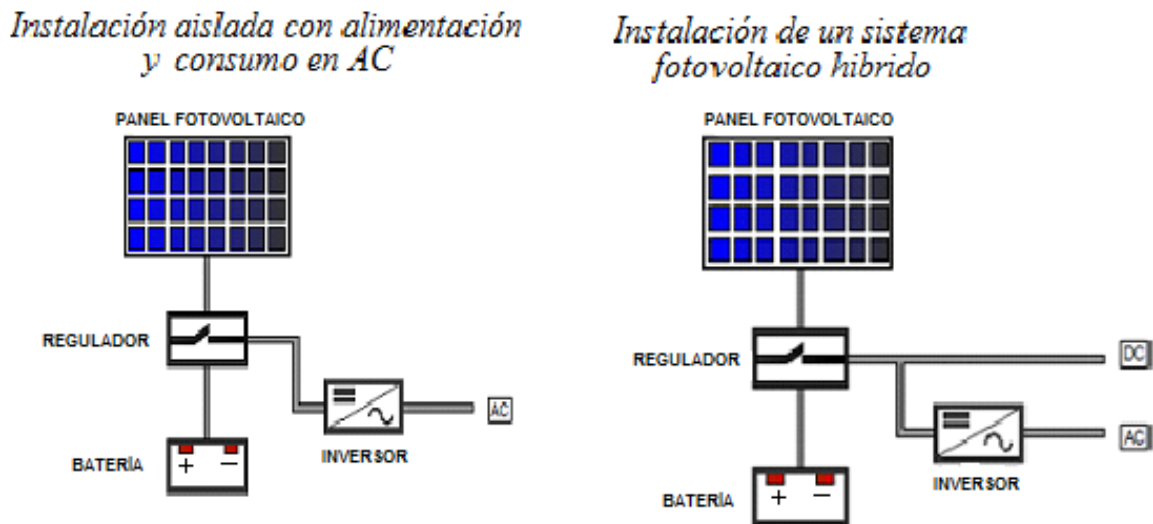
Se puede realizar una primera clasificación de los sistemas fotovoltaicos si están o no conectados a la red eléctrica convencional:

##### **✓ Instalaciones aisladas a la red eléctrica (Instalaciones autónomas):**

Estas instalaciones son las que carecen de conexión con la red eléctrica convencional. Se pueden diferenciar entre sistemas con acumulación y sistemas de conexión directa. Los sistemas de acumulación son los que están conectados a baterías que permiten el suministro eléctrico en periodos de poco o nulo aprovechamiento de la radiación solar. Estos a su vez, pueden diferenciarse por el

consumo al que están conectados: así pueden haber instalaciones aisladas con elementos de consumo en corriente alterna o elementos de consumo de corriente continua. Estos dos sistemas mencionados se muestran en la figura 3.

Figura 3. Sistemas fotovoltaicos



✓ **Instalaciones conectadas a la red eléctrica:**

Son las instalaciones en las que la energía generada por el campo fotovoltaico se entrega directamente a la red general de distribución. Las instalaciones conectadas a la red no poseen baterías ni reguladores, componiéndose únicamente de los dispositivos fotovoltaicos y del inversor o convertidor. Los dispositivos fotovoltaicos son los mismos que se emplean para las instalaciones aisladas de la red eléctrica, sin embargo, los inversores deben disponer de un sistema de medida de la energía consumida y entregada, ser capaz de interrumpir o reanudar el suministro en función del estado de campo de paneles y adaptar la corriente alterna producida en el inversor a la fase de energía de la red.



### 4.3. Centrales de generación solar Fotovoltaica

A continuación, definiremos los conceptos y componentes básicos de una central de generación Solar fotovoltaica (Zapata Castaño & Arenas Sanchez, 2011)

Una central de generación fotovoltaica (comúnmente conocida como huerta solar) es una agrupación de instalaciones solares ubicadas en una misma localización. Cada instalación permite entregar potencia dependiendo de la demanda, aunque la potencia aproximada de cada instalación o panel es de 5 KW, también es posible la adquisición de una o varias instalaciones que permiten generar una potencia mayor que está por el orden de los MW y eso depende de que tan grande sea la disposición del terreno y de la cantidad de silicio disponible para fabricar las celdas.

Una de las ventajas de este tipo de plantas o huertos solares es que no emiten altos niveles de contaminación. De este modo se evita arrojar a la atmosfera cantidades muy grandes de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que liberan otros tipos de centrales generadoras, tales como: las centrales térmicas que usan combustibles fósiles (carbón, fuel o gas). Además de esto este tipo de plantas o huertos presentan una particularidad que las ayuda a producir una mayor cantidad de energía con respecto a las plantas estáticas, ya que se han diseñado diferentes tipos de software y modificaciones mecánicas que les permiten girar en busca de la posición del sol, así como lo hacen los girasoles.

*Figura 4. Huertas solares*



En la figura 5, se muestra la planta solar fotovoltaica más grande de Centroamérica

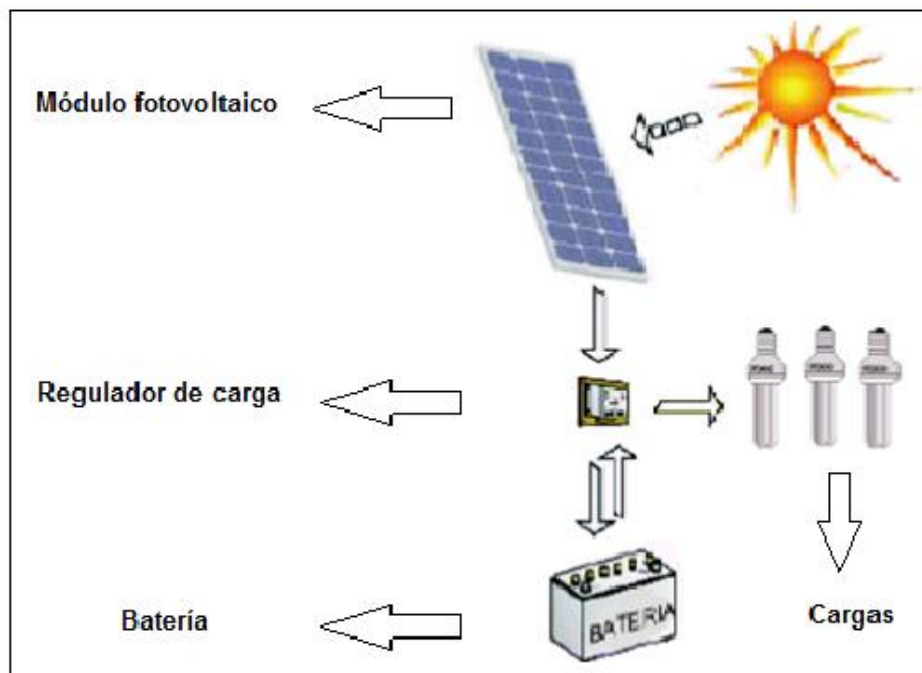


Figura 5. Planta de generación de Energía Fotovoltaica

#### 4.3.1. Componentes de una Central de Generación Fotovoltaica.

Una instalación de energía solar fotovoltaica debe incluir una serie de elementos indispensables para el correcto funcionamiento y control de la instalación, aquí se describe cada uno de los elementos básicos.

Figura 6. Componentes de un sistema solar fotovoltaico y/o huerta solar.



Fuente: Energía solar fotovoltaica (Orbegozo & Arivilca, 2010)

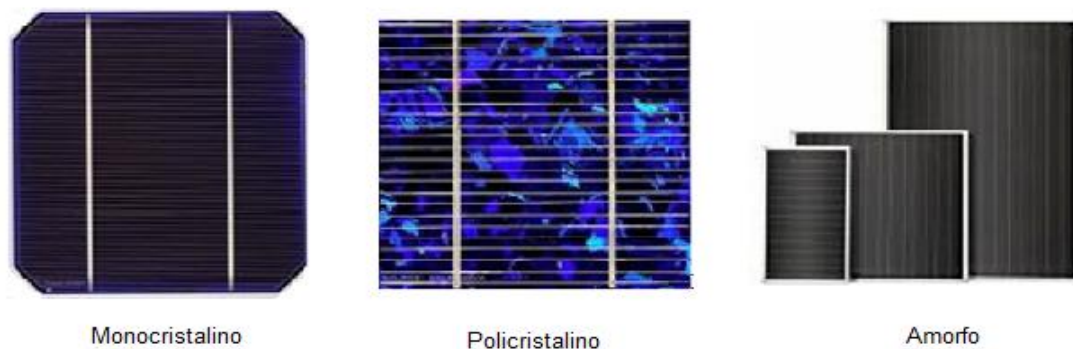
#### 4.3.1.1. **Generador fotovoltaico**

Una celda solar es un instrumento que genera electricidad directamente de la luz visible, debido al efecto fotovoltaico. Para poder generar energía útil, se deben interconectar un cierto número de celdas para formar un panel solar, que también es conocido como módulo fotovoltaico.

El conjunto de módulos fotovoltaicos conectados entre sí constituyen el generador fotovoltaico. La finalidad de esta configuración es obtener las características de tensión y potencia deseada de acuerdo a los requerimientos de nuestro sistema. (López, 2013)

- a. Tipos de paneles solares:** Se pueden mencionar tres tipos de paneles solares, tales como: silicio monocristalino, silicio policristalino y silicio amorfo.

*Figura 7. Tipo de paneles solares*



#### 4.3.1.2. **Baterías (acumuladores)**

La batería es un sistema electroquímico de almacenamiento de energía eléctrica, las más comúnmente utilizadas en sistemas fotovoltaicos son las baterías de ácido – plomo, Existen otras tecnologías de baterías, como las de Níquel Cadmio (NiCd), Níquel Metalhidruo (NiMH), Estas baterías presentan todas las ventajas de las de NiCd, con una mayor densidad de energía. Al no contener Cadmio es más amigable con el medio ambiente, aunque también utiliza pequeñas cantidades de otros productos tóxicos.

Dado que el sol está disponible durante algunas horas del día y que algunos usos de la energía se centran por la noche, por ejemplo la iluminación artificial, algunos sistemas fotovoltaicos disponen de un sistema de acumulación de energía. El

sistema de acumulación de energía más comúnmente utilizado son las baterías químicas. Seleccionar las baterías adecuadas para sistemas fotovoltaicos depende de cada aplicación, generalmente las mejores serían las que permitan un ciclo de descarga profunda, bajo mantenimiento y una vida útil larga para amortizar mejor los costos (UPC, 2007).

#### **4.3.1.3. Inversor (acondicionador o convertidor)**

Se encarga de adaptar la corriente continua producida por el generador fotovoltaico a las características eléctricas requeridas por las cargas a alimentar.

Cuando se necesita utilizar dispositivos que requieren alimentación de corriente alterna (CA) se utilizan los convertidores CC/CA. También existen convertidores CC/CA, cuya función es convertir el voltaje de salida del panel solar a un voltaje de corriente continua diferente. Los convertidores CC/CC pueden clasificarse en: Reductores, elevadores y Reductores-Elevadores (UPC, 2007).

#### **4.3.1.4. Regulador de carga**

Es el equipo que controla los procesos de carga y descarga de la batería. Controla el proceso de carga evitando que, con la batería a plena capacidad, los módulos fotovoltaicos sigan inyectando carga a la misma. Se lleva a cabo anulando o reduciendo el paso de corriente del campo fotovoltaico. Controla el proceso de descarga evitando que el estado de carga de la batería alcance un valor demasiado bajo cuando está consumiendo la energía almacenada.

#### **4.3.1.5. Cables de conexionado**

Es el componente indispensable para el transporte de energía eléctrica entre los diferentes bloques del sistema fotovoltaico. Como es inevitable que ocurra la pérdida de energía en forma de calor debido a que la resistencia eléctrica del conductor nunca es nula, la elección de un cable conductor representa un compromiso entre un valor bajo la resistencia y el coste del mismo. Dentro de la gama de materiales existentes, el cobre presenta una buena solución, al ser un material ligero, lo que favorece su empleo en líneas de transmisión de energía eléctrica (López, 2013).

#### 4.3.1.6. Elementos de protección del circuito

Son elementos como diodos de bloqueo, interruptores para desconexión, tierra, etc., dispuestos entre diferentes parte del sistema, para proteger la descarga y derivación de elementos en caso de falla o situaciones de sobrecarga.

#### 4.3.2. Ecuaciones para el Diseño de la Minicentral Solar Fotovoltaica Autónoma

- a) Primeramente debemos calcular la potencia generada a través de la Radiación solar recibida por horas y la cantidad de horas sol en un día.

**Ecuación 1:**

$$P_{gen}(W) = f \cdot \frac{E_{tot}(Wh)}{\Delta t_{sol}(h)}$$

Luego es posible calcular el número de paneles, si ya hemos seleccionado la potencia del panel a utilizar, de la siguiente manera:

**Ecuación 2:**

$$N^{\circ}Paneles = \frac{P_{gen}(W)}{P_{panel}(W)} \quad o \quad N^{\circ}Paneles = \frac{P_{gen}(W)}{P_{panel}(W)} * f$$

A la vez se utilizan dos valores que corresponden al factor de corrección, uno del 10% que comúnmente usamos y el otro del 12% + 0.38 = 1.5

- b) Para calcular la capacidad del banco de baterías o acumulador, se aplica la siguiente ecuación, tomando en cuenta el consumo de carga, días de autonomía de la batería y el factor de descarga de la misma.

**Ecuación 3:**

$$E_{bat}(Wh) = \frac{E_{tot}(Wh/dia) \cdot \tau(dia)}{\delta_p}$$

Obteniendo el resultado de la capacidad del acumulador, podemos calcular el número de baterías necesarios para almacenar esta cantidad de energía, de la

siguiente manera: (además se debe conocer la capacidad de cada una de las baterías).

**Ecuación 4:**

$$N^{\circ} \text{ Bat} = \frac{E_{\text{Bat}}}{E_{\frac{c}{u}} \text{ Bat}}$$

Otro cálculo importante es, la cantidad de días necesarios para cargar el banco de baterías, para lo cual hay que aplicar las siguientes ecuaciones:

**Ecuación 5:**

➤  $P_{\text{gen panel}} (W) = P_{\text{panel}}(W) * \text{Num. Paneles}$

**Ecuación 6:**

➤  $E_{\text{gen}} = P_{\text{gen}} * \Delta t_{\text{sol}}(h)$

**Ecuación 7:**

➤  $E_{\text{exc}}(Wh) = E_{\text{gen}}(Wh) - E_{\text{tot}}(Wh)$

**Ecuación 8:**

➤  $\text{Cant. días de Carga Bat} = \frac{E_{\text{Bat}}(Wh)}{E_{\text{exc}}(Wh)}$

c) Ecuación para obtener la capacidad del Regulador de Carga.

**Ecuación 9:**  $CRC = \frac{P_{\text{gen}}}{V_{pv}}$

d) La capacidad del inversor se selecciona según las cargas en corriente alterna.

e) Ecuación para la selección del cableado en el sistema de la Minicentral FV y para la Red de Distribución (Con el resultado de esta ecuación procedemos a utilizar una tabla para la selección que presenta las características del cable).

**Ecuación 10:**  $V_{\text{Gen,p}} = N^{\circ} p, \text{ serie} * V_{p,p}$

**Ecuación 11:**  $I_{\text{Gen}}(A) = \frac{P}{V}$

## **V. DESARROLLO DEL TRABAJO**

La comunidad de La Fortuna está ubicada en el área protegida de MiraFlor, situada al noreste del municipio de Estelí (Ver Anexo 1). En estas Zonas se dedican a la producción de papa, repollo, tomate, café orgánico, lechería, reforestación y principalmente a la protección ambiental.

Según los requerimientos para dar inicio al diseño de la Minicentral Solar Fotovoltaica, se realizaron encuestas a inicios del año 2014 (ver Anexo 2), para conocer la cantidad demandada del servicio eléctrico actual y futuro, así como para conocer la situación socioeconómica de sus habitantes. Las encuestas fueron aplicadas a 11 familias y una iglesia de la comunidad, con las cuales se pretende iniciara la operación de la Minicentral (Ver Anexo 4).

Los beneficiarios seleccionados, por la capacidad de aceptación del proyecto, demandan 2.1 kWh/diario de energía en la actualidad (Tabla 1), y según los datos obtenidos mediante las encuestas, un aumento que llega a 7.11 kWh/diario (Tabla 2), por lo que este proyecto producirá la cantidad de energía suficiente para satisfacer la demanda actual y previendo la demanda futura.

Es decir que la cantidad de energía a ofertar sobre pasa la cantidad demanda, para cubrir el crecimiento de la demanda en un futuro.

Por otro lado un dato muy importante es el valor que deberá pagar la población por el servicio de energía, en primera instancia debe ser considerado su situación económica y el periodo de recuperación de la inversión. Es por ello que, las organizaciones involucradas con las comunidades de esta Reserva, y la ONG que da financiamiento a este tipo de proyectos, han establecido que los beneficiarios deberán pagar el 50% del costo total del proyecto en cooperación, y a este le sumara una cuota para el mantenimiento de la minicentral (Cambio de batería, limpieza, etc.) y la mano de obra, gastos de la etapa de producción del proyecto.

### 5.1. Censo de carga

**Tabla 1. Censo de carga de 11 casas y La Iglesia de la Comunidad La Fortuna- MiraFlor Moropotente, correspondiente al mes de Marzo (Consumo Actual).**

No.	Tiene sistema solar	Responsable vivienda	Energía proyectada	Unid	Potencia (W)	Horas Uso/ día	Consumo (Wh)	Potencia Total (W)
1	Si	Alberto Lagos	Bombillo ahorrativo	4	11	2	88	44
			TV a color	1	40	2	80	40
			Radio	1	15	2	30	15
2	No	Angélica Petronila	Radio	1	15	3	45	15
3	Si	Blanca Rosa Lago	Bombillo Ahorrativo	4	11	2	88	44
			Radio	1	15	4	60	15
			Celular	1	4	3	12	4
			TV a color	1	40	4	160	40
4	Si	Juan José Rodriguez	Bombillo ahorrativo	3	11	4	132	33
			Radio	1	15	2	30	15
			Celular	1	4	1	4	4
5	Si	Ramiro Hernández	Bombillo ahorrativo	6	11	2	132	66
			TV B y N	1	40	2	80	40
			Equipo de sonido	1	150	1	150	150
			Celular	3	4	1	12	12
			Bomba para pozo	1	400	0.071	28.4	400
6	No	Santiago Díaz	Radio	1	15	12	180	15
7	Si	Iglesia	Bombillos ahorrativos	2	11	2	44	22
8	No	Santos Dolores Barreda	Radio	1	15	12	180	15
9	No	Santos Martín Rodriguez	Celular	4	4	3	48	16
10	Si	Valentín Amado	Celular	5	4	1	20	20
			Radio	1	15	2	30	15
			Bombillo Ahorrativo	5	4	4	80	20
			TV B Y N	1	40	2	80	40
			Equipo de sonido	1	150	2	300	150
11	No	Federico Rodriguez	No hay	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>							<b>2093.4</b>	<b>1250</b>



**Tabla 2. Censo de carga de 11 casas y La Iglesia de la Comunidad La Fortuna- MiraFlor Moropotente (Demanda proyectada).**

Responsable vivienda	Energía proyectada	Unidad	Potencia (W)	Horas día	Consumo (Wh)	Potencia Total (W)
Alberto Lagos	Bombillo ahorrativo	4	11	3	132	44
	TV a color	1	40	2	80	40
	Radio	1	15	3	45	15
	Celular	1	4	2	8	4
Angélica Petronila Rodriguez	Bombillo ahorrativo	5	11	3	165	55
	TV a color	1	40	2	80	40
	Radio	1	15	3	45	15
Blanca Rosa Lago	Bombillo Ahorrativo	4	11	2	88	44
	Radio	1	15	3	45	15
Hazell Rodriguez	Celular	1	4	3	12	4
	TV a color	1	40	4	160	40
	Equipo sonido	1	150	2	300	150
	Licuada	1	70	0.07	4.9	70
	Refrigeradora	1	120	6.5	780	120
Juan José Rodriguez	Bombillo ahorrativo	3	11	4	132	33
	TV B y N	1	40	2	80	40
	Radio	1	15	2	30	15
	Equipo de sonido	1	150	2	300	150
	Celular	1	4	1	4	4
Ramiro Hernández	Bombillo ahorrativo	6	11	2	132	66
	TV B y N	1	40	2	80	40
	Refrigeradora	1	120	6.5	780	120
	Bomba para pozo	1	400	0.0715	28.6	400
	Licuada	1	70	0.5	35	70
	Equipo de sonido	1	150	1	150	150
	Celular	3	4	1	12	12
Laptop	1	80	2	160	80	
Santiago Díaz	Radio	1	15	12	180	15
	Celular	1	4	1	4	4
	Bombillos ahorrativos	2	11	3	66	22
Iglesia	Sonido	1	800	0.5	400	800
	Bombillos ahorrativos	4	11	2	88	44
Santos Dolores Barreda	Bombillo ahorrativo	5	11	3	165	55
	TV a color	1	40	2	80	40
	Refrigeradora	1	120	6.5	780	120
	Radio	1	15	12	180	15
	Celular	1	4	1	4	4
	Equipo	1	150	2	300	150
Santos Martin Rodriguez	Bombillo ahorrativo	5	11	3	165	55
	Celular	4	4	3	48	16
Valentín Amado Rodriguez	Celular	5	4	1	20	20
	Radio	1	15	2	30	15
	Bombillo Ahorrativo	5	11	4	220	55
	TV B Y N	1	40	2	80	40
	Equipo	1	150	2	300	150
Federico Rodriguez	Bombillo ahorrativo	4	11	3	132	44
<b>TOTAL</b>					<b>7110.5</b>	<b>3500</b>

## 5.2. Dimensionado de la Minicentral Solar Fotovoltaica Autonomas

El dimensionado de la minicentral para la electrificación en la comunidad La Fortuna, se realizó en base al censo de carga con una demanda de energía proyectada a futuro (Tabla 2), aumento que ha sido estimado por los mismos pobladores, admitiendo que compraran nuevos electrodomésticos cuando el proyecto se encuentre en la etapa productiva.

Se utilizaron las ecuaciones correspondientes para el dimensionado de la minicentral.

### Datos relevantes para el Dimensionado

- Consumo Total proyectado: 7,110.5 Wh
- Radiación anual: 1,755 Wh/m<sup>2</sup> (Ver Anexo 3)
- Radiación diaria/promedio: 4,110 – 4,800 (Wh/m<sup>2</sup>)
- Factor de corrección: 10%
- Factor de corrección (PV-sol): 12%+0.38 =1.5

Haciendo uso de la **ecuación 1**, calculamos la potencia generada según la energía que llega a la tierra en el lugar que se ubica la minicentral, con y sin factor del 10%:

$$P_{gen}(W) = 1.1 * \frac{7,110.5(Wh)}{4.11(h)} = 1,903.05 W$$

Con la **ecuación 2**, se calculó el número de paneles solares necesarios para generar una potencia de 1,903.05W

$$N^{\circ}Paneles = \frac{1,903.05(W)}{225 (W)} = 8.45 \text{ paneles solares} \approx 9$$

Por otro lado, debemos considerar el aumento de las cargas y número de personas conectadas a la minicentral.

Utilizando Factor de PV-sol= 0,38 y más 12% factor de corrección, la suma de estos dos valores equivale a 1.5, estos datos se toman en cuenta para realizar una comparación con el resultado obtenido anteriormente y decidir un número conveniente.

$$N^{\circ}Paneles Real = \frac{1,903.05 (W)*1.5}{225 (W)} = 12.68 \text{ paneles solares} \approx 13$$

**Tabla 3. Resumen de Resultados del número de paneles.**

Esta tabla contiene comparaciones según los factores de corrección utilizados, para obtener resultados más acertados y así seleccionar el número de paneles que se necesitan para la minicentral.

Radiación Solar promedio kWh/m2	%	Ettotal (kWh)	Pgenerada (Wp)	Numero Paneles	%	Pgenerada (Wp)	Numero Paneles
4.11	Sin factor	7,111	1730.05	7.69	1.5	1,730.05	11.53
	1.1	7821.55	1903.05	8.46		1,903.05	12.687

Sustituyendo los datos de energía demandada, días de autonomía (es decir los días nublados) y el porcentaje de descarga de las baterías, en la ecuación 3 y 4, se obtiene el dimensionado del banco de baterías que almacena la energía generada por el arreglo fotovoltaico, el resultado se describe en la siguiente tabla.

**Tabla 4. Dimensionado del banco de batería.**

Características	Consumo encuesta marzo [kWh]				Trojan L16H				
	Dias de autonomia/ Capacidad de la batería				6V 435 Ah	Numero de baterías			
	un día	dos días	tres días	cuatro días	2,61 kWh	un día	dos días	tres días	cuatro días
Cantidad de descarga	7.1105	14.221	21.332	28.442					
0.7	10.2	20.3	30.5	40.6		3.89	7.78	11.68	15.57
0.6	11.9	23.7	35.6	47.4		4.54	9.08	13.62	18.16
0.5	14.2	28.4	42.7	56.9		5.45	10.90	16.35	21.79
Características	Consumo encuesta marzo +10% [kWh]				Trojan L16H				
	Dias de autonomia/ Capacidad de la batería				6V 435 Ah	Numero de baterías			
	un día	dos días	tres días	cuatro días	2,61 kWh	un día	dos días	tres días	cuatro días
Cantidad de descarga	7.82	15.64	23.46	31.29					
0.7	11.17	22.35	33.52	44.69		4.28	8.56	12.84	17.12
0.6	13.04	26.07	39.11	52.14		4.99	9.99	14.98	19.98
0.5	15.64	31.29	46.93	62.57		5.99	11.99	17.98	23.97

**Nota:** La unidad de medida de la tabla 3 y 4 están en kWh, dividir entre 1000 para convertir a Wh.

A continuación se calculara los días necesarios para cargar el banco de baterías, con las ecuaciones 5, 6, 7 y 8 de la teoría:

**Ecuación 5:** Cálculo Potencia generada por el arreglo fotovoltaico

$$P_{gen\ panel\ (W)} = 225\ W * 12\ paneles = 2,700W$$

**Ecuación 6:** Cálculo de energía generada por el arreglo fotovoltaico

$$E_{gen}(Wh) = 2,700W * 4.11\ horas\ sol = 11,097Wh$$

**Ecuación 7:** Cálculo de la energía Excedida

$$E_{exc}(Wh) = 11,097 - 7,110.5 = 3,990\ Wh$$

$$Cant.\ días\ de\ Carga\ Bat = \frac{20,312(Wh)}{3,990(Wh)} = 5,09\ Dias$$

Por último se calculó la capacidad del regulador de carga, utilizando la **Ecuación 9:**

$$CRC = \frac{12\ Paneles * 225\ W}{48V} = 56.26\ A$$

Por lo tanto se usara un Controlador de carga de 60 A, con MPPT que aumenta la eficiencia del sistema.

A continuación, se debe seleccionar la capacidad del inversor según las cargas en corriente Alterna, que indican que el inversor debe de ser 3500 Wp.

**Tabla 5. Resultados Finales del dimensionado de la Minicentral**

La siguiente tabla corresponde a los aparatos a utilizar con sus respectivas dimensiones, para el funcionamiento eficiente de la minicentral con generación de energía fotovoltaica.

Demanda (Wh/día)	# Paneles- 225W	Potencia arreglo fotovoltaico (Wp)	Capacidad del sistema de Almacenamiento (2 días) Wh	Num Bat, 6V 435 Ah	Capacida d del regulador de carga	Potencia de la carga (W)
7110.5	12	2,700	20,315.71	8	60	3500

**Ecuación 10 y 11:** Cálculo del cableado para el sistema de la minicentral (Ver esquema de la minicentral)

❖ **Salida del generador- entrada al fusible (1)**

$$P_{gen, panel} = 2700 \text{ Wp}$$

$$V_{gen,p} = N^{\circ}p, serie * V_{p,p} = 3 * 29,3 = 87,9 \text{ Vp}$$

$$I_{Gen,p} = \frac{2700Wp}{87,9Vp} = 30.71 \text{ Amperios}$$

Esto indica que se debe de usar Cable # 10 AWG, utilizando tabla de LATINCASA (Ver Anexo 5).

**Tabla 6. Dimensiones de Conductores Eléctricos para la Minicentral (ir a esquema de la Minicentral)**

N° Esquema	Cantidad	L[m]	Conexión	Tipo de cable	Potencia [W]	Voltaje [V]	Corriente [A]	f1 [T]	f2[H]	Corriente corregida	Sección [mm²]	AWG
1	8	7	String a caja1	1 x AWG	675	87.9	7.68	1.08	0.40	17.78	2.08	14
2	1	1	Caja 1 a regulador	1 x AWG	2700	87.9	30.72	1.08	0.61	46.63	13.3	6
3	1	1	Regul. a Caja2	1 x AWG	2700	48	56.25	1.08	0.61	85.38	33.6	2
4	1	4	Caja 2 a batería	1 x AWG	4400	48	91.67	1.08	0.61	139.14	57.4	2/0
5	1	1	Caja 2 a invers.	2 x AWG	4400	48	91.67	1.08	0.61	139.14	57.4	2/0
	7	0.4	Entre baterías	1 x AWG	4400	48	91.67	1.08	0.61	139.14	57.4	2/0
6	1	1	Inversor a caja3	2 x AWG	4400	110	40.00	1.08	0.61	60.72	21.2	4

**Tabla 7. Dimensiones de Conductores Eléctricos para Red de Distribución.**

12 casas										
Cantidad	Conexión	Tipo de cable	Potencia [W]	Voltaje [V]	v [%]	f1 [T]	Sección [mm²]	Sección corregida [mm²]	L[m]	Resultado
3 (vivo, neutro, tierra)	casa 2,3,8, iglesia	1 x AWG	1257.143	110	0.03	0.82	7.439	9.072	120	1 x 6 AWG
3 (vivo, neutro, tierra)	casa 1, 9, 10, 11	1 x AWG	1257.143	110	0.03	0.82	8.679	10.584	140	1 x 6 AWG
3 (vivo, neutro, tierra)	casa 4, 5, 6, 7	1 x AWG	1885.714	110	0.03	0.82	23.247	28.350	250	1 x 2 AWG

**Nota:** Ver mapa de ubicación de La minicentral, y las diferentes acometidas eléctricas hacia cada punto de conexión.

### **i. Analisis de Resultados**

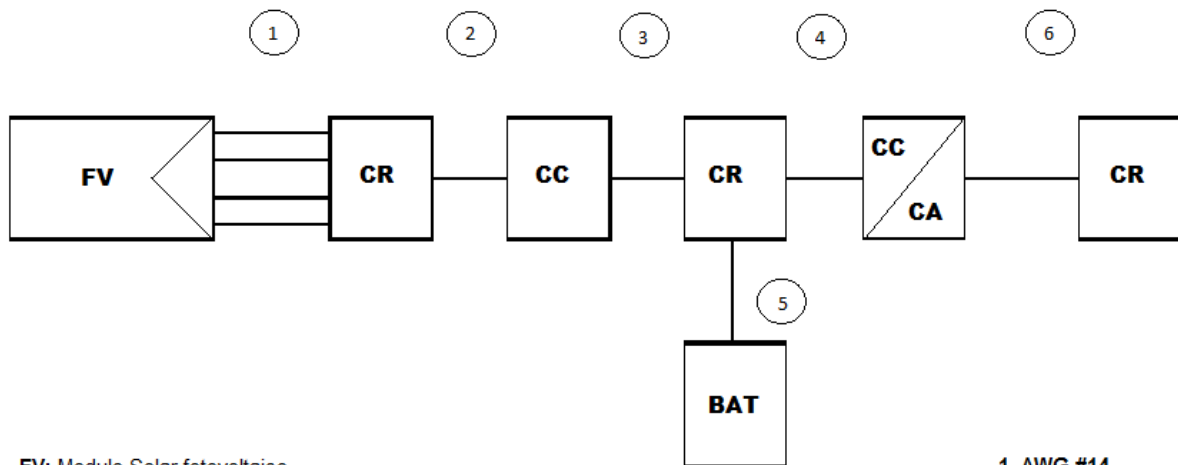
Según los cálculos realizados, y las diferentes comparaciones, se deberán usar 12 paneles solares cuyas características son de 225W y 12V, si conectamos 3 en serie y 4 en paralelo, a la salida habrán 36 V, para la generación de electricidad, el acumulador debe estar conformado por 8 baterías de 6V–435Ah cada una, conectadas en serie, para obtener a la salida 48V- 435Ah, utilizando un factor de descarga del 70%.

En cuanto al regulador de carga será de 60 amperios, que tiene incorporado MPPT, cuyo trabajo es calcular en todo momento la tensión a la cual el módulo posiblemente produzca la máxima potencia para las condiciones que se den. Lo que el regulador de carga con MPPT hace es independizar la tensión de las baterías de la del módulo, dejando que el módulo fotovoltaico opere a 36 V independientemente de la tensión de la batería, consiguiendo un aumento de la intensidad de carga de la batería.

Por otro lado tendremos un inversor de 3500W, seleccionado por el total de la potencia proyectada del censo de carga y seguidamente el cableado de la minicentral, así como de la red de distribución.

Debido a los diferentes amperajes, se utilizan diferentes números de cables y según los que se encuentran en el mercado. Para la Minicentral se necesitaran cables número 14, 6 y 2/0 (AWG) y para la red de distribución 6 y 2 (AWG).

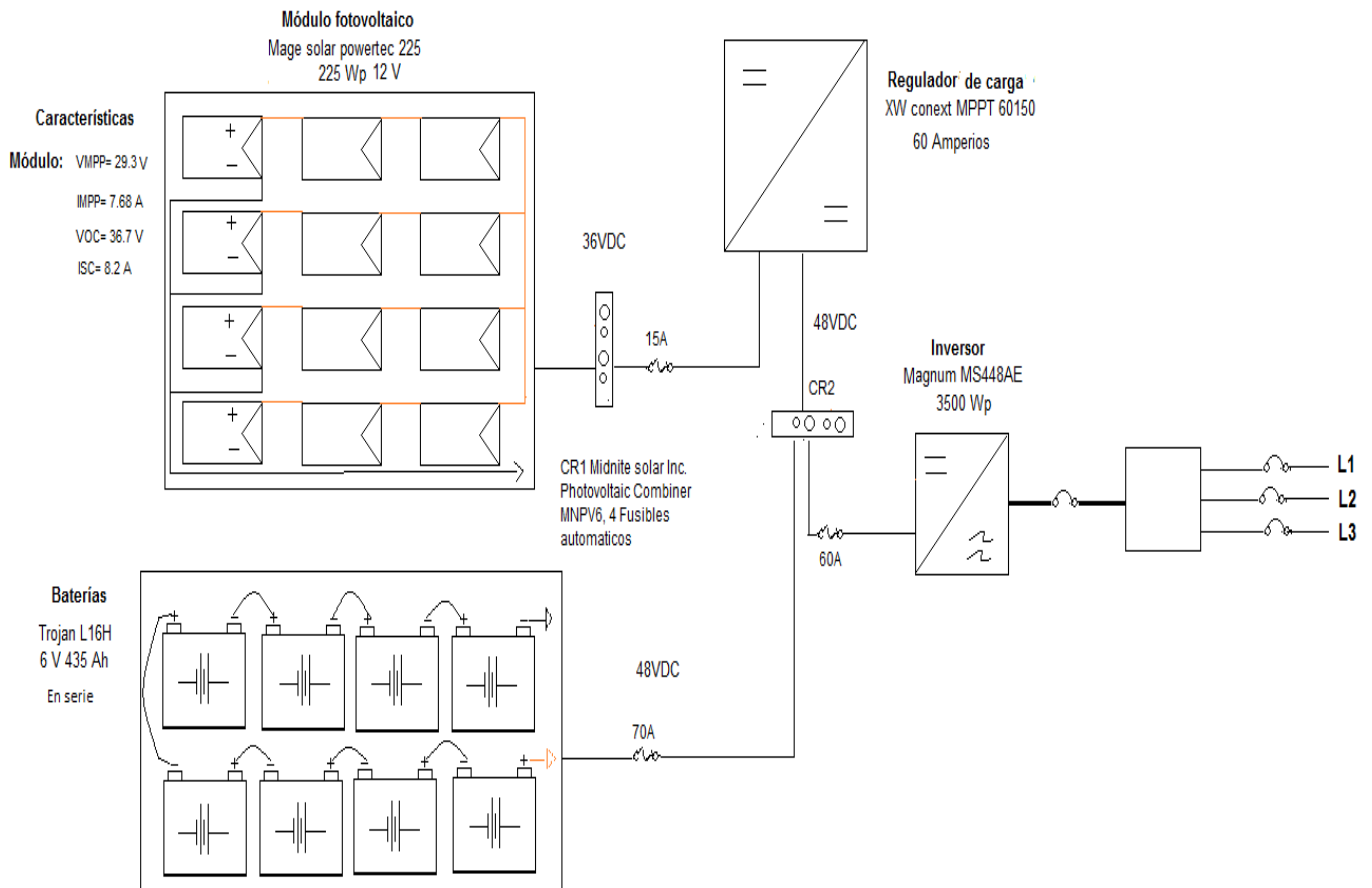
## ii. Esquema de los componentes de la minicentral solar fotovoltaica



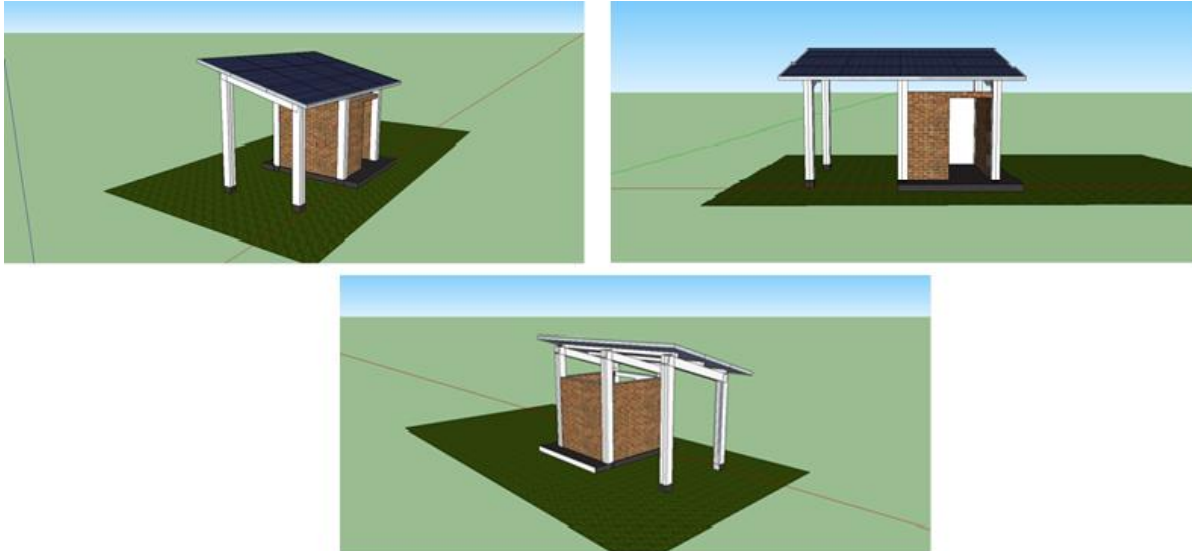
FV: Modulo Solar fotovoltaico  
 CR: Caja de Registro (protecciones)  
 CC: Controlador de carga  
 CC/CA: Inversor  
 BAT: Banco de baterias

1. AWG #14  
 2. AWG #10  
 3. AWG #6  
 4. AWG #2  
 5. AWG #2  
 6. AWG #6

## iii. Diseño eléctrico de la minicentral solar fotovoltaica



**iv. Diseño de la base-caseta de la Minicentral Solar Fotovoltaica**



**Fuente: Elaborado por Ossiris Eory (UNI-Norte)**



## VI. ESTUDIO ECONOMICO

### 6.1. Presupuesto para el proyecto

Tabla 8. Presupuesto del proyecto de la Minicentral solar fotovoltaica.

Equipo	Modelo	Cantidad	Longitud [m]	Precio unit. [\$]	Precio [\$]
<b>SISTEMA MC</b>					<b>9312.622</b>
Paneles	Mage Powertec 225	12		270	3240
Regulador	XW MPPT 60150	1		590	590
Inversor	MS4448AE	1		1910	1910
Batería	L16H	8		386	3088
Cable MC	1 x 14 AWG	8	7	0.57	31.92
	1 x 6 AWG	1	1	1.33	1.33
	1 x 2 AWG	1	1	3.3	3.3
	1 x 2/0 AWG	1	4	6.54	26.16
	1 x 2/0 AWG	2	1	6.54	13.08
	1 x 2/0 AWG	7	0.4	6.54	18.312
	2 x 4 AWG	1	1	2.15	2.15
Caja de registro 1 (cr1)	Midnite Solar Inc. Photovoltaic Combiner MNPV6, 4 fusibles automaticos	1		204	204
Fusible cr1	EATON 1 x 15A, 120 VDC	5		6.52	32.6
Caja de registro 2 (cr2)	EATON Monofasica, 4 Espacios	1		35.2	35.2
Fusible cr2	EATON 2 x 60 A, 120 VDC	1		18.43	18.43
	EATON 2 x 70 A, 120 VDC	1		21.58	21.58
Caja de registro 3 (cr3)	EATON Trifasica, 4 Espacios	1		57	57
Breakeres cr3	EATON 1 x 15A, 120 VDC	3		6.52	19.56
<b>RED DE DISTRIBUCION</b>					<b>2070.3</b>
Postes	De pino, altura 35 pies, cortar en medio	6		215	1290
Cable red distribucion	2 x 6 AWG	1	120	0.53	63.6
	2 x 6 AWG	1	200	0.53	106
	3 x 2 AWG	1	250	1.53	382.5
Conexiones	aislador de carrete	26		6.83	177.58
	Varilla remate para 2 AWG	12		1.78	21.36
	Varilla remate para 6 AWG	14		2.09	29.26
<b>BASE &amp; CASETA</b>					<b>2261.83</b>
Preliminares					40.59
Fundaciones					91.59
Concreto y mamposteria					2033.78
Techo					86.98
Limpieza Final y desalojo					8.89
<b>SUBTOTAL US\$</b>					<b>13644.75</b>
Mano de Obra MC		5		40	200
Transporte				200	200
<b>TOTAL US\$</b>					<b>13844.75</b>

**Nota:** Ver Anexo 6 para detalles de los costos de la base y caseta

## **6.2. Flujo de caja del proyecto**

El 100% de la inversión es de \$ 13, 844.75 Dólares (Ver Tabla 8. Presupuesto del proyecto), con financiamiento externo para la puesta en marcha de la Minicentral Solar Fotovoltaica, después del periodo que se establezca la comunidad pagara el 50% de la inversión, que corresponde a \$ 6,922. 38 Dólares.

El periodo para pagar los C\$ 6,922.38 Dólares que se ha establecido hasta el momento ha sido de 2 años máximos, a consecuencia del vencimiento del convenio entre las organizaciones que han llevado a cabo El Proyecto de Energías Renovables para Miraflor y por ende para este pequeño proyecto que acaba de iniciarse, económicamente esto no es posible por el nivel de pobreza de los habitantes de la comunidad de La Fortuna.

El estudio económico que se presenta en este apartado es en función de beneficiar a la comunidad, planteándolo como un proyecto social y aumentar el periodo de recuperación del 50% de la inversión. Tomando en cuenta la situación económica de las personas de La Fortuna se establece una tarifa de C\$ 150.00 Córdobas mensuales por beneficiario y a un plazo mínimo de 10 años. Luego de haber pagado los \$ 6,922.38 Dólares, se espera para los años siguientes obtener ganancias, lo cual nos llevaría a reacomodar la tarifa de pago (Disminuir) o aumento del salario del técnico a cargo de la Minicentral (Con igual tarifa).

**Tabla 9. Flujo de caja del proyecto de inversión social**

Para realizar este análisis debemos considerar todos los gastos anuales de la etapa productiva de la Minicentral (Ver Anexo 7), a los cuales se sumaran al 50% de la Inversión, teniendo como objetivo la recuperación en un periodo de 10 años, otro gasto importante es el cambio de las baterías terminada la vida útil de 5 años máximo esto con un buen uso y mantenimiento.

CONCEPTO	PERIODO/AÑOS										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>INGRESOS</b>											
Por Servicio de Energía		817.4	817.4	817.4	817.4	817.4	817.4	817.4	817.4	817.4	7,357
<b>TOTAL DE INGRESOS (+)</b>		<b>817.4</b>	<b>817.4</b>	<b>817.4</b>	<b>817.4</b>	<b>817.4</b>	<b>817.4</b>	<b>817.4</b>	<b>817.4</b>	<b>817.4</b>	<b>7,357</b>
<b>EGRESOS</b>											
Inversión (-)	13,844.76										
Prestamo (-)	6,922.38										
Gastos de operación		350	350	350	350	350	350	350	350	350	350
Recambio Bateria						3120					3,120.00
Depreciación (-)		276.895	276.895	276.895	276.895	276.895	276.895	276.895	276.895	276.895	276.895
<b>TOTAL DE EGRESOS (-)</b>	<b>6,922.38</b>	<b>626.90</b>	<b>626.90</b>	<b>626.90</b>	<b>626.90</b>	<b>3746.90</b>	<b>626.90</b>	<b>626.90</b>	<b>626.90</b>	<b>626.90</b>	<b>3,747</b>
<b>Utilidad Neta</b>		<b>190.51</b>	<b>190.51</b>	<b>190.51</b>	<b>190.51</b>	<b>-2929.50</b>	<b>190.51</b>	<b>190.51</b>	<b>190.51</b>	<b>190.51</b>	<b>3,610</b>
Depreciación (-)		276.895	276.895	276.895	276.895	276.895	276.895	276.895	276.895	276.895	276.895
<b>flujo neto de caja</b>	<b>(-6922.38)</b>	<b>467.40</b>	<b>467.40</b>	<b>467.40</b>	<b>467.40</b>	<b>-2652.60</b>	<b>467.40</b>	<b>467.40</b>	<b>467.40</b>	<b>467.40</b>	<b>3,886.600</b>

Del resultado obtenido al final del periodo de análisis (10 años) se logran recuperar \$ 3,886.6 Dólares, lo que en efecto nos indica que esta cantidad no cubre el pago del préstamo de los \$ 6,922.38 Dólares y por lo que la gerencia debe gestionar alternativas de préstamos o donación dado que este proyecto tiene un enfoque meramente social.

## VII. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Es importante considerar el estudio de impacto ambiental, en la formulación de proyectos que implique tecnologías de generación de energía eléctrica, así como la extracción, explotación y distribución de energía eléctrica. En el caso del sistema dimensionado, de una Minicentral solar fotovoltaica autónoma para la electrificación de La Fortuna, el análisis de impacto ambiental es el siguiente:

- No requiere fuentes de energía convencional.
- No producirá ruidos durante la etapa de operación.
- No emitirá gases de efecto invernadero durante su operación.
- No habrá repercusión ante la vegetación, en el área que incide la minicentral no hay árboles que requieran ser talados.
- El terreno es utilizado para el cultivo (papa y maíz principalmente), y seguirá siendo útil para estas actividades.
- Habiendo diseñado una Red de distribución Aérea, se evita la tala de árboles en el área de incidencia del proyecto.
- De las excavaciones que se realizaran, los daños resultantes son casi nulos en comparación con las plantas de energía convencional e incluso de otros proyectos de generación con fuente renovable de mayor tamaño.

Por otro lado, este tipo de proyectos contribuyen a la reducción del CO<sub>2</sub> y es posible cuantificarlo, por ejemplo en el caso de este sistema de generación solar fotovoltaica, se trata de 12 paneles solares de 225 Wp cada uno, con una potencia total de 2700Wp, que corresponde a un total de 2700Wp\*4.11 horas sol= 11,097\*30.4 días= 337,348.8 Wh/mes\*12meses = 4, 048,185.6 Wh/año, equivalente a 4.048 MWh anual.

Para calcular cuánto CO<sub>2</sub> se dejaría de emitir al producir 4048.185 kWh/añal con los 12 paneles solares, se procede de la siguiente manera:

$$\text{Cantidad de CO}_2 \text{ que se evitan anualmente, } \text{CO}_2 = 0.4 \text{ Kg} \frac{\text{CO}_2}{\text{kWh}} * 4048.18 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} =$$
$$\mathbf{1,619.27 \text{ Kg} \frac{\text{CO}_2}{\text{año}}}$$

Anualmente se estima que se podrá evitar la producción de  $\mathbf{1,619.27 \text{ Kg} \frac{\text{CO}_2}{\text{año}}}$ , y con ello los gases de efecto invernadero.

## **VIII. CONCLUSIONES**

En el transcurso del proyecto, se analizaron muchos aspectos fundamentales para poder evaluar el proyecto. En primera instancia el requerimiento era el dimensionado de la minicentral solar fotovoltaica y habiendo terminado esa fase, se procedió a realizar el dimensionado de la red de distribución.

A través de la encuesta aplicada a familias de la comunidad de La Fortuna se determinó, el consumo real y proyectado de cada casa, además la problemática económica que existe en dicha comunidad.

Según los resultados del estudio técnico, el proceso productivo de energía eléctrica se dará de manera óptima, ya que la maquinaria y equipamiento está disponible en la reserva y en el mercado de la ciudad de Estelí, además se puede ampliar la capacidad de generación al largo plazo.

Así mismo, los resultados del estudio económico indican que el proyecto social no es rentable en el horizonte de tiempo analizado, debido al nivel de ingreso per cápita que tienen los habitantes de la comunidad, por lo que el proyecto debe considerarse en un enfoque meramente social, con lo cual se logra mejorar las condiciones de vida de las personas en todos los aspectos y de igual manera con la utilización de energías limpias renovables.

En esta medida, otro método que aportaría al incremento de ingresos, sería un mayor número de familias conectadas a la red, lo que ayudaría a obtener mejores resultados en el flujo financiero del proyecto.

El diseño y/o dimensionado de la Minicentral solar fotovoltaica autónoma, fue un éxito en su primera fase, se lograron los objetivos planteados, pero por otro lado la segunda fase no fue como se esperaba, la ejecución del proyecto no se realizó en el periodo establecido, debido a varios factores institucionales y finalmente problemas socioeconómicos de la comunidad de La Fortuna.

Es totalmente factible seguir pensando en ejecutar este proyecto, ya que tiene un gran aporte al bienestar y economía de la nación indirectamente, aunque su retorno no se de manera inmediata sino a largo plazo.

## **IX. RECOMENDACIONES**

Las presentes recomendaciones se han realizado en base a los objetivos planteados en este proyecto, enfocados en mejorar la calidad de vida de las personas que habitan en la comunidad La Fortuna y aportando al desarrollo sostenible de la Reserva natural de MiraFlor. Para ellos se proponen las siguientes recomendaciones de estudio que sirvan como guía para futuros proyectos:

1. Contar con el tiempo debido para realizar los estudios de Prefactibilidad de un proyecto.
2. Realizar Mediciones establecidas para determinar si el lugar destinado a proyectos tiene el potencial para la generación de energía con fuentes Renovables.
3. Antes de iniciar a formular un proyecto de esta magnitud, considerar la situación económica de la comunidad, para que el proyecto sea sustentable desde el punto de vista socioeconómico.
4. Desde el punto de vista financiero y considerando la "Política Energética de electrificación Rural", también para proyectos Renovables, de la política de precios y subsidios: Establecer precios, considerando la situación socioeconómica, capacidad y voluntad de pago de los habitantes de las zonas rurales, para garantizar la recuperación de todos sus costos de inversión, operación y mantenimiento, bajo criterios de eficiencia más el margen de ganancia respectivo.
5. Hacer un plan de gestión para conseguir alternativas de financiamiento o donaciones dentro del país, que permitan obtener la consecución de los fondos que no pueden ser cubiertos por la comunidad. Como en este caso que el 50% de la inversión no puede ser rescatados por los beneficiarios de La Fortuna por su nivel de vida.
6. Por otro lado, la situación técnica de la minicentral, procurar realizar mantenimiento preventivo y correctivo cuando sea necesario, siguiendo el plan de mantenimiento dado por el fabricante para cada equipo, que nos permita asegurar su vida útil con un buen manejo.

## X. BIBLIOGRAFÍA

"CCIN", L. c. (Julio de 2011). Trabajo de Investigacion. *Energias Renovables en Nicaragua*. Managua, Nicaragua.

López, A. M. (2013). Diseño de un sistema fotovoltaico para alimentar una potabilizadora desalinizadora autónoma . Andalucía.

Orbegozo, C., & Arivilca, R. (2010). Energia Solar Fotovoltaica. *Manual de enrgia solar fotovoltaica*.

UPC, D. f. (Marzo de 2007). Master en energias renovables para el deasarrollo sostenible. *Energia solar fotovoltaica- Modulo 5*. Catalunya, España.

Zapata Castaño, H. S., & Arenas Sanchez, D. A. (2011). Libro interactivo sobre energia solar y sus aplicaciones. *Libro interactivo sobre energia solar y sus aplicaciones*. Pereira, Colombia.

*Corea Maradiaga, Marco Antonio. (2011). Formulación y Evaluación de proyectos. La etapa de pre inversión en el ciclo de vida de los proyectos. Managua, Nicaragua*

## XI. ANEXOS

### Anexo 1. Macro localización y Microlocalización del proyecto

#### Figura 8. Macro Localización del proyecto

Ubicación de la Reserva natural MiraFlor- Comunidad la Fortuna(O NIC-49)



#### Figura 9. Micro Localización del Proyecto

Casas de La Fortuna (Situadas con GPS)





**Anexo 2. Diseño de las Encuestas en la comunidad de La Fortuna**

**Encuesta La Fortuna**

Nombre y Apellido del jefe(a) del hogar: \_\_\_\_\_

Numero de hab/casa: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Horas Sol: \_\_\_\_\_ Días de Autonomía: \_\_\_\_\_

1. ¿Quieren usar Medidor de consumo de energía? Sí  No

2. ¿Tiene Sistema Solar Fotovoltaico? Sí  No

3. Censo de Carga (Consumo Actual)

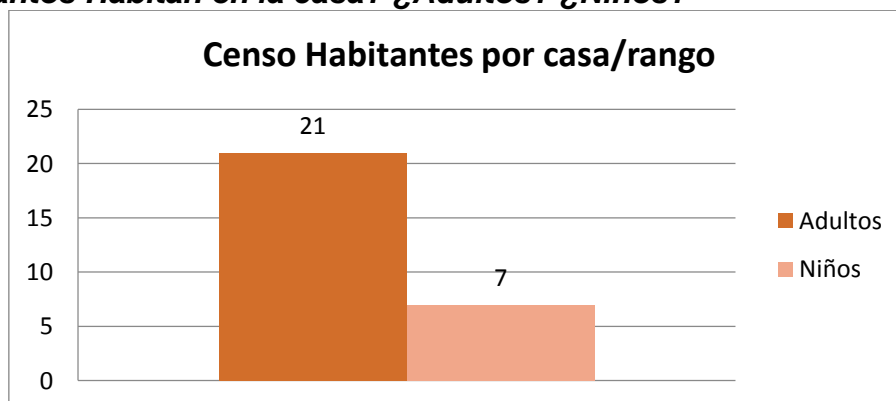
Equipo	Cantidad	Potencia (W)	Horas/uso	Potencia(Wh)

4. Censo de Carga (Consumo Futuro)

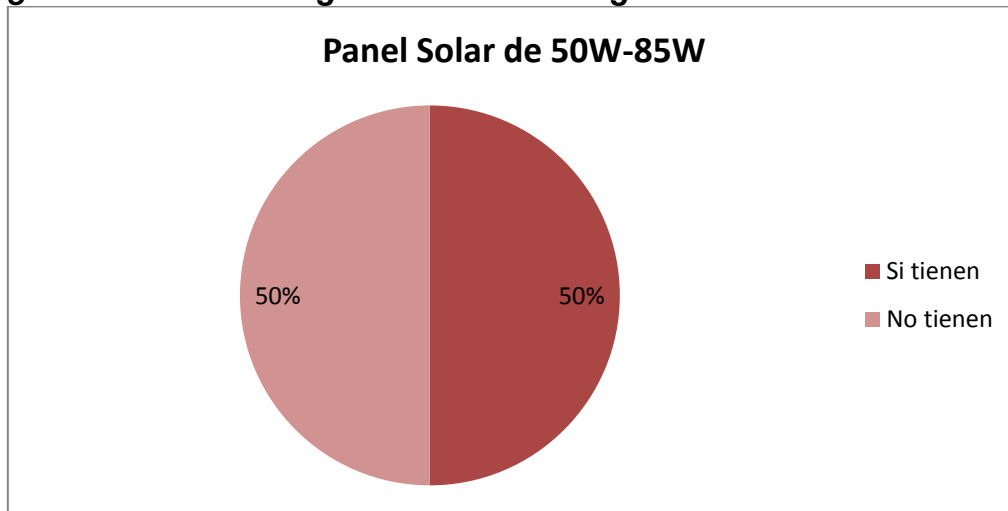
Equipo	Cantidad	Potencia (W)	Horas/uso	Potencia(Wh)

**Resultados de las encuestas**

**a) ¿Cuántos Habitan en la casa? ¿Adultos? ¿Niños?**

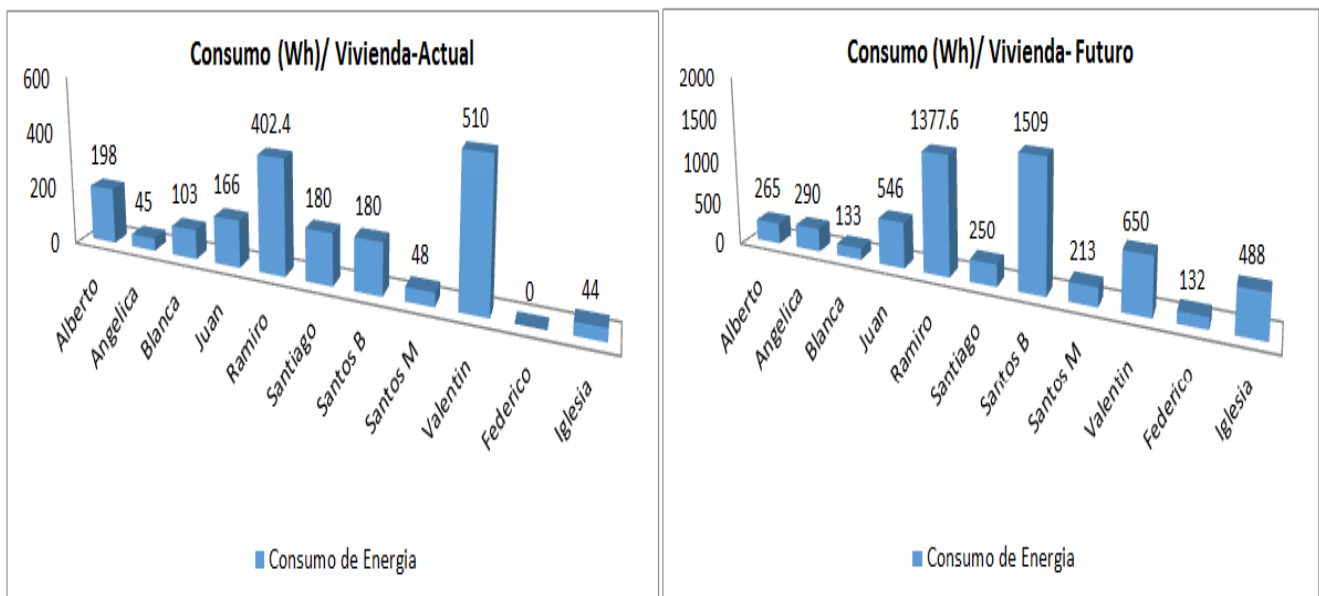


**b) ¿Tienen Sistema de generación de energía solar?**



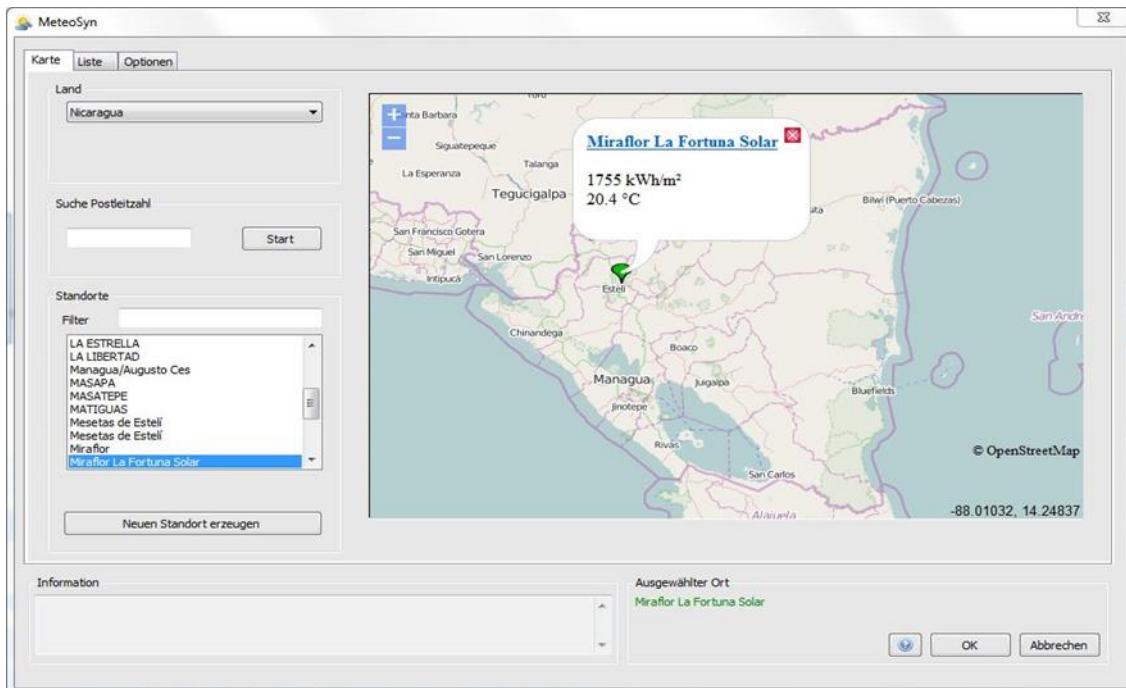
Son sistemas Fotovoltaicos individuales

**c) Censo de carga del mes de Marzo, (Actual y Futuro)**



Los gráficos muestra la energía consumida actualmente y energía demandada de la comunidad de La Fortuna de 11 familias y una iglesia

**Anexo 3. Datos de Radiación y temperatura, del programa PV-Sol, utilizado durante Fase Norte.**



**Anexo 4. Ubicación de la Minicentral (MC), Distancias entre casas-MC**

**Figura 10. Mapa de la Ubicación de la Minicentral, Beneficiarios y distancias (1)**

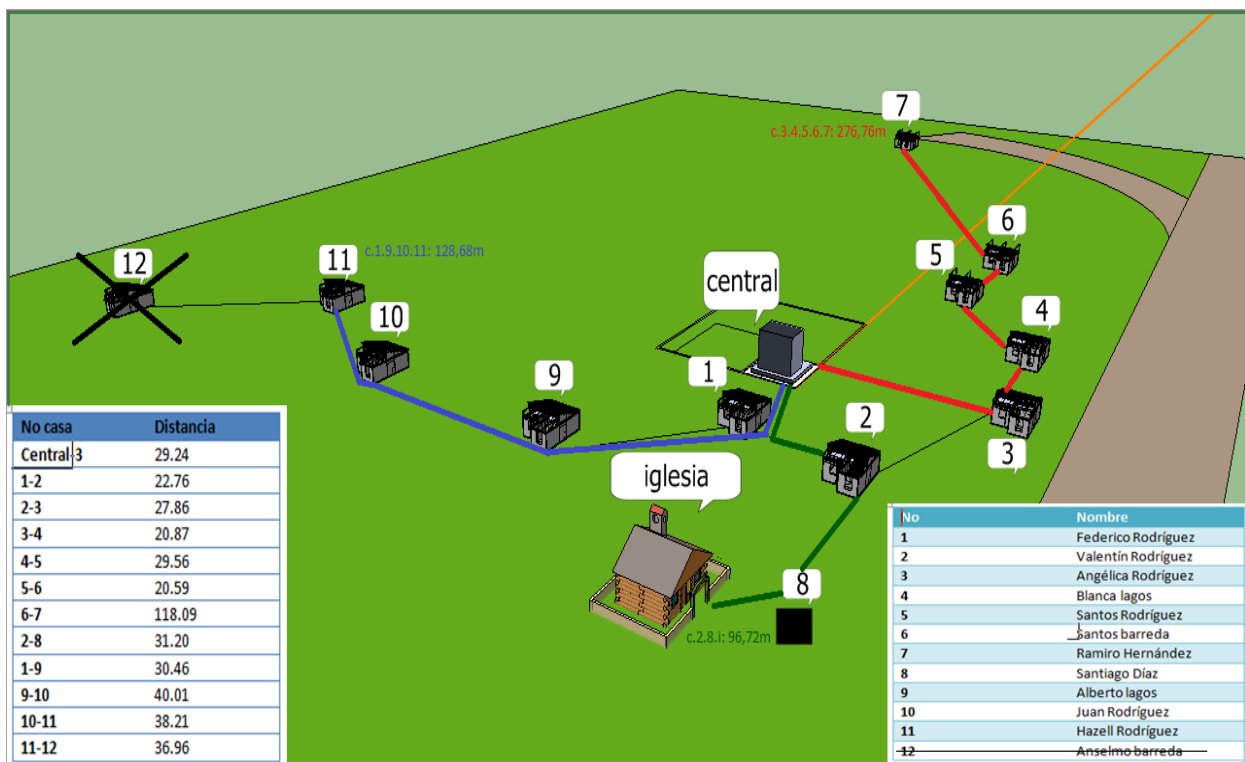
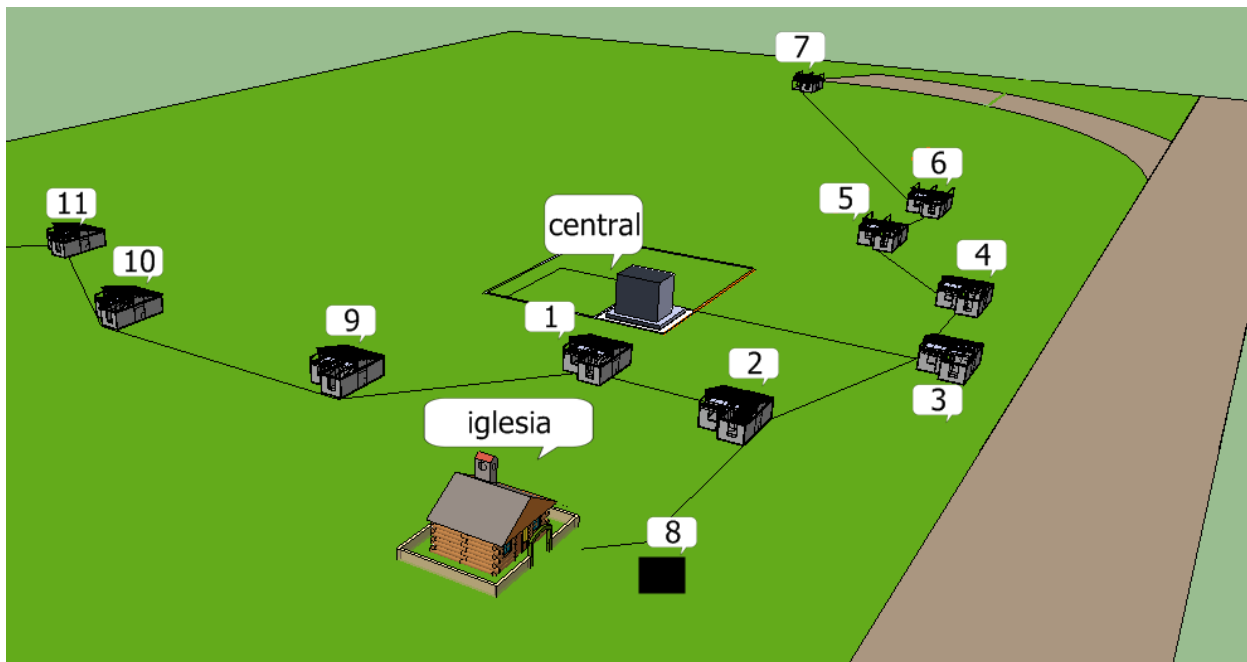



Figura 11. Mapa de ubicación de la Minicentral (2)



**Anexo 5. Tabla para la Selección de calibre de cable**

**Tabla 10. Selección del calibre de cable**



Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60°C a 90°C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30°C.

Calibre AWG o kcmil	Área de la sección transversal nominal mm <sup>2</sup>	Temperatura nominal del conductor					
		60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C
		TW TWD CCE	THW, RHW THW-LS THWN XHHW	RHH, RHW-2 THHN, THW-2 THHW-LS, XHHW-2	UF	RHW XHHW	RHW-2 XHHW XHHW-2 DRS
Cobre			Aluminio				
14	2,08	20*	20*	25*	-	-	-
12	3,31	25*	25*	30*	-	-	-
10	5,26	30	35*	40*	-	-	-
8	8,37	40	50	55	-	-	-
6	13,3	55	65	75	40	50	60
4	21,2	70	85	95	55	65	75
2	33,6	95	115	130	75	90	100
1/0	53,5	125	150	170	100	120	135
2/0	67,4	145	175	195	115	135	150
3/0	85,0	165	200	225	130	155	175
4/0	107	195	230	260	150	180	205
250	127	215	255	290	170	205	230
300	152	240	285	320	190	230	255
350	177	260	310	350	210	250	280
400	203	280	335	380	225	270	305
500	253	320	380	430	260	310	350
600	304	355	420	475	285	340	385
750	380	400	475	535	320	385	435
1000	507	455	545	615	375	445	500

\* A menos que se permita otra cosa específicamente en otro lugar de esta norma, la protección contra sobrecorriente de los conductores marcados con un asterisco (\*), no se debe superar 15 A para 14 AWG, 20 A para 12 AWG y 30 A para 10 AWG, todos de cobre.

**Anexo 6. Costos de los materiales de la base**

**Tabla 11. Descripción costos de base y caseta**

ETAPA	DESCRIPCION	U.M	CANT	MATERIALES		MANO DE OBRA		COSTO UNIT	COSTO TOTAL C\$
				UNIT	TOTAL	UNIT	TOTAL		
<b>010</b>	<b>PRELIMINARES</b>								<b>1096</b>
1.1	Limpieza Inicial	m2	24			15	360	15	360
1.2	Niveleta Sencilla	c/u	2	50	100	10	20	60	120
1.3	Niveleta Doble	c/u	4	100	400	18	72	118	472
1.4	Lineas y Niveles	ml	24	3	72	3	72	6	144
<b>030</b>	<b>FUNDACIONES</b>								<b>2473</b>
2.1.	Excavacion en suelo Natural	m2	3			45	135	45	135
	Relleno y compactacion	m3	1			35	35	35	35
	Concreto	m3	1	1772	1772	531	531	2303	2303
<b>040</b>	<b>ESTRUCTURAS DE CONCRETO Y MAMPOSTERIA</b>								<b>54912</b>
	Paredes de bloques de concreto(Base)	m2	33.6	400	13440	40	1344	440	14784
	Madera de Roble (Caseta)	GL	32		6300	1254	1254	1254	40128
<b>050</b>	<b>TECHO</b>								<b>2348.4</b>
	Lamina de Zinc	C/U	3	412	1236	370.8	370.8	<b>782.8</b>	<b>2348.4</b>
<b>200</b>	<b>LIMPIEZA FINAL Y DESALOJO</b>	M2	24			10	<b>240</b>	10	<b>240</b>
	<b>TOTAL C\$</b>								<b>61069.4</b>
	<b>TOTAL US\$</b>								<b>2261.82963</b>

**Anexo 7. Gastos etapa Producción**

**Tabla 12. Gastos de etapa productiva**

Los gastos de la siguiente tabla deberán ser asumidos por la comunidad/ Beneficiarios, cada año.

Gastos etapa de produccion				
ITEM	Tipo	Unidad	Precio	Total
<b>1</b>	<b>Cambio de bateria/Cada 5 años aprox.</b>			<b>3120</b>
1.1	Bateria	8	390	3120
<b>2</b>	<b>Mantenimiento</b>			<b>100</b>
2.1	Agua Destilada	8	3	50
2.2	Revisión y limpieza de circuitos electricos	8	3	50
<b>3</b>	<b>Cobrador del servicio</b>			<b>250</b>
3.1	Encargado de cobro	1	250	250
<b>SUBTOTAL \$</b>				<b>3470</b>
<b>IMPREVISTO (10%)</b>				<b>340.8</b>
<b>TOTAL \$</b>				<b>3810.8</b>

### Anexo 8. Estructura Organización



**Anexo 9. Línea de Tiempo (Organización de Trabajo fase Norte)**

