



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ACERCA DEL USO DE ESTUFA SOLAR CON PANEL FOTOVOLTAICO

Gustavo Adolfo López López

Asesorado por la Inga. Nora Leonor Elizabeth García Tobar

Guatemala, noviembre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ACERCA DEL USO DE ESTUFA
SOLAR CON PANEL FOTOVOLTAICO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

GUSTAVO ADOLFO LÓPEZ LÓPEZ

ASESORADO POR LA INGA. NORA LEONOR ELIZABETH GARCÍA TOBAR

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
EXAMINADOR	Ing. Carlos Alex Olivares Ortíz
EXAMINADORA	Inga. Mayra Saadeth Arreaza Martínez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ACERCA DEL USO DE ESTUFA SOLAR CON PANEL FOTOVOLTAICO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha agosto de 2011.



Gustavo Adolfo López López

Guatemala, 09 de noviembre de 2012

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director de Escuela
Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

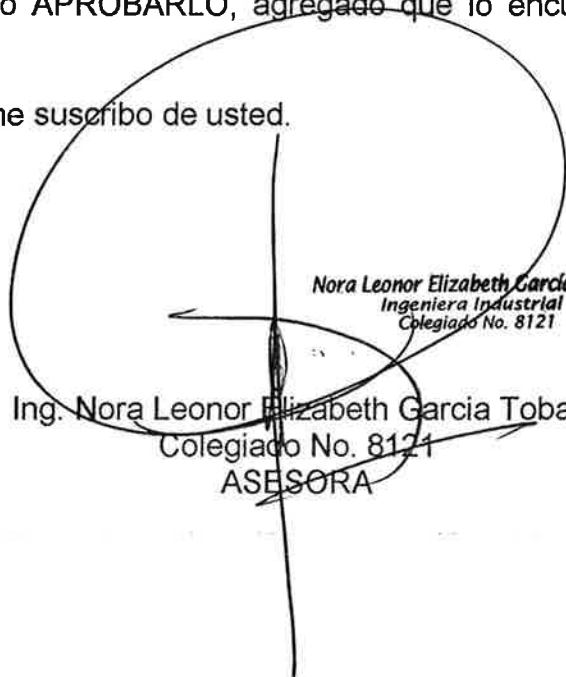
Estimado Señor Director:

Por medio de la presente informo a usted, que he asesorado y revisado el trabajo de tesis titulado ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ACERCA DEL USO DE ESTUFA SOLAR CON PANEL FOTOVOLTAICO, elaborado por el estudiante Gustavo Adolfo López López, con carné 2005-17870, previo obtener el título de Ingeniero Industrial

Habiendo determinado que dicho trabajo cumple con los requisitos establecidos de la Facultad de Ingeniería, y reconociendo la importancia del tema. Por todo lo anterior tanto el autor como el asesor somos responsables del contenido y conclusiones del presente trabajo de tesis y en consecuencia, por medio de la presente me permito APROBARLO, agregado que lo encuentro completamente satisfactorio.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,



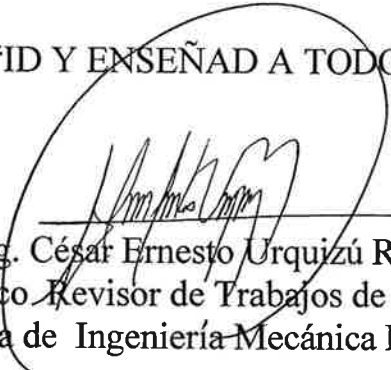
Nora Leonor Elizabeth Garcia Tobar
Ingeniera Industrial
Colegiado No. 8121

Ing. Nora Leonor Elizabeth Garcia Tobar
Colegiado No. 8121
ASESORA



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ACERCA DEL USO DE ESTUFA SOLAR CON PANEL FOTOVOLTAICO**, presentado por el estudiante universitario **Gustavo Adolfo López López**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2012.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ACERCA DEL USO DE ESTUFA SOLAR CON PANEL FOTOVOLTAICO**, presentado por el estudiante universitario **Gustavo Adolfo López López**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2012.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ACERCA DEL USO DE ESTUFA SOLAR CON PANEL FOTOVOLTAICO**, presentado por el estudiante universitario **Gustavo Adolfo López López**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, 27 de noviembre de 2012

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

Gustavo Adolfo López, María Aracely López; fueron ustedes quienes me dieron la vida; me han apoyado y me han dado siempre lo mejor sin importar las circunstancias.

Mis hermanos

Alan Estuardo y María Alejandra, quienes son parte importante en mi vida y en mi desarrollo como persona.

Mis tíos, tías y primos

Porque siempre me han brindado todo su cariño y apoyo en cualquier circunstancia.

AGRADECIMIENTOS A:

Mi familia

Por todo el cariño, apoyo moral y económico para poder culminar mis estudios; por haberme guiado siempre por el buen camino y hacerme una persona de bien; todo lo que soy es fruto de lo que ustedes han cosechado.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
1. ESTUDIO DE MERCADO.....	1
1.1. Caracterización del prototipo.....	1
1.2. Segmentación de mercado.....	3
1.3. Oferta.....	4
1.4. Demanda.....	5
1.5. Proyección de la oferta y la demanda.....	6
1.6. Plan de socialización.....	7
2. ESTUDIO TÉCNICO DE INGENIERÍA.....	13
2.1. Antecedentes.....	13
2.2. Diseño de la estufa solar.....	25
2.2.1. Características.....	26
2.2.2. Dimensiones.....	27
2.2.3. Materiales.....	30
2.2.4. Especificaciones técnicas.....	36
2.2.5. Medidas de seguridad.....	36
2.2.6. Vida útil.....	37

3.	ESTUDIO ADMINISTRATIVO-LEGAL.....	39
3.1.	Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial.....	39
3.1.1.	Dependencia.....	39
3.1.2.	Ubicación.....	39
3.1.3.	Visión.....	39
3.1.4.	Misión.....	40
3.1.5.	Responsabilidades.....	40
3.1.6.	Relaciones de la unidad.....	41
3.1.7.	Estructura organizacional.....	43
3.2.	Programa de Incentivos Forestales (PINFOR).....	43
4.	ESTUDIO AMBIENTAL.....	49
4.1.	Consumo de leña en Guatemala.....	49
4.2.	Reducción del uso de leña derivado del uso de la estufa solar.....	51
4.3.	Beneficios del uso de la estufa solar.....	53
5.	ESTUDIO ECONÓMICO.....	57
5.1.	Costos fijos.....	57
5.2.	Costos variables.....	58
5.3.	Costo de producción.....	59
6.	ESTUDIO FINANCIERO.....	61
6.1.	Inversión.....	61
6.2.	Población beneficiada.....	63

CONCLUSIONES.....	65
RECOMENDACIONES.....	67
BIBLIOGRAFÍA.....	69
APÉNDICES.....	71

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa de radiación anual horizontal.....	17
2.	Cocina solar tipo caja modelo Esteves.....	18
3.	Cocina solar tipo caja modelo Sun Stove.....	19
4.	Horno Global Sun Oven.....	19
5.	Cocina solar tipo concentrador.....	23
6.	Dimensiones de la caja de almacenaje.....	27
7.	Componentes del prototipo.....	28
8.	Diagrama de flujo eléctrico del prototipo.....	29
9.	Tablero de densidad media (MDF).....	31
10.	Panel fotovoltaico.....	32
11.	Batería marca Narada.....	33
12.	Inversor marca Royal Power.....	34
13.	Controlador de carga marca PWM.....	35
14.	Estufa eléctrica.....	36
15.	Relaciones de la Unidad de Investigación.....	42
16.	Organigrama Unidad de Investigación.....	43
17.	Estufa ahorradora de leña.....	49

TABLAS

I.	Consumo de leña en metros cúbicos/persona/año.....	6
II.	Proyección de la demanda y oferta.....	7
III.	Tiempo de respaldo del prototipo.....	30

IV.	Especificaciones técnicas batería Narada.....	33
V.	Especificaciones técnicas inversor Royal Power.....	34
VI.	Especificaciones técnicas controlador de carga solar PWM.....	35
VII.	Monto incentivos PINFOR por reforestación/regeneración.....	45
VIII.	Incentivos para manejo de bosque natural para producción.....	45
IX.	Monto de incentivos para manejo de bosque natural para protección.....	46
X.	Consumo y costo anual de la leña por familia/m ³	51
XI.	Población estimada de habitantes en Jocotán y Camotán.....	52
XII.	Costos fijos de equipo.....	57
XIII.	Costos estimados de transporte, instalación y mantenimiento.....	58
XIV.	Costo de producción del prototipo.....	59
XV.	Consumo de leña y su valor.....	62

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperio
\$	Dólar estadounidense
kW	Kilo <i>Watts</i>
kWh	Kilo <i>Watt</i> hora
m ²	Metros cuadrados
Ω	Ohm
%	Porcentaje
“	Pulgadas
in ²	Pulgadas cuadradas
Q.	Quetzales
UV	Ultra violeta
V	Voltio

W

Watts

GLOSARIO

Capacitor	Dispositivo que almacena carga eléctrica.
Corriente alterna	Corriente eléctrica en la que la magnitud y dirección varían cíclicamente.
Corriente directa	Corriente eléctrica cuyas cargas o electrones fluyen en una misma dirección.
Efecto fotovoltaico	Transformación parcial de la energía luminosa en energía eléctrica.
Inversor	Circuito utilizado para convertir corriente directa en corriente alterna.
Radiación	Propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas.
Transformador	Dispositivo que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la frecuencia.
Voltaje (tensión)	Magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos.

RESUMEN

El estudio de factibilidad acerca del uso de estufa solar con panel fotovoltaico es una herramienta para determinar la posibilidad de realizarse el proyecto para contribuir al desarrollo sostenible del área rural de Guatemala, el cual está basado en tres ejes: economía, sociedad y ecología. En la actualidad, en el país se consumen, aproximadamente, 19 millones 456 mil 552 metros cúbicos de leña. Dicho consumo se da por el 60% de la población, quienes hacen uso de ella para cocinar o para calefacción. Como consecuencia de ese consumo la tasa de deforestación es alta y se produce más contaminación por dióxido de carbono. Además, las personas sufren enfermedades oculares y pulmonares por estar expuestas al humo de la leña.

El proyecto surgió con la idea de mejorar las condiciones de vida de las familias guatemaltecas que utilizan leña para cocinar, quienes generalmente viven en el área rural. Para cumplir dicho objetivo, se optó por crear un prototipo o sistema de estufa o cocina solar que sustituyera el uso de leña para cocinar. Este diseño tiene la ventaja de poder usarse en cualquier momento, en comparación con las cocinas actuales que sólo se pueden usar al medio día, pues necesitan la mayor radiación solar posible para funcionar. El funcionamiento es de tipo eléctrico, tiene dos resistencias eléctricas con un consumo de 1 kW, un capacitor que suministra y almacena la energía eléctrica para su funcionamiento y un panel solar fotovoltaico que carga la batería.

OBJETIVOS

General

Determinar la factibilidad para un prototipo de estufa solar con celdas fotovoltaicas para el aprovechamiento de la energía emitida por el Sol y para ser utilizado como un medio alternativo en la preparación de alimentos en los hogares en donde se utiliza leña como fuente energética para cocinar.

Específicos

1. Establecer la demanda potencial para el uso de la estufa solar.
2. Determinar la factibilidad de la implementación del prototipo de estufa solar.
3. Establecer las especificaciones básicas de uso del sistema solar fotovoltaico, basándose en la radiación solar que se da en la demanda muestral (municipios de Camotán y Jocotán)

INTRODUCCIÓN

La tecnología y la sobrepoblación aumentan la demanda de energía utilizada para iluminar, como también el uso de aparatos eléctricos y electrónicos y esto, como consecuencia, requiere una mayor cantidad de recursos utilizados para la generación de la misma.

La energía eléctrica es uno de los recursos más importantes, además del agua, y el ser humano todavía utiliza tecnologías obsoletas para generar este recurso indispensable, por ejemplo, la quema de carbón. Sin embargo, en muchos países esto es parte del pasado y se ha optado por el uso de recursos naturales renovables para generarla, esta forma de generación es también conocida como energía alternativa.

Esta energía se obtiene de fuentes naturales que existen de manera abundante en el planeta, como el Sol, el viento, el agua y el magma. En esta investigación el tema central es la energía solar aprovechada para preparar alimentos específicamente. Al utilizar las radiaciones que el Sol emite a la Tierra para poder cocinar, las personas se benefician de distintas maneras: ahorro de dinero, evita enfermedades ocasionadas por el humo de la leña cuando se quema y la contaminación de los alimentos.

La quema de leña es más dañina que el uso de carbón, además, al cortar los árboles y quemar la leña obtenida se limita su beneficio real, que es el de absorber las emanaciones de dióxido de carbono (CO₂) producidas por la quema de carbón y de otros combustibles, aumentando la contaminación atmosférica y sus consecuencias globales.

Por esa razón, algunos países europeos han apoyado al área rural de algunos departamentos de Guatemala con proyectos de estufas solares, sensibilizando a los usuarios potenciales para el uso de las mismas, aprovechando la energía que el Sol emite para poder cocinar alimentos, pero, una de las deficiencias de éstas es que sólo se puede cocinar cuando la intensidad de la radiación solar es alta.

Por ello, en esta investigación se presenta el diseño de un sistema de aprovechamiento de la energía solar mediante paneles solares para generar energía y que ésta permita utilizar una estufa eléctrica para que el usuario pueda cocinar en cualquier momento. Esto se va a lograr captando la energía del Sol a través de un conjunto de paneles fotovoltaicos.

1. ESTUDIO DE MERCADO

1.1. Caracterización del prototipo

Utilizar energía solar es una alternativa para cocinar alimentos de una forma no contaminante. El prototipo se hará utilizando una estufa eléctrica, la cual será alimentada por energía obtenida a través de un conjunto de paneles solares fotovoltaicos y utilizando baterías de ciclo profundo para almacenar la energía. Consta de cuatro secciones con funciones diferentes. En cada sección se encuentran distintos componentes esenciales para su funcionamiento:

- La estufa eléctrica con dos resistencias que son los elementos que se calientan al limitar el paso de la corriente y sirve para cocinar los alimentos.
- La base, que es el cuerpo de la estufa donde se encuentran todos los elementos que ayudan a su funcionamiento.
- La sección de almacenaje de energía, que está comprendida por un capacitor o batería, que será el elemento que distribuye y almacena la energía.
- La sección de captación de energía, formada por un conjunto de paneles fotovoltaicos, que será la fuente de energía eléctrica para cargar la batería.

El mercado objetivo para el sistema planteado es cada familia que utiliza la leña como fuente energética para cocinar, ya que con la implementación de este tipo de tecnología se pretende sustituir el uso de leña. Este sistema cumple con la misma función que la leña, al proveer energía para que una estufa eléctrica pueda ser utilizada a toda hora, con la diferencia que mejora las condiciones de salud de quienes la usan y se conserva el medio ambiente. El estudio de factibilidad que se va a realizar está orientado como proyecto de inversión y desarrollo social desde el punto de vista de desarrollo sostenible, y podrá ser ejecutado por cualquier organización pública o privada.

El diseño de este sistema ha sido creado con el fin de satisfacer la necesidad de cocinar utilizando energía renovable. Al igual que las estufas de leña, podrá ser usado en cualquier momento que sea necesario. Esta es una ventaja respecto a las cocinas solares actuales, las cuales pueden ser utilizadas únicamente cuando la luz del Sol es intensa. Actualmente se conocen dos tipos de estufas solares que comúnmente se encuentran en el mercado: de horno o caja y parabólicas. Éstas utilizan reflectores que dirigen los rayos del Sol a un punto central que es donde se coloca la olla o sartén donde se cocinarán los alimentos. Para usar este tipo de estufas se necesita mucha radiación para que todo quede bien cocido y por esa razón no se puede usar en cualquier momento.

La estufa eléctrica es de fácil utilización e instalación, por lo que cualquier persona podrá hacer uso de ella sin ningún problema. El sistema consta de componentes libres de mantenimiento y larga duración. Estos componentes son utilizados para evitar inconvenientes a los usuarios ocasionados por desperfectos de alguna de las piezas, lo que ocasionaría gastos innecesarios.

El montaje del sistema de la estufa eléctrica con panel fotovoltaico es simple, porque la mayoría de los componentes son prefabricados y únicamente deben realizarse tareas de ensamblaje y soldadura. Éstas podrán llevar a cabo en cualquier ubicación cercana a dónde se pueda dar la distribución del producto final. El producto incluirá una guía de uso en dónde estará de forma explícita y gráfica los componentes de la estufa y cómo funcionan. También incluirá recomendaciones acerca de la forma correcta de cocinar alimentos que comúnmente se consumen en el área, por ejemplo: maíz, frijol, arroz, entre otros.

Se hará explícito las medidas de seguridad que se deben tener con el manejo y uso de la misma, por ejemplo: no dejar la estufa encendida, no utilizar objetos de plástico para cocinar, entre otros.

La implementación de este proyecto ayudará a reducir los índices negativos que actualmente tienen la desnutrición, la salud, contaminación y calentamiento global, que son temas de interés mundial y han afectado a muchos países, principalmente los subdesarrollados. Cocinar con este tipo de tecnología ayuda a que la comida mantenga los nutrientes, los cuales se pierden si se utiliza leña. Evita enfermedades oculares y pulmonares ocasionadas por el humo que emana la quema de leña. Reduce la tala de árboles, quienes son los encargados de purificar el aire del dióxido de carbono que hay en el ambiente. Por otra parte, podría ser una fuente de empleo para muchas personas, ayudando a la vez, a reducir los índices de desempleo.

1.2. Segmentación de mercado

El proyecto tiene como finalidad reducir en un porcentaje considerable el uso de leña para cocinar, por tal razón debe implementarse en donde se da

mayor consumo de leña y no se tiene acceso a electricidad. El consumo de leña se da en su mayoría en el área rural.

- Ubicación: área rural de Guatemala, Centro América.
- Población objetivo: familias de escasos recursos.
- Miembros por familia: 5 personas (promedio)
- Clase social: baja
- Clase económica: pobreza y pobreza extrema
- Otras características: utilizan la leña como fuente energética para cocinar.
- Población muestral: municipios Jocotán y Camotán, departamento de Chiquimula

1.3. Oferta

En la actualidad, hay una oferta bastante amplia respecto al uso de energía solar alrededor del mundo. Los medios de transporte y las páginas de compras por Internet hacen que dichos productos estén al alcance de cualquier persona sin importar el lugar donde se encuentre. Los sistemas de generación eléctrica usando energía solar se diseñan según las necesidades del cliente, en este caso, basado en el consumo eléctrico que tenga.

En Guatemala hay varias empresas que se dedican a la comercialización de productos para producir energía eléctrica con sistemas solares. En dichas compañías varían las marcas y precios de los productos que distribuyen. Un prototipo o diseño como el propuesto puede hacerse con elementos que dichas empresas proveen.

Algunas empresas que se dedican a la comercialización de estos productos en Guatemala son:

- ENERSOL (www.enersolgt.com)
- Soluciones energéticas (www.soluciones-energeticas.com)
- Advanced Energy (www.ae-energiasolar.com)
- EnerFree (www.enerfreegt.com)
- PQS (www.cdpups.com)

El principal sustituto de este sistema con estufa eléctrica es la leña, ya que en el área rural es usada en la mayoría de hogares, por su fácil obtención y precio relativamente económico. Otro sustituto es el gas propano, cuyo uso en el área rural es más limitado debido a su alto precio y difícil acceso.

Otros sustitutos del diseño propuesto son las estufas solares de horno o caja y de concentración (parabólica), las cuales existen en cantidades muy limitadas en el país, por lo tanto, es difícil el acceso a las mismas. Sin embargo, la construcción de éstas puede hacerse con distintos materiales que se pueden adquirir en el territorio nacional.

1.4. Demanda

La demanda potencial son las familias que utilizan leña para cocinar y que residen en el área rural de Guatemala, ya que viven en situación de pobreza y pobreza extrema.

Según datos de Instituto Nacional de Estadística (INE) en Guatemala, aproximadamente el 60% de la población utiliza leña para cocinar y calefacción. En el estudio Oferta y demanda de leña en la República de Guatemala, hecho por Marcos Martín Larrañaga con colaboración de Noelia Flores Marco (publicado en marzo de 2012); se presentan datos estimados del consumo

anual per cápita de leña en cada departamento. Dichos datos se muestran en la siguiente tabla I.

Tabla I. **Consumo de leña en metros cúbicos/persona/año**

Departamento	Urbana	Rural	Departamento	Urbana	Rural
Guatemala	0,7	2,2	San Marcos	1,3	4,2
El Progreso	0,6	2,7	Huehuetenango	2,3	4,6
Sacatepéquez	1,1	3,1	Quiché	2,3	3,5
Chimaltenango	1,1	3,6	Baja Verapaz	0,9	3,4
Escuintla	0,9	3	Alta Verapaz	0,8	2
Santa Rosa	1,4	2,6	Petén	1,9	2,4
Sololá	1,4	3,9	Izabal	0,4	2,1
Totonicapán	1,5	3,5	Zacapa	0,6	2,3
Quetzaltenango	1,1	4,4	Chiquimula	0,7	2,6
Suchitepéquez	1,1	3,6	Jalapa	1,4	2,5
Retalhuleu	1	3,7	Jutiapa	0,8	2,4

Fuente: LARRAÑAGA, Marcos Martín; FLORES MARCO, Noelia. Oferta y demanda de leña en la República de Guatemala. p. 19.

1.5. **Proyección de la oferta y la demanda**

La demanda del prototipo está regida por la cantidad de familias que utilizan leña para cocinar. Es una demanda potencial porque aún no se ha creado la necesidad de hacer uso de ésta en sustitución de la leña. Por otra parte, la oferta está ligada a la demanda, ya que con base en ella se hará el requerimiento para este tipo de tecnología solar.

Para finales del 2013, si se hace un requerimiento de 50 000 sistemas de energía solar la oferta será la misma y por consiguiente la demanda iguala a la oferta en cualquier punto en la escala de tiempo. Se estima que cada año se demandarán 25 000 prototipos más que el año anterior basado en la necesidad de adquirir energía eléctrica a bajo costo para satisfacer las necesidades de cocinar e iluminación, entre otras.

Tabla II. **Proyección de la demanda y oferta**

Año	Población guatemalteca	Familias guatemaltecas	Población que utiliza leña	Familias que utilizan leña	Demanda = Oferta
2012	15 073 375	3 014 675	9 044 025	1 808 805	0
2013	15 438 384	3 087 677	9 263 030	1 852 606	50 000
2014	15 806 675	3 161 335	9 484 005	1 896 801	75 000
2015	16 176 133	3 235 227	9 705 680	1 941 136	100 000
2016	16 548 168	3 309 634	9 928 901	1 985 780	125 000
2017	16 924 190	3 384 838	10 154 514	2 030 903	150 000
2018	17 302 084	3 460 417	10 381 251	2 076 350	175 000
2019	17 679 735	3 535 947	10 607 841	2 121 568	200 000
2020	18 055 025	3 611 005	10 833 015	2 166 603	225 000

Fuente: elaboración propia.

1.6. Plan de socialización

Para que el proyecto tenga el impacto deseado, es necesario sensibilizar a las personas acerca de los beneficios del uso de energía solar para la

generación de electricidad, así como para la preparación de alimentos. Por esa razón es importante estructurar un plan que ayude a alcanzar dicho objetivo y que pueda ser implementado en cualquier región del país.

- Paso 1: planificar el evento de visita a la comunidad. Determinar la fecha ideal para la visita tomando en cuenta factores como el clima, día y horario, con la finalidad de que no exista impedimento para que se pueda llevar a cabo la capacitación. Quince días antes, contactar y coordinar con algún líder comunitario (idealmente) para que pueda informar de la llegada de los representantes del proyecto y así reunir la mayor cantidad de personas, el líder comunitario tiene la responsabilidad de dar a conocer los detalles del proyecto, la importancia y por qué es que se está realizando. Lo conveniente es que la comunidad que se vaya a visitar esté ubicada en un punto estratégico para que las personas que viven en caseríos o aldeas cercanas, puedan reunirse sin ningún problema. Es necesario que participen dos miembros de cada familia, mayores de edad y que sean los responsables de hacer el uso correcto de la estufa, a la vez estar pendientes si en algún momento otra persona la llegara a utilizar.
- Paso 2: organizar el grupo de trabajo, materiales y equipo a utilizar. El grupo de trabajo debe estar conformado por personas proactivas, con facilidad de palabra y poder de convencimiento, previamente capacitadas acerca del uso del sistema, con amplio conocimiento en el tema ambiental y energía solar. Es necesario llevar folletos informativos, con ilustraciones acerca del daño que se le ocasiona al medio ambiente por la tala inmoderada de árboles, la utilización de leña para cocinar y las consecuencias que se tendrán a futuro si no se controla tal actividad (calentamiento global), recomendaciones para cocinar los alimentos que se consumen en la comunidad y las precauciones que deben tener al

utilizarla. También se debe preparar material didáctico para demostrar la importancia de utilizar la estufa solar y los beneficios que se tienen al usarla. Debe incluirse pliegos de papeles manila, marcadores y yeso, debido a que en algunos lugares no se tiene acceso a la energía eléctrica para poder utilizar computadora y proyector. Además, deben incluirse, por lo menos, 2 estufas para llevar a cabo una demostración de su uso.

- Paso 3: ejecución de la capacitación. Debe hacerse en un período de tiempo que no exceda de 3 horas (180 minutos). Los facilitadores responsables de llevar a cabo la explicación y demostración del uso de la estufa solar con panel fotovoltaico, deben tener amplio dominio de los temas que darán a conocer y explicar su uso correcto. Además, deben saber cómo mantener el interés de un grupo de personas cuando tienden a distraerse y mostrarse negativas por lo que van a conocer, entonces cada capacitador/expositor debe saber manejar ese tipo de situaciones que se puedan dar para mantener siempre la atención de las personas que reciban la capacitación.
- Paso 4: demostración del uso de la estufa con el sistema solar fotovoltaico. Se debe realizar la demostración con el propósito de enseñar el uso correcto de todo el sistema y las precauciones que se deben tener. En ésta demostración se cocinará alimentos elaborados con ingredientes que estén al alcance de las familias de la comunidad y el cual degustarán todos los participantes, además se enseñará cómo pueden sacarle provecho al prototipo utilizándolo para iluminación y en diversos electrodomésticos y aparatos electrónicos. En esta demostración los participantes podrán ver todo el sistema, conocerán su funcionamiento y resolverán sus dudas respecto al mismo, de manera que ésta actividad les dé confianza y seguridad para empezar a usarlo.

- Paso 5: permitir abiertamente que las personas puedan hacer preguntas y críticas. Esto es importante que se lleve a cabo, ya que de esa manera se va a poder saber el grado de aprendizaje e interés que tuvieron de la capacitación y cuál fue el impacto que causó en ellos, de manera que se logre un efecto en cascada y sean ellos quienes compartan su experiencia y conocimiento con otras personas, amigos y familiares, acerca de la importancia de la energía renovable en nuestras vidas y principalmente para el medio ambiente; además de que se logró crear conciencia respecto al uso de la leña, que es dañino para la salud y el entorno.
- Paso 6: planificar la entrega del prototipo. La entrega de los sistemas de generación eléctrica mediante paneles fotovoltaicos, conjuntamente con las estufas e información necesaria sobre su instalación y uso, en caso de que olvidaran algunos detalles, se hará en la fecha acordada con los líderes comunitarios o encargados de cada comunidad y las personas que recibieron la capacitación.
- Paso 7: controlar y evaluar el uso del sistema fotovoltaico. Es importante que tiempo después de la entrega de la estufa con el sistema fotovoltaico, se de acompañamiento y monitoreo a las familias de las comunidades que fueron beneficiadas para verificar que las estufas fueron instaladas en forma adecuada y el uso que le están dando. Mediante esta acción, se logrará corregir cualquier error que se pueda haber dado, evaluar la satisfacción de las familias con el uso de las estufas y si han sustituido por completo la utilización de leña, que es lo que más interesa, para poder generar estadísticas y que esos datos sirvan para determinar la reducción total del uso de la leña.

Es importante tomar en cuenta que el plan de socialización es una guía a seguir para llevar a cabo el proyecto, sin embargo, debe ser adaptado a las condiciones y tipo de personas a quienes irá dirigida.

Las razones para llevar a cabo estas acciones son tres:

- Primero: demostrar que utilizando la estufa eléctrica y la energía solar para cocinar mejorará la salud integral.
- Segundo: crear la conciencia ambiental en la población para que preserven los bosques.
- Tercero: es una forma de economizar dinero, pues no tendrán que comprar leña para cocinar y podrán invertir el dinero economizado en la educación de sus hijos y cosechas, ya sea para consumo propio o para la venta.

2. ESTUDIO TÉCNICO DE INGENIERÍA

2.1. Antecedentes

La energía solar es parte de los métodos alternativos para generar electricidad. Estos métodos son a la vez conocidos como energía verde o energía limpia. Este tipo de energía ha adquirido gran importancia por el cambio climático y los múltiples fenómenos naturales que han tenido consecuencias desastrosas alrededor del mundo.

Existen dos formas por las cuales se puede aprovechar los rayos ultravioleta (UV) emitidos por el Sol: energía solar térmica y energía solar fotovoltaica. La energía solar térmica consiste en el aprovechamiento de la radiación solar para generar calor que puede emplearse en la producción de agua caliente para calefacción o en uso sanitario y para consumo doméstico o instalaciones públicas. Los captadores calientan un fluido que se acumula en unos depósitos, que a su vez, calientan el agua que será utilizada en las instalaciones de los edificios para proporcionar agua caliente sanitaria, calefacción o refrigeración. Esto provee ahorro económico y disminuye el consumo de la energía fósil, utilizada para estos fines.

Por otra parte, la energía solar fotovoltaica depende de la intensidad de luz. Dicha energía fue desarrollada en los años 50 por acondicionamiento de la era espacial, alimentando todos los sistemas eléctricos y electrónicos de los satélites y estaciones espaciales. Con el paso del tiempo la tecnología fotovoltaica ha ido reduciendo costos y mejorando el rendimiento y fiabilidad de los componentes. A este desarrollo contribuyen de manera favorable, entre

otros factores, la aparición de aparatos eléctricos cada vez menos exigentes en consumo de energía, la fabricación de electrónica de control, potencia de alta calidad, fiabilidad y la mejora de los sistemas electroquímicos de acumulación de energía.

La energía solar fotovoltaica como tal, tiene su origen en estudios e investigaciones sobre el efecto fotoeléctrico. Se dice que éste es instantáneo, ya que la radiación aparece sin retraso sensible, dado que el número de fotoelectrones emitidos, es decir, la intensidad de la corriente producida, es proporcional a la radiación recibida. La velocidad de la emisión no influye en absoluto la intensidad luminosa, ni su estado de polarización, pero sí su frecuencia o longitud de onda. Para cada metal existe una frecuencia mínima de la radiación luminosa por debajo de la cual no se presenta el efecto fotoeléctrico.

La célula o celda fotovoltaica es un dispositivo capaz de convertir la luz en energía eléctrica de una forma directa e inmediata. Las células fotovoltaicas más utilizadas son las construidas a base de silicio monocristalino. Esto puede deberse, en gran parte a la importante industria que se ha montado alrededor del silicio, ya que es la base de todos los transistores, circuitos integrados y otros componentes activos electrónicos.

Una célula solar de silicio monocristalino es un diodo de unión p-n que se hace especialmente sensible a la iluminación, generando así la corriente eléctrica. Aunque el silicio es el segundo material más abundante en la Tierra, después del oxígeno; no se encuentra en estado puro y existen ciertos elementos de difícil eliminación.

Un módulo o panel fotovoltaico está formado por un conjunto de células fotovoltaicas interconectadas entre sí convenientemente (en serie y/o en paralelo); con el objeto de obtener voltajes de operación adecuados a la aplicación. Estas series de células se encapsulan habitualmente entre vidrio y/o películas poliméricas como poliéster, tedlar, etc. Para su sellado frente a la humedad, se utiliza el acetato de vinil-etileno o resinas de silicona, y si es necesario se colocan sobre un marco plástico o de aluminio para dar rigidez al módulo y proveer de puntos de anclaje y montaje.

Los módulos fotovoltaicos realizan la captación de la energía procedente del Sol, para luego transformarla directamente en energía eléctrica en forma de corriente continua. Éstos se instalan normalmente en los techos de las casas o en campo abierto, ya que requieren zonas sin sombra y deben estar orientados al Sol de mediodía (generalmente con una inclinación de 45°). Este tipo de paneles está formado por una cantidad determinada de celdas o células fotovoltaicas cuya cantidad depende del voltaje requerido para el consumo.

Este tipo de aprovechamiento de la energía solar ha venido a resolver los problemas energéticos en varios países y ha favorecido a su economía. Como consecuencia de todo esto surgieron las estufas solares que aprovechan la energía que el Sol brinda de manera directa para cocinar sin tener que utilizar sistemas muy complejos y cocinar los alimentos usando energía verde.

En Guatemala, particularmente, el Congreso de la República emitió la Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable (Decreto 52-2003) el 4 de noviembre del 2003, publicado en el Diario de Centroamérica el 10 de noviembre del mismo año, en esta ley se declara de urgencia nacional el desarrollo racional de los recursos energéticos renovables, indicando que el Ministerio de Energía y Minas estimulará, promoverá, facilitará y creará las

condiciones adecuadas para el fomento de inversiones que se hagan con este fin, a través de incentivos fiscales, económicos y administrativos.

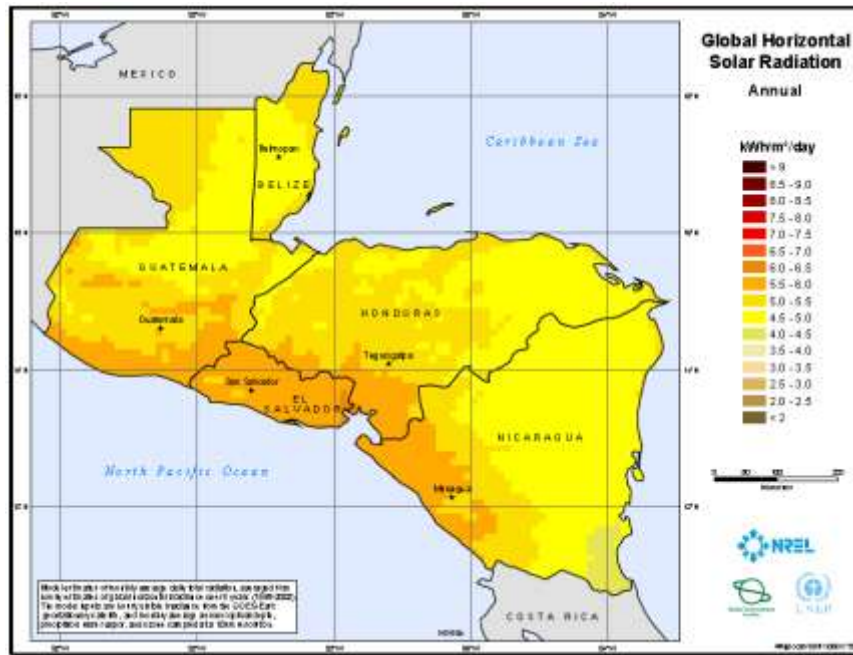
Las entidades que realizan proyectos de energía con recursos renovables gozan de los siguientes incentivos:

- Exención de derechos arancelarios para las importaciones.
- Exención del pago del impuesto sobre la renta.
- Exención del Impuesto a las Empresas Mercantiles y Agropecuarias IETAP.

Esta ley vino a llenar el vacío que anteriormente esta atendido por el Decreto ley 20-86, Ley de Fomento al Desarrollo de Fuentes Nuevas y Renovables, el cual fue derogado por la Ley General de Electricidad. Tiene una importante implicación en la electrificación rural, especialmente en aquellos sitios remotos que no tienen expectativa de ser atendidos mediante la extensión de la red nacional.

Guatemala tiene capacidad para generar electricidad usando energía solar. La radiación solar anual que tiene Guatemala se encuentra en un rango promedio anual de 4 a 6,5 kWh por cada m² al día, medido en forma horizontal. En el mapa de la figura 1 se muestra la capacidad de generación que tiene Guatemala y el resto de Centro América.

Figura 1. Mapa de radiación anual horizontal



Fuente: UNEP, Solar and Wind Energy Resource Assessment, <http://swera.unep.net/>. Consulta: 22 de enero de 2012.

Esta medida de radiación utilizando la aplicación SWERA (Solar and Wind Energy Resource Assessment) desarrollada por la UNEP (United Nations Environment Programme) muestra la capacidad que tiene Centro América en la producción de energía solar. Basados en esa información en el país se han realizado donaciones de estufas solares por organizaciones internacionales en algunas comunidades del área rural.

La primera estufa solar fue inventada en 1767 por Horace de Saussure. Él hizo experimentos con el efecto invernadero y también cocinó con el sol. Utilizó una cocina tipo horno. Pero la verdadera pionera de las cocinas tipo horno fue la Dra. María Telkesi, de origen húngaro. Ella hizo trabajos

fundamentales entre 1950 a 1970. Sus trabajos sirvieron de base a decenas de investigadores en todo el mundo.

Actualmente existen dos tipos: de horno o caja y de concentración o parabólica. La estufa de horno o caja solar es una caja térmicamente aislada, diseñada para capturar la energía solar y mantener caliente su interior. Los materiales, generalmente son de baja conducción de calor, lo que reduce el riesgo de quemaduras a los usuarios y evita la posibilidad de incendio tanto de la cocina como en el lugar en el que se utiliza. Además, los alimentos no se queman ni se pasan conservando así su sabor y valor nutritivo se mantiene. Las estufas tipo horno o caja se encuentran en el mercado en variedad de modelos, algunos de los cuales se muestran a continuación; ver figuras 2,3 y 4.

Figura 2. **Cocina solar tipo caja modelo Esteves**



Fuente: Wikipedia, cocina solar, http://es.wikipedia.org/wiki/Cocina_solar. Consulta: 22 de enero de 2012.

Figura 3. **Cocina solar tipo caja modelo Sun Stove**



Fuente: Wikipedia, cocina solar, http://es.wikipedia.org/wiki/Cocina_solar. Consulta: 22 de enero de 2012.

Figura 4. **Horno Global Sun Oven**



Fuente: Wikipedia, cocina solar, http://es.wikipedia.org/wiki/Cocina_solar. Consulta: 22 de enero de 2012.

El funcionamiento de un horno solar (cocina solar tipo caja) se basa principalmente en algunos principios físicos:

- Efecto invernadero: este efecto permite aumentar el calor dentro del horno. Es el resultado del calor en espacios cerrados en los que el Sol incide a través de un material transparente como el cristal o el plástico. La luz visible pasa fácilmente a través del cristal y es absorbida y reflejada por los materiales que estén en el espacio cerrado. La energía de la luz que es absorbida principalmente por los metales se convierte en energía calorífica, la cual tiene una mayor longitud de onda. La mayoría de esta energía radiante, a causa de esta mayor longitud de onda, no puede atravesar el cristal y por consiguiente es atrapada en el interior del espacio cerrado. La luz reflejada, o se absorbe por los otros materiales en el espacio o atraviesa el cristal si no cambia su longitud de onda.
- Reflectores: cuanta mayor cantidad de luz solar entre por la caja, mayor será la cantidad de energía dentro de ella, es por esto que, generalmente se usan reflectores externos para aumentar la cantidad de luz solar incidente.
- Conducción: la segunda ley de la termodinámica plantea que el calor siempre viaja de lo caliente a lo frío. El calor dentro de una cocina solar se pierde fundamentalmente por conducción, radiación y convección. El calor dentro de una cocina solar se pierde cuando viaja a través de las moléculas de todo el material de la caja hacia el aire fuera de la caja. Es por esto, que en todo diseño tradicional de un horno solar se usa un material llamado aislante térmico (como el corcho).

- Radiación: lo que está tibio o caliente despide olas de calor, o irradia calor a su alrededor. Estas olas de calor se irradian de los objetos calientes a través del aire o el espacio. La mayor parte del calor radiante que se despide de las ollas calientes dentro de una cocina solar se refleja de vuelta a las ollas. Aunque los vidrios transparentes atrapan la mayoría del calor radiante, un poco escapa directamente a través del vidrio. El cristal atrapa el calor radiante mejor que la mayoría de los plásticos.
- Almacenaje de calor: cuando la densidad y el peso de los materiales dentro del armazón aislado de la cocina solar aumenta, la capacidad de la caja de mantener el calor se incrementa. Si se introduce en el horno metales, cazuelas pesadas, agua o comida dura que tarda mucho tiempo en calentarse, la energía entrante se almacena como calor en estos materiales pesados, retardando que el aire de la caja se caliente. Estos materiales densos, cargados con calor, seguirán irradiando ese calor dentro de la caja, manteniéndola caliente durante un largo período aunque el día se acabe.
- Volumen de la caja: siendo todo igual, cuanto más grande sea el área de acumulación solar de la caja en relación al área de pérdida de calor de la misma, más alta será la temperatura de cocción. Dadas dos cajas que tengan áreas de acumulación solar de igual tamaño y proporción, aquella de menor profundidad será más caliente porque tiene menos área de pérdida de calor. El Sol, de forma generalizada, se mueve de este a oeste, es por esto que una cocina solar puesta de cara al sol de mediodía debe ser más larga en la dimensión este/oeste para hacer un mejor uso del reflector sobre un periodo de cocción de varias horas.

- De los colores: los cuerpos, al incidir sobre ellos una radiación y dependiendo de sus características superficiales, absorben una parte de la radiación y reflejan el resto. El color que absorbe más luz y energía radiante que incide sobre él, es el color negro. De forma idealista, un cuerpo que no absorbe nada de radiación es un espejo perfecto (o vacío perfecto), y un cuerpo que absorbe toda la radiación es un cuerpo negro perfecto. Y de forma realista los cuerpos que absorben menos radiación son superficies especulares y los que absorben mayor radiación son superficies de color negro mate. Es por esto, que la mayoría de los metales usados dentro del interior de un horno (ollas, parrillas) son pintadas de color negro.

Por otro lado, las estufas de concentración, como su nombre lo indica, se basan en concentración de la radiación solar en un punto, típicamente a través de un reflector parabólico. En dicho punto se coloca la olla que cocinará los alimentos. Generan altas temperaturas y permiten freír alimentos o hervir agua. Son particularmente peligrosas al usuario si no se tiene cuidado y si no se usa el tipo de protección necesario.

Figura 5. **Cocina solar tipo concentrador**



Fuente: Wikipedia, cocina solar, http://es.wikipedia.org/wiki/Cocina_solar. Consulta: 22 de enero de 2012.

Un concentrador solar es un instrumento, que sencillamente consiste en la concentración en un solo foco de los rayos incidentes en una superficie, consiguiendo de esta manera alcanzar altas temperaturas que permiten el cocido de los alimentos. Basta con orientarlo adecuadamente en la dirección del Sol, para lograr que los espejos cóncavos con que cuenta convenientemente orientados concentren los rayos solares.

La dirección de propagación de una onda se representa mediante líneas que se denominan rayos y según la forma de la superficie en la que inciden así será la dirección de los rayos reflejados. Cuando la forma de dicha superficie es parabólica todos los rayos que llegan paralelos al eje de la parábola se reflejan pasando por un mismo punto que se denomina foco. Esta es la propiedad fundamental en que se basan todos los ingenios parabólicos.

Las cocinas que concentran la radiación solar levantan la temperatura muy rápido y sirven para freír, pueden tener altas potencias de cocción y funcionan en cualquier día del año, habiendo sol directo con buena intensidad. Requieren ajustes mucho más frecuentes que las cocinas tipo horno, se necesita cuidar el alimento, y son generalmente más peligrosas y necesitan manejarse con más cuidado, por ejemplo, el resplandor de la radiación que se refleja en el espejo puede deslumbrar al usuario.

La cocción de alimentos en estas estufas es un proceso que requiere alta temperatura y tiempo. De hecho la cocción parte a los 50 o 60 °C. Mientras mayor sea la temperatura, más rápida es la cocción. El ideal es temperaturas de 80 a 100 °C. Temperaturas mayores pueden destruir vitaminas y proteínas en los alimentos.

Hay algunos alimentos (los pescados) que se cuecen en forma óptima a muy baja temperatura. En cambio a otros, necesitan una temperatura más alta (de 135 a 145 °C) para que queden doraditos, por ejemplo, el pollo asado.

En las cocinas tipo horno no es posible freír. Esto porque si bien la cocina puede alcanzar los 180 a 200 °C, si se inicia la fritura la temperatura cae. Además, en la fritura hay que ventilar bien para evacuar el vapor de agua que sale de los alimentos. Para freír con energía solar, se necesita usar cocinas con concentradores.

Por regla general, se puede calcular que con una cocina solar tipo caja con un solo reflector, la comida tomará más o menos el doble de tiempo que con un horno convencional. Como en este tipo de hornos la comida no se puede quemar, no hace falta ir a verla cuando cocina. Se puede simplemente dejar la comida en diferentes recipientes y encontrarla más tarde perfectamente

cocinada. Las cocinas solares de tipo caja tienen que girarse de acuerdo a la posición del Sol.

2.2. Diseño de la estufa solar

El prototipo o sistema propuesto incluye el uso de una estufa eléctrica convencional con resistencia eléctrica, cuya fuente de energía es un conjunto de paneles fotovoltaicos y pretende sustituir por completo el uso de leña para cocinar. Una de las deficiencias de las estufas (cocinas) solares actuales es que no tienen la capacidad para almacenar energía y esto limita su uso a solo una vez al medio día, por lo que no tiene un gran impacto en la reducción del uso de leña, aun siendo de bajo costo.

Con este prototipo planteado se podrá cocinar a toda hora, pues contará con un sistema para captar y almacenar la energía que hará funcionar la estufa de manera eléctrica.

Para llevar a cabo el diseño del sistema o prototipo se consideraron los siguientes aspectos:

- Es necesario tener una estufa que pueda usarse a toda hora y en lugares donde posiblemente no haya electricidad.
- Los materiales tienen que ser duraderos.
- Fácil de ensamblar.
- Fácil y segura de usar.
- Tiene que suministrar el tiempo necesario para que con una estufa de 1000 W pueda cocerse frijol, maíz, arroz y otros alimentos.

Entre otras cosas, este sistema permite que pueda ser ensamblada de en talleres artesanales y que no requieren mayor conocimiento. Por lo tanto es una fuente de empleo para las personas que vivan en las comunidades donde se hará entrega del producto final.

El prototipo diseñado está basado en la transformación de los rayos UV del Sol a energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico, usando celdas de silicio monocristalino unidas en serie para generar suficiente energía para cargar las baterías. Ésta será la fuente de funcionamiento de la estufa eléctrica. Este sistema podría también usarse para iluminar el hogar.

2.2.1. Características

El prototipo utilizado para el aprovechamiento de la luz solar mediante paneles fotovoltaicos es capaz de dar energía eléctrica para hacer funcionar una estufa de dos hornillas con un consumo de 1000 W hasta por 200 minutos, por lo que es un medio de aprovechamiento de la energía solar para cocinar. Pero, este sistema además puede utilizarse para iluminar una casa entera hasta por 8 horas, según la cantidad de luces que se utilicen y el consumo de cada una de ellas. El objetivo primordial de su uso es evitar el consumo de leña y combustibles fósiles (carbón, gas licuado del petróleo, keroseno) para cocinar, que son entes contaminantes de la salud y el medio ambiente.

Consta de diversos elementos que permiten su funcionamiento, el primer grupo de elementos son las fuentes de energía, que básicamente son dos: un conjunto de 5 paneles fotovoltaicos que son los encargados de captar la energía del Sol y 2 baterías, que es donde se almacena la energía captada. Indicadores de funcionamiento: éstos son los que permiten al usuario saber el nivel de carga de la batería y si el panel está funcionando correctamente, para

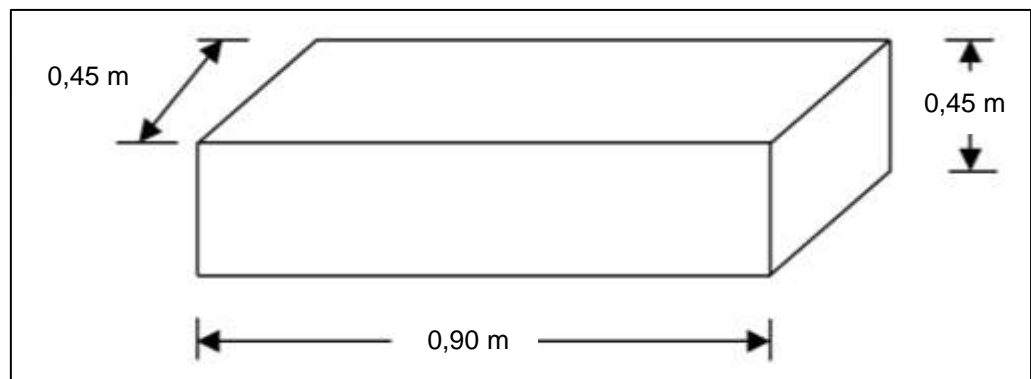
esto se utiliza un controlador de carga. Inversor: que es el encargado de transformar el voltaje de 12 voltios a 120 voltios. Estufa eléctrica: consta de 1 o 2 resistencias tipo hornilla y son las que se calientan al momento de circular la corriente eléctrica y que permite cocinar.

Las baterías, el inversor y el controlador, idealmente deben almacenarse en una caja que tenga ventilación y pueda mantener la temperatura adecuada de funcionamiento para extender su vida útil.

2.2.2. Dimensiones

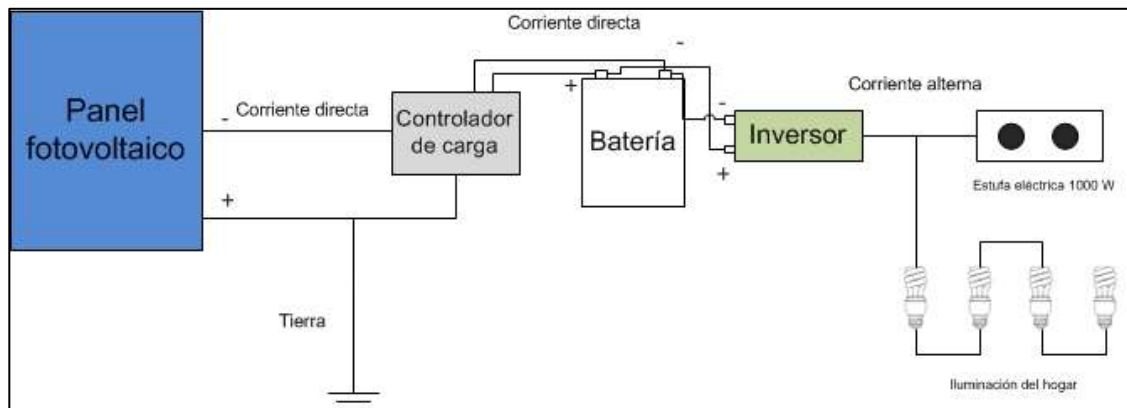
- Almacenaje de componentes (largo x ancho x alto): 0,9 m x 0,45 m x 0,45 m
- Panel fotovoltaico (largo x alto): 0,75 m x 0,92 m
- Batería (largo x alto x ancho): 0,39 m x 0,287 m x 0,105 m
- Inversor (largo x alto x ancho): 0,29 m 0,08 m x 0,19 m

Figura 6. Dimensiones de la caja de almacenaje



Fuente: elaboración propia.

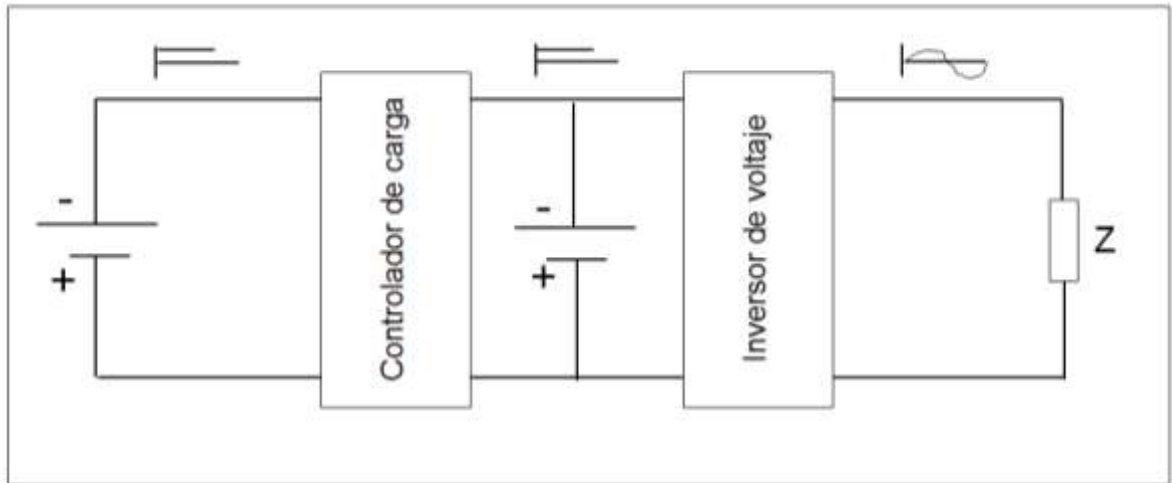
Figura 7. Componentes del prototipo



Fuente: elaboración propia.

La figura 7 muestra de forma gráfica cómo están conectados los componentes que fueron utilizados para el funcionamiento adecuado de todo el sistema. Los paneles solares, conectados en paralelo, generan energía eléctrica que es conducida hacia el controlador, que ayuda a regular y controlar la carga de las baterías, evitando sobre cargas y descargas. Al controlador se conectan las baterías, las cuales a su vez, están conectadas en paralelo. Éstas se conectan al inversor que recibirá un voltaje de entrada de 12 V y tendrá un voltaje de salida de 115 V, necesarios para hacer funcionar la estufa y cualquier otro aparato eléctrico que deseen utilizar, incluyendo la iluminación de una casa.

Figura 8. Diagrama de flujo eléctrico del prototipo



Fuente: elaboración propia.

Este es un sistema básico para generar energía eléctrica limpia utilizando paneles solares fotovoltaicos. A la vez, es un modelo que se puede utilizar para distintos usos, obviando el uso de la estufa eléctrica y considerando los tiempos de carga, descarga y el consumo de los aparatos que se deseen conectar. En la tabla III se muestra el tiempo de respaldo de las baterías con base en el consumo de diversos aparatos eléctricos.

Tabla III. **Tiempo de respaldo del prototipo**

Suma de consumo en Watts	Tiempo de respaldo en minutos
500	403,2
1 000	201,6
1 200	168
1 400	144
1 600	126
1 800	112
2 000	100,8
2 500	80,64

Fuente: elaboración propia.

El tiempo de respaldo mencionado en la tabla anterior es el tiempo que tardarán las baterías en descargarse cuando los paneles dejen de generar electricidad y se les dé un uso continuo, en otras palabras, es el tiempo que se tendrá energía eléctrica durante la noche y la madrugada antes de salir el Sol. Dicho tiempo puede extenderse o reducirse según el consumo total de los aparatos eléctricos que estén siendo usados al mismo tiempo.

Una forma de extender la duración es apagar y desconectar los aparatos eléctricos cuando no se estén utilizando. Usar focos ahorradores de energía y apagar las luces cuando no se ocupen.

2.2.3. Materiales

Este prototipo de aprovechamiento de la energía solar con paneles fotovoltaicos está construido con materiales de extensa durabilidad, que

permiten una larga vida útil del producto final. Consta de diversos componentes y materiales que ayudan a su correcto funcionamiento los cuales son:

- **Tablero de densidad media (MDF):** es un aglomerado elaborado con fibras de madera aglutinadas con resinas sintéticas mediante fuerte presión y calor en seco, hasta alcanzar una densidad media. Este material es utilizado para almacenar y proteger las baterías, el controlador y el inversor. Tiene un precio relativamente económico basado en la durabilidad y resistencia del material. A esta estructura se le aplicará una capa de pintura de aceite en color blanco para protegerla de la humedad y que ayude a mantener una temperatura entre 15° C y 25 C, reflejando los rayos del Sol que puedan provocar que genere demasiado calor.

Figura 9. **Tablero de densidad media (MDF)**



Fuente: www.todotecnologia-eso.blogspot.com. Consulta: 10 de febrero de 2012.

- **Panel fotovoltaico:** encargado de convertir la luz solar en energía eléctrica usando células o celdas fotovoltaicas mediante el efecto fotovoltaico. Se utilizarán 5 paneles para generar suficiente energía eléctrica que se utilizará en la carga de las baterías. Cada panel está construido con 36 células (celdas) fotovoltaicas de silicio monocristalino y miden 3" de ancho por 6" de largo con un voltaje de 0,5 V, amperaje de 4 A y potencia de 2

W cada una. Estas celdas se han conectado en serie y generan 72 W en cada panel, haciendo un total de 360 W de potencia máxima en los 5 paneles. Tiene una base de plywood de $\frac{1}{4}$ " de espesor y de 92 cm de alto y 75 cm de ancho. Las celdas están protegidas por vidrio, en un marco de aluminio y sellado con silicón para protegerlo del agua y polvo.

Figura 10. **Panel solar fotovoltaico**



Fuente: www.ecophotovolt.com. Consulta: 10 de febrero de 2012.

- Capacitor (batería): sirve para almacenar la energía que los paneles generan para la posterior utilización. El prototipo consta de dos baterías de ciclo profundo, con un voltaje de 12 V y 100 A cada una. Cada batería tiene una vida útil superior a 12 años, dependiendo el mantenimiento y uso que se les dé. Se carga en un promedio de 8 horas.

Figura 11. **Batería marca Narada**



Fuente: www.naradapower.com. Consulta: 10 de febrero de 2012.

Tabla IV. **Especificaciones técnicas batería Narada**

Modelo de la batería	12NDF100
Voltaje nominal	12 V
Capacidad nominal	100 Ah luego de 10 h hasta 1.8 V por elemento a 25 C
Peso típico	33,5 Kg
Resistencia interna	6,31 miliOhm
	Operación (máxima) -40 C a 55 C
Rangos de temperatura	Operación (recomendada) 15 C a 25 C
	Almacenamiento: -20 C a 40 C
Voltaje a flote	2,25 V a 25 C
Corriente de carga máxima	2,5 A
Voltaje de ecualización	2,35 Volts a 2,40 Volts a 25 C
Autodescarga	La capacidad residual es mas de 90% luego de 90 días a 25 C
Tipo de terminal	M6 Hembra
Torque sobre terminal	10+- Nm
Material contenedor	ABS (Opcional Vo)

Fuente: Manual técnico de la batería Narada. p. 1.

- Inversor: es el encargado de cambiar el voltaje de entrada de corriente continua (DC) en este caso 24 V, a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna (AC) 110 V. En el sistema es utilizado un inversor de 24 V y 1500 W marca Royal Power.

Figura 12. Inversor marca Royal Power



Fuente: <http://invertersreview.com/category/12-volt-power-inverters/>. Consulta: 10 de febrero de 2012.

Tabla V. Especificaciones técnicas inversor Royal Power

Eficiencia óptima	arriba de 95%
Voltaje de entrada	10.5 - 15 VDC
Alarma de bajo voltaje	Si
Apagado por sobre carga	Si
Apagado por calentamiento	Si
Tomacorrientes AC	3
Garantía	1 año
Peso	7,8 lb
Dimensiones	7,5 x 3,0 x 11,5 pulgadas

Fuente: Manual técnico del inversor Royal Power. p. 1.

- Controlador: es el componente que controla y regula la carga de la batería para evitar que se sobre cargue, manteniéndola con la carga óptima.

Figura 13. **Controlador de carga marca PWM**



Fuente: <http://www.sunwindproducts.com/Products/ChargeControllers/ChargeControllers.html>.

Consulta: 10 de febrero de 2012.

Tabla VI. **Especificaciones técnicas controlador de carga solar PWM**

Corriente de carga	hasta 30 A
Voltaje	12/24 V
Temperatura de funcionamiento	de -35 a +55 C
Protección por sobre voltaje	17 V

Fuente: Manual técnico del controlador PWM Solar Products. p. 1.

- Cable eléctrico conductor de 600 V
- Estufa eléctrica Tekno: 2 hornillas o resistencias circulares; consumo de 1000 W promedio; voltaje de entrada 115 V CA

Figura 14. **Estufa eléctrica**



Fuente: Manual del usuario estufa eléctrica Tekno. p. 2.

2.2.4. Especificaciones técnicas

- Consumo eléctrico de la estufa: 1 KW
- Potencia de salida del sistema de paneles: 360 W máxima
- Tiempo promedio de carga de las baterías: 8 horas

2.2.5. Medidas de seguridad

- La estufa debe ser utilizada por personas adultas o que sepan del manejo de la misma. No dejar que sea manipulada por niños.
- No tocar la resistencia en ningún momento, ya que pueden ocurrir quemaduras.
- Colocar la estufa en un lugar libre de humedad, para garantizar su óptimo funcionamiento.
- No dejar el panel solar a la intemperie cuando esté lloviendo.

- Evitar dejar encendida la estufa cuando no se vaya a utilizar.

2.2.6. Vida útil

La vida útil de la estufa está regida por la durabilidad de sus componentes, los cuales según el cuidado y las condiciones ambientales pueden prolongar o disminuir el tiempo promedio de vida. La vida útil promedio de las baterías es de 12 años según los datos del fabricante, los paneles tienen una vida útil hasta de 30 años. Las características ambientales en donde se encuentre instalado el sistema y su constante chequeo de componentes recomendado por el fabricante pueden ayudar a prolongar su funcionamiento. Para efectos de estudio, formará una vida útil de 10 años.

3. ESTUDIO ADMINISTRATIVO-LEGAL

3.1. Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

La Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico es la encargada de regular, promover y divulgar la investigación y desarrollo tecnológico de la carrera de Ingeniería Industrial y Mecánica Industrial, cuya función primordial es ser enlace para los estudiantes, asesores y otras instituciones en la elaboración de trabajos de graduación e investigaciones relacionadas con el desarrollo de la tecnología.

3.1.1. Dependencia

La Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico es parte de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

3.1.2. Ubicación

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial (EMI) 3er. nivel, edificio T-1, Ciudad Universitaria, zona 12.

3.1.3. Visión

“En el año 2022 la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial acreditada a nivel regional y con excelencia académica, es líder en la formación de

profesionales íntegros, de la Ingeniería Industrial, Mecánica Industrial y disciplinas afines, que contribuyen al desarrollo sostenible del entorno.”

3.1.4. Misión

“Preparar y formar profesionales de la ingeniería Industrial, Mecánica Industrial y disciplinas afines, capaces de generar e innovar sistemas y adaptarse a los desafíos del contexto global.”

3.1.5. Responsabilidades

- Proporcionar a los estudiantes información de las áreas y líneas de investigación de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial.
- Fomentar la participación de estudiantes y catedráticos en los proyectos de investigación.
- Establecer los requisitos con que debe cumplir los proyectos de investigación.
- Brindar a asesoría para la elaboración de trabajos de graduación en el área de investigación y desarrollo tecnológico.
- Gestionar la obtención de apoyo de instituciones externas a la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial.
- Organizar actividades de capacitación y actualización para catedráticos y estudiantes.

- Establecer las líneas de investigación y ejes temáticos de acuerdo a los objetivos que persigue el programa de Ingeniería Industrial y de Mecánica Industrial.
- Definir el cronograma de actividades de investigación y desarrollo tecnológico en la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial.
- Promover convenios para investigación con otras instituciones.
- Promover el uso de los resultados de investigación como material bibliográfico en los cursos que corresponda.
- Publicar los resultados de los trabajos realizados, en diferentes medios de comunicación.

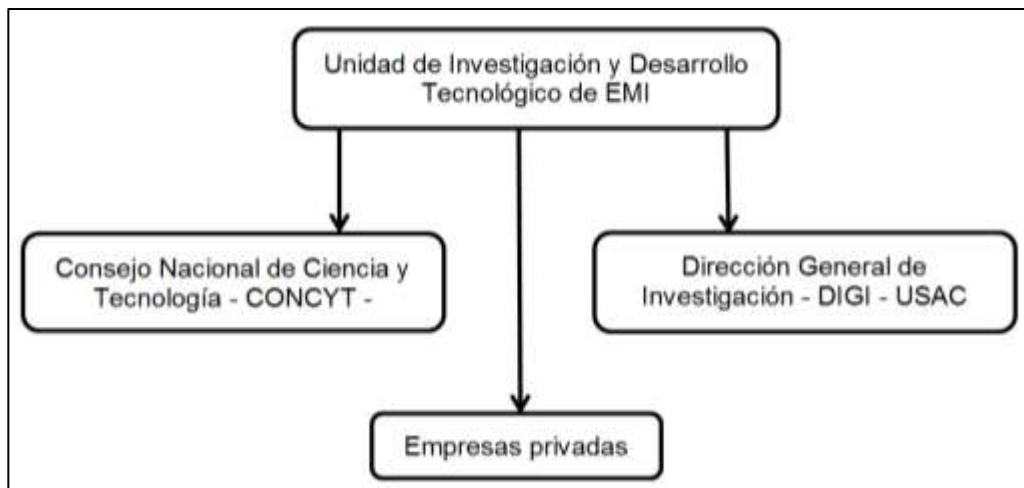
3.1.6. Relaciones de la unidad

La unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico actualmente cuenta con el apoyo de:

- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT) que es el órgano rector en el campo del desarrollo científico y tecnológico del país, y le corresponde la promoción y coordinación de las actividades científicas y tecnológicas que realice el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (SINCYT) ; tiene bajo su responsabilidad la conducción adecuada del Sistema a través de la preparación ejecución y seguimiento del Plan de Desarrollo Científico y Tecnológico y su correspondiente programa de trabajo.

- Dirección General de Investigación (DIGI), es el órgano coordinador del Sistema de Investigación, y su finalidad es la ejecución de las directrices proporcionadas por el Consejo Coordinador e impulsor de la investigación, así como coordinar la investigación a través de los Programas Universitarios y la cooperación nacional e internacional. Entre sus funciones esta: establecer canales de comunicación y coordinación con los centros, institutos y departamentos o coordinaciones de investigación, coordinar la evaluación de proyectos de investigación para su financiamiento, gestionar recursos para el desarrollo de la investigación, y difundir y publicar los resultados de la investigación.
- Empresas privadas, quienes colaboran con fondos, material y equipo para el desarrollo de investigaciones que benefician sus operaciones y el uso eficiente de los recursos.

Figura 15. **Relaciones de la Unidad de Investigación**

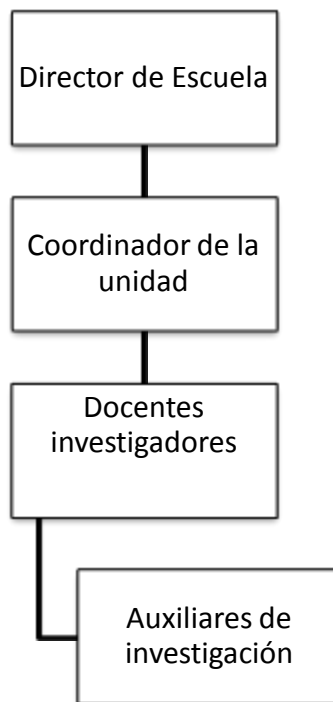


Fuente: elaboración propia.

3.1.7. Estructura organizacional

La estructura organizacional de la Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico está compuesta tal como se muestra en la figura 16.

Figura 16. Organigrama Unidad de Investigación



Fuente: Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico de EMI.

3.2. Programa de Incentivos Forestales (PINFOR) y su relación con el proyecto

Una de las políticas forestales más importantes para Guatemala la constituye el Programa de Incentivos Forestales (PINFOR), el cual es utilizado por el Instituto Nacional de Bosques (INAB), para promover proyectos de conservación forestal y reforestación.

Éste, durante sus primeros diez años de funcionamiento desde 1997 a 2007, ha facilitado el establecimiento y mantenimiento de 62 238,44 hectáreas con plantaciones forestales en tierras que antes no tenían cobertura forestal.

El procedimiento para ser parte de este programa es el siguiente: los propietarios de tierras deforestadas y que tienen potencial forestal, ingresan al programa después de satisfacer los requisitos legales y técnicos que se exigen para cada proyecto. Una vez aprobado, el propietario procede a su establecimiento y mantenimiento. Anualmente, el personal técnico del INAB evalúa la ejecución de las actividades previamente descritas en el plan de manejo de plantación.

Si el proyecto cumple con los parámetros de evaluación contemplados en el Reglamento del PINFOR, el INAB procede a certificar ante el Ministerio de Finanzas Públicas, que el propietario ha cumplido a satisfacción con los requisitos del INAB, para que éste efectúe el pago de incentivo que en derecho corresponde al propietario del proyecto. Este proceso se repite anualmente durante un máximo de seis años, dependiendo el tipo de proyecto, para efectos de certificación y pago.

El PINFOR ha asignado diferentes montos para quienes aplican al programa. Éstos se dan por reforestación, regeneración, producción y protección de los bosques. Dichos montos están explícitos en las tablas VII, VIII y IX.

Tabla VII. **Monto incentivos PINFOR por reforestación/regeneración**

Año	Monto (Q/ha) reforestación	Monto (Q/ha) regeneración
0	Q. 5 000,00	Q. 3 800,00
1	Q. 2 100,00	Q. 1 400,00
2	Q. 1 800,00	Q. 760,00
3	Q. 1 400,00	Q. 500,00
4	Q. 1 300,00	Q. 310,00
5	Q. 800,00	Q. 660,00
Total	Q. 12 400,00	Q. 7 430,00

Fuente: INAB, PINFOR.

Tabla VIII. **Incentivos para manejo de bosque natural para producción**

Área (ha)	Monto tipo de proyecto producción (Q/ha)
Menor 5	Q. 2 807,04 por ha
Entre 5 y 15	Q. 14 035,20 + Q. 581,65 por ha adicional hasta 15 ha
Entre 15 y 45	Q. 19 851,70 + Q. 271,23 por ha adicional hasta 45 ha
Entre 45 y 90	Q. 27 988,60 + Q. 188,18 por ha adicional hasta 90 ha
Mayor 90	Q. 36 456,70 + 190.98 por ha adicional

Fuente: INAB, PINFOR.

Tabla IX. **Monto de incentivos para manejo de bosque natural para protección**

Área (ha)	Monto tipo de proyecto protección (Q/ha)
Menor 5	Q. 2 660,30 por ha
Entre 5 y 15	Q. 13 301,50 + Q. 514,68 por ha adicional hasta 15 ha
Entre 15 y 45	Q. 18 448,30 + Q. 207,43 por ha adicional hasta 45 ha
Entre 45 y 90	Q. 24 671,20 + Q. 178,62 por ha adicional hasta 90 ha
Mayor 90	Q. 32 709,10 + Q. 175,03 por ha adicional

Fuente: INAB, PINFOR.

El financiamiento proviene en su totalidad del Estado. Anualmente, de acuerdo con el Decreto Legislativo 101-96, de fecha 2 de diciembre de 1996, en el Artículo 72º. Establece “El Estado destinará anualmente una partida en el Presupuesto de Ingresos y Egresos de la Nación, al INAB, para otorgar incentivos forestales, equivalente al uno por ciento del presupuesto de ingresos ordinarios del Estado, a través del Ministerio de Finanzas Públicas”

Entre los logros que el PINFOR ha tenido se pueden mencionar:

- Reforestación de un área total de 62 238,44 hectáreas (ha).
- Se ha incorporado al manejo forestal sostenible 134 164,60 hectáreas de bosque natural.
- Se han beneficiado 138 566 personas.
- En el 2005 el PINFOR generó más de 127 857 empleos directos.

Con el uso de la estufa solar se puede reducir el consumo de leña y como consecuencia la tala de árboles. Por lo tanto, las personas que posean tierras

que cumplan con los requerimientos del PINFOR podrán aplicar para recibir el incentivo correspondiente según el tipo de proyecto.

A la vez, se crearán fuentes de empleo para el mantenimiento y protección de los bosques, beneficiando a las comunidades. Esto ayudará a mejorar las condiciones de vida de las personas en el área rural y podría atraerse turismo a través de la creación de reservas forestales, áreas de campamento y áreas para practicar deportes al aire libre.

4. ESTUDIO AMBIENTAL

4.1. Consumo de leña en Guatemala

De acuerdo a los datos del INE y el estudio realizado por Marcos Martín Larrañaga, en Guatemala más de la mitad de la población consume leña para satisfacer las necesidades de calefacción y cocinar, siendo ésta la mayor fuente de energía en los hogares del país, por lo tanto, su consumo resulta mucho mayor que el de electricidad y gas propano. A raíz de eso han inventado distintas formas de mitigar el consumo de este producto, sin embargo, el impacto no ha sido significativo.

En la figura 15 se muestra una estufa ahorradora de leña, la cual evita pérdidas de calor y ayuda a que se use menos leña para cocinar, manteniendo más tiempo la brasa y por lo tanto, prolongando la duración de cada leño.

Figura 17. Estufa ahorradora de leña



Fuente: www.ecotono-global.org. Consulta: 10 de febrero de 2012.

Un estudio realizado por Rolando Zanotti (subgerente INAB), utilizando datos del censo del INE del 2006, determinó que cada año se consumen 19 millones 456 mil 552 metros cúbicos sólidos de leña, con un valor de Q.11 054 859 000,00 (US\$ 1 473 981 200,00) sin tomar en cuenta los productos utilizados en la pequeña y mediana industria.

Tomando en cuenta los datos de la tabla I (pág. 6) cada familia gasta en promedio 1,77 m³ de leña mensual, que es el equivalente a 1,58 tareas de leña (0,84 m alto x 3,35 m largo x 0,40 m ancho) y su uso principal es para cocinar alimentos y calefacción (por lo general en los municipios de la región occidente)

Los precios de la leña varían según la región y los costos promedio estimados son los siguientes:

- Cobán, Alta Verapaz: las especies que más se comercializan son encino y arrayán. Precio promedio de tarea Q. 112,00.
- Playa Grande, Ixcán, Quiché: se comercializa la leña de lagarto, caspirol, medalla, ujuxte, canxan, rosul, marío, tamarindo. Precio promedio tarea Q. 143,00.
- Zacapa: se comercializa el pino y encino. Precio promedio Q. 300,00.
- Santa Rosa: encino, pino colorado, cuje, ciprés, ujuxte y madrecaao. Precio promedio Q. 163,00.
- Sacatepéquez: se utiliza aliso, encino, pino, gravilea y ciprés. Precio promedio Q. 213,00.

- Quetzaltenango: se comercializa encino, pino colorado, pino rudis, aliso y hule. Precio promedio Q. 220,00.

Considerando estos precios, se determina que el valor promedio de 1 metro cúbico de leña es de Q. 170,45 en el país.

4.2. Reducción del uso de leña derivado del uso de la estufa solar

El uso de la estufa solar puede reducir el consumo de leña hasta en un 70% aproximadamente (considerando que se utiliza para cocinar y calefacción), ya que parte del uso que se le da es para calefacción, que mayormente es requerida en lugares donde predomina el clima frío; y en algunos casos para iluminación.

En la tabla X se muestra el consumo de leña y su costo anual por familia por cada metro cúbico que se utiliza. Estos cálculos fueron hechos basados en los datos de la tabla I y tomando en cuenta que una familia tiene 5 integrantes en promedio y considerando un valor estimado de Q. 170,45 por metro cúbico de leña.

Tabla X. **Consumo y costo anual de la leña por familia/m³**

Departamento	Consumo anual por familia	Costo anual por m ³	Departamento	Consumo anual por familia	Costo anual por m ³
Guatemala	14,5	Q. 2 471,53	San Marcos	27,5	Q. 4 687,38
El Progreso	16,5	Q. 2 812,43	Huehuetenango	34,5	Q. 5 880,53
Sacatepéquez	21	Q. 3 579,45	Quiché	29	Q. 4 943,05
Chimaltenango	23,5	Q. 4 005,85	Baja Verapaz	21,5	Q. 3 664,68
Escuintla	19,5	Q. 3 323,78	Alta Verapaz	14	Q. 2 386,30

Continuación de la tabla X.

Santa Rosa	20	Q. 3 409,00	Petén	21,5	Q. 3 664,68
Sololá	26,5	Q. 4 516,93	Izabal	12,5	Q. 2 130,63
Totonicapán	25	Q. 4 261,25	Zacapa	14,5	Q. 2 471,53
Quetzaltenango	27,5	Q. 4 687,38	Chiquimula	16,5	Q. 2 812,43
Suchitepéquez	23,5	Q. 4 005,58	Jalapa	19,5	Q. 3 323,78
Retalhuleu	23,5	Q. 4 005,58	Jutiapa	16	Q. 2 272,20

Fuente: elaboración propia.

Para esta investigación, se tomaron como muestra poblacional los municipios de Jocotán y Camotán, ubicados en el departamento de Chiquimula y son parte del Corredor Seco. En estos municipios se ha determinado una alta mortalidad por las condiciones de vida de sus pobladores, además, tienen una alta tasa de desnutrición, problemas con sequías y pérdida de cosechas, por lo que la economía de los hogares se ve altamente afectada. Ambos municipios se encuentran ubicados en la región oriente del país, en la que según el mapa de radiación solar en la figura 1 (pág. 47) se puede obtener de 5 a 5.5 kWh por m² de energía.

Tabla XI. **Población estimada de habitantes en Jocotán y Camotán**

Población estimada de hombres y mujeres según INE	Municipio	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	Jocotán	59 314	61 238	63 214	65 250	67 355	69 519	71 730	73 975
Camotán	53 462	55 270	57 130	59 050	61 038	63 084	65 117	67 308	
Proyección de familias según INE (basados en 5 integrantes)	Municipio	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	Jocotán	11 863	12 248	12 643	13 050	13 471	13 904	14 346	14 795
	Camotán	10 692	11 054	11 426	11 810	12 208	12 617	13 035	13 462

Fuente: elaboración propia.

Tomando en cuenta que el 60% de la población consume leña (estimaciones de INE) para el 2013, en Jocotán 7 118 familias usarían leña; mientras que en Camotán 6 415 familias consumirían este recurso.

Si el proyecto se lleva a cabo en estos dos municipios, el total de familias que dejarían de consumir leña (idealmente) sería 13 533. Esto representa el 0,73% de un total de 1 852 606 familias que habitarían el país en dicho año (según INE) y que consumirían leña.

Por lo tanto, la reducción del consumo de leña sería de 223 295,17 m³ de leña por año. Este dato representa el 0,57% del consumo total de leña a nivel nacional cada año.

4.3. Beneficios del uso de la estufa solar

La energía solar es la forma más económica, sostenible y limpia para cocinar; sus beneficios son múltiples, tanto para la persona que cocina los alimentos, como para quienes los consumen. Se han podido identificar diversos beneficios en los distintos sectores en donde se relaciona su uso, los cuales, se listan a continuación:

- Beneficios generales
 - La energía solar es gratis
 - Se evita caminar distancias muy grandes para recolectar la leña
 - No contamina el medio ambiente

- Beneficios para las familias y su economía
 - Muchas familias en casos de pobreza y pobreza extrema gastan alrededor de un 25% o más de sus ingresos en la compra de combustibles para cocinar. Ese dinero, puede ahorrarse usando energía solar y a la vez, invertirse en alimentación, educación, salud, etc.
 - El uso de energía solar ayuda a que las personas de microempresas, como tortillerías, comedores u otros, puedan aumentar sus utilidades bajando sus costos.
 - La temperatura moderada de una estufa solar ayuda a preservar los nutrientes en los alimentos, por lo tanto, ayuda a mejorar la nutrición de quienes los consumen.
 - Es libre de humo, por lo que evita enfermedades causadas por el humo cuando se quema la leña, irrita los pulmones y los ojos, que en determinado momento pueden tener consecuencias fatales. Además, evita contaminar el ambiente y que el calentamiento global empeore.
 - Es menos peligrosa, no origina ninguna clase de incendios.
 - Permite hervir el agua, por lo que se tendría mejores condiciones de salud.
 - Evita gastos en leña y gas licuado del petróleo (GLP).

- Beneficios para el Gobierno
 - La manufactura de la estufa solar genera empleos, por lo tanto, habrá mayor actividad económica.
 - Complementa los diversos proyectos cuyo objetivo es mejorar la salud, economía y nutrición de las familias en situación de pobreza y pobreza extrema.
 - Contribuye al desarrollo integral de las familias, y en consecuencia del país.

- Beneficios ambientales
 - Evita la destrucción de bosques
 - Evita la contaminación del ambiente por la quema de leña
 - Ayuda a preservar la flora y fauna local
 - Incentiva al uso de energías renovables

5. ESTUDIO ECONÓMICO

5.1. Costos fijos

En la tabla XII se muestran los costos estimados de cada elemento del sistema propuesto. Dichos costos son el equivalente al precio de venta de cada producto incluyendo impuestos. Sin embargo, estos costos pueden reducirse si se lleva a cabo el proyecto como una obra de desarrollo social.

Tabla XII. **Costos fijos de equipo**

Cantidad	Equipo	Descripción	Precio	Total
5	Panel solar	Panel solar hecho en casa de 18 V y 72 W máximo	Q. 1 100,00	Q. 5 500,00
1	Inversor DC-AC	Marca Royal Power 2000 W – 4000 W máximo 115V de salida	Q. 1 170,00	Q. 1 170,00
1	Controlador de carga	Marca PWM de 30 A	Q. 285,00	Q. 285,00
30	Metro de cable de 600 V	Metro de cable conductor de 600 V	Q. 3,75	Q. 112,50
2	Baterías	Batería de 12 V de ciclo profundo marca Narada de 100Ah	Q. 2 130,00	Q. 4 260,00
1	Estufa eléctrica	Estufa eléctrica de una o dos hornillas con 1000 W de consumo	Q. 140,00	Q. 140,00
			Total	Q. 11 467,00

Fuente: elaboración propia.

5.2. Costos variables

Entre los costos variables están el transporte, instalación y mantenimiento del equipo. En la siguiente tabla se muestran dichos costos calculados por cada prototipo transportado, instalado y por cada mantenimiento realizado para 13 533 equipos que podrían instalarse en dicha cantidad de hogares.

Tabla XIII. **Costos estimados de transporte, instalación y mantenimiento**

Descripción	Precio Unitario	Total
Transporte	Q. 8,00	Q. 108 264,00
Instalación	Q. 15,00	Q. 202 995,00
Mantenimiento	Q. 3,00	Q. 40 599,00

Fuente: elaboración propia.

Los costos de la tabla son valores promedio estimados para el desarrollo de dicho proyecto en los municipios Jocotán y Camotán del departamento de Chiquimula. Son variables porque pueden aumentar o disminuir según la cantidad de equipo adquirido. Para efectos de realizar el estudio financiero se tomó en cuenta que las 13,533 familias utilizarán el sistema propuesto.

El costo de transporte es considerando que todos los componentes del sistema se distribuyen desde la ciudad de Guatemala hasta Jocotán y Camotán, no incluye los costos de transporte que pudieran darse si los componentes son importados de otro país.

El costo de instalación es el precio por pagar al recurso humano por el ensamblaje e instalación de cada equipo en los hogares de ambos municipios.

El costo de mantenimiento se paga por cada revisión mensual y posibles reparaciones menores de todo el sistema para garantizar el correcto funcionamiento a lo largo del tiempo, de manera que se pueda extender su vida útil.

5.3. Costo de producción

El costo total de cada sistema lo obtenemos sumando los costos fijos más los costos variables. El detalle del costo total estimado del sistema planteado se muestra en la tabla XIV.

Tabla XIV. **Costo de producción del prototipo**

Descripción	Costo
Paneles solares	Q. 5 500,00
Inversor	Q. 1 170,00
Controlador de carga	Q. 285,00
Cable conductor	Q. 112,50
Baterías	Q. 4 260,00
Estufa eléctrica	Q. 140,00
Transporte	Q. 8,00
Instalación	Q. 15,00
Mantenimiento	Q. 3,00
Total	Q. 11 493,50

Fuente: elaboración propia.

6. ESTUDIO FINANCIERO

6.1. Inversión

Para el desarrollo del proyecto en los municipios de Jocotán y Camotán, tanto en el área urbana como el área rural para el 2013 se necesitará una inversión total de: Q. 155 988 591,43

Esta inversión es para un período promedio de 10 años tomando en cuenta que la inversión se realiza en el 2013 (utilizando la proyección de población del INE). Para determinar su factibilidad se realizará un análisis de la inversión que se hace por persona y que utilice leña para cocinar.

Según cálculos realizados acerca del consumo de leña en ambos municipios (página 53), se estimó que en el 2013, en promedio, se consumen 223 295,17 m³ de leña

En la tabla XV se muestra una proyección del consumo de leña en base al crecimiento poblacional y suponiendo que la población que consume leña permanece constante, considerando que el 60% de la población en ambos municipios consume leña. Esta tabla fue construida con datos de las tablas I, X y XI.

Según la investigación Caracterización de sistema agroforestal de árboles dispersos en asocio con cultivos agrícolas del municipio de Jocotán, departamento de Chiquimula realizada por Otto Rodríguez para el Proyecto Trifinio, el precio del metro cúbico de leña en las diferentes comunidades de

ambos municipios se encuentra en un rango de Q. 200,00 a Q. 250,00 y para realizar la tabla se utilizó el precio promedio del mismo, siendo éste Q. 225,00

Tabla XV. **Consumo de leña y su valor**

Año	Familias Jocotán	Familias Camotán	Consumo de leña mensual	Consumo de leña anual	Gasto mensual en leña	Gasto anual en leña
2013	7 118	6 415	18 607,93	223 295,17	Q. 4 186 784,41	Q. 50 241 412,90
2014	7 349	6 632	19 223,82	230 685,78	Q. 4 325 358,45	Q. 51 904 301,42
2015	7 586	6 856	19 856,75	238 281,03	Q. 4 467 769,40	Q. 53 613 232,78
2016	7 830	7 086	20 509,50	246 113,97	Q. 4 614 636,96	Q. 55 375 643,53
2017	8 083	7 325	21 184,90	254 218,76	Q. 4 766 601,73	Q. 57 199 220,74
2018	8 342	7 570	21 879,48	262 553,71	Q. 4 922 882,09	Q. 59 074 585,07
2019	8 608	7 821	22 589,62	271 075,43	Q. 5 082 664,37	Q. 60 991 972,42
2020	8 877	8 077	23 311,57	279 738,81	Q. 5 245 102,74	Q. 62 941 232,84

Fuente: elaboración propia.

La tabla XV muestra estimaciones del consumo de leña mensual y anual por familia y su valor en ambos municipios.

Si se desea implementar el sistema propuesto en ambos municipios se tiene una inversión inicial estimada de Q. 11 490,50 incluyendo el costo de transporte e instalación. Se deben hacer mediciones mensuales de la carga de las baterías para saber que el sistema funciona adecuadamente. Para dichas revisiones se estimó un costo de Q. 3,00 por cada sistema. En el primer año se hace una inversión total de Q. 11 526,50 y por los 9 años siguientes se tiene un costo de mantenimiento de Q. 324,00. La inversión total para el período de 10 años es de Q. 11 850,50 por sistema o familia.

Considerando que cada familia tiene en promedio 5 integrantes y el tiempo de vida útil promedio del sistema es de 10 años, se invierte Q. 237,01 anuales por persona en los municipios de Jocotán y Camotán.

En los municipios en cuestión cada persona consume en promedio 2,6 metros cúbicos de leña en el área rural y 0,7 metros cúbicos en el área urbana. Tomando en cuenta dicho consumo y el valor promedio del metro cúbico de leña; cada persona gasta Q. 585,00 anuales de leña en el área rural y Q. 157,50 anuales en el área urbana. Es decir que cada familia (de 5 integrantes) gasta en promedio Q. 2 925 y Q. 787,50 respectivamente. En un período de 10 años cada familia gasta Q. 29 250 en el área rural y Q. 7 875,00 (suponiendo que se mantiene el precio promedio de Q. 225,00 por metro cúbico).

Con la implementación de éste proyecto las familias ahorrarán dinero, se reducirá la contaminación por dióxido de carbono, se conservarán los bosques y se evitará la quema de 223 295,17 m³ de leña anuales, por lo que el proyecto desde el punto de vista de desarrollo sostenible es totalmente factible.

6.2. Población beneficiada

Con la implementación de este proyecto se podrían beneficiar 13 533 familias en los municipios Jocotán y Camotán del departamento de Chiquimula. Se podrían reducir en gran parte los índices de desnutrición, enfermedades oculares y pulmonares, tala de árboles y contaminación por dióxido de carbono. Se lograría conservar la flora y fauna, evitando incendios y mejorando a la vez la fertilidad de las tierras.

Usar energía solar es un beneficio para todos, incluso para quienes no la usan, ya que se protege el entorno en que vivimos manteniéndolo libre de contaminación y a la vez, permite economizar dinero a los usuarios.

CONCLUSIONES

1. En la República de Guatemala el 60% de la población consume leña para cocinar, por ende, la demanda potencial del sistema propuesto es de 200 000 familias aproximadamente. Dicho dato es directamente proporcional al crecimiento poblacional en todo el país.
2. Desde el punto de vista económico, utilizar el prototipo de generación solar es una alternativa factible para sustituir el uso de leña para cocinar, ya que cumple con dicha función y con el tiempo les permite ahorrar dinero.
3. Desde una perspectiva social usar energía solar ayuda a las familias a mejorar sus condiciones de vida, evitar enfermedades ocasionadas por el humo de la quema de leña, permite que las familias ahorren dinero para que lo puedan invertir en sus cosechas, educación para sus hijos o mejorar su estilo de vida. Además, incentiva a que otras familias quieran utilizar este tipo de tecnología para favorecer el ambiente que les rodea, creando una conciencia ambiental en cada persona.
4. Ecológicamente, usar energía solar es un beneficio a nivel mundial, ya que actualmente se han desarrollado muchos proyectos y tecnología incentivando la conservación del medio ambiente. El Sol es una fuente inagotable de energía que si se aprovecha soluciona muchos problemas energéticos en cualquier país. Al usar energía solar para cocinar se evita la deforestación y permite conservar la flora y fauna de cada región.

5. Para los municipios de Jocotán y Camotán el proyecto sería de gran beneficio para las familias y para el medio ambiente de ambos municipios, ya que hay problemas graves de desnutrición, sequías y problemas económicos que han afectado al desarrollo integral de las familias que habitan en ambos lugares. Además, permitiría llevar a cabo tareas de reforestación para mejorar las condiciones ambientales y tener tierras más fértiles para las cosechas.

RECOMENDACIONES

1. Es importante tomar en cuenta que el proyecto puede aplicarse en cualquier lugar del país, siempre y cuando cumpla con las características y criterios que se utilizaron para poder determinar su factibilidad.
2. Hacer pruebas con un prototipo en las comunidades en las que se desee implementar el proyecto para darlo a conocer y que las personas se familiaricen con este tipo de energía, haciéndoles ver la importancia que actualmente tiene el uso del mismo y de que forma se benefician.

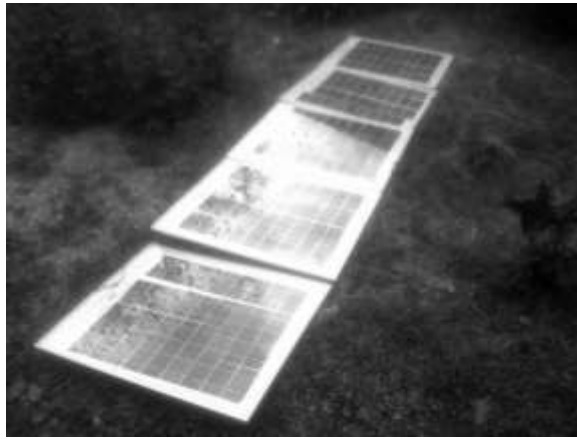
BIBLIOGRAFÍA

1. *Datos del uso de leña en Guatemala y su valor.* [en línea] <<http://ecorinconesdeguatemala.wordpress.com/2009/02/07/datos-del-uso-de-lena-en-guatemala-y-su-valor-consumo-de-lena-y-carbon-en-centro-america/>> [Consulta: 10 de marzo de 2012].
2. *Energía Solar: celdas fotovoltaicas.* [en línea] <<http://www.instalacionenergiasolar.com/energia/celdas-fotovoltaicas.html>> [Consulta: 22 de enero de 2012].
3. GRESWELL, Richard. *El efecto foto eléctrico la celda fotovoltaica: celdas fotovoltaicas.* [en línea] <<http://www.maquinaria.cl/capas.htm>> [Consulta: 22 de enero de 2012].
4. Instituto Nacional de Estadística: *Proyecciones de población por municipios 2008-2020* [en línea] (INE) <www.ine.gob.gt> [Consulta: 28 de enero de 2012].
5. LARRAÑAGA, Marcos Martín. *Oferta y demanda de leña en la República de Guatemala.* Guatemala: Ministerio de Ambiente, 2012. 68 p.
6. *Paneles solares caseros: celdas fotovoltaicas.* [en línea] <<http://panelessolarescaseros.net/?p=35>> [Consulta: 23 de enero de 2012].

7. *Textos científicos: celdas solares.* [en línea]
<<http://www.textoscientificos.com/energia/celulas>> [Consulta: 22 de enero de 2012].

APÉNDICES

Apéndice 1. Paneles solares de 72 W cada uno



Fuente: 3ª. avenida y 5ª. calle, zona 1, municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula

Apéndice 2. Conexión de los componentes del sistema



Fuente: 3ª. avenida y 5ª. calle, zona 1, municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula

Apéndice 3. Controlador de carga del sistema de generación solar



Fuente: 3ª. avenida y 5ª. calle, zona 1, municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula

Apéndice 4. Sistema propuesto en funcionamiento



Fuente: 3ª. avenida y 5ª. calle, zona 1, municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula