



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

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL USO DE ENERGÍA SOLAR, COMO
ALTERNATIVA ENERGÉTICA, EN LA INDUSTRIA GUATEMALTECA**

Edgar Rafael Florián Martínez

Asesorado por el Ing. César Augusto Akú Castillo

Guatemala, septiembre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL USO DE ENERGÍA SOLAR, COMO
ALTERNATIVA ENERGÉTICA, EN LA INDUSTRIA GUATEMALTECA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

EDGAR RAFAEL FLORIÁN MARTINEZ

ASESORADO POR EL ING. CÉSAR AUGUSTO AKÚ CASTILLO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo González Trejo
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADOR	Ing. Aldo Estuardo García Morales
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 PARA EL USO DE ENERGÍA SOLAR, COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA, EN LA INDUSTRIA GUATEMALTECA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 8 de julio de 2014.


Edgar Rafael Florián Martínez

Guatemala, 23 de junio de 2015.

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 PARA EL USO DE ENERGÍA SOLAR, COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA, EN LA INDUSTRIA GUATEMALATECA, elaborado por el estudiante Edgar Rafael Florián Martínez, con carné 2008-15463, 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 consecuencias, por medio de la presente me permito APROBARLO, agregado que lo encuentro completamente satisfactorio.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,


Ing. César Augusto Akú Castillo MSc.
Colegiado No. 4073
ASESOR



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL USO DE ENERGÍA SOLAR, COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA, EN LA INDUSTRIA GUATEMALTECA**, presentado por el estudiante universitario **Edgar Rafael Florián Martínez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Renaldo Girón Alvarado
COLEGIADO 1977

Ing. Renaldo Girón Alvarado
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, agosto de 2015.

/mmp



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 **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL USO DE ENERGÍA SOLAR., COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA, EN LA INDUSTRIA GUATEMALTECA,** presentado por el estudiante universitario **Edgar Rafael Florián Martínez,** 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, septiembre de 2015.

/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 PARA EL USO DE ENERGÍA SOLAR, COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA, EN LA INDUSTRIA GUATEMALTECA**, presentado por el estudiante universitario: **Edgar Rafael Florián Martínez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Angel Roberto Sic Garcia
Decano en funciones



Guatemala, septiembre de 2015

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Ser supremo que me ha guiado en mi vida.
Mis padres	Rafael Florián y Roxana Martinez, por su incondicional amor y sacrificio.
Mi esposa e hijo	Lynn e Isaac Florián, por ser mi motivación para lograr este triunfo.
Toda mi familia	Por estar ahí siempre y darme ánimos para poder cumplir esta meta.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser mi alma máter; porque me brindó conocimiento y enseñanzas.

Facultad de Ingeniería

Por haberme formado como un profesional de la ingeniería.

Mi asesor

Ing. César Augusto Akú Castillo, por su asesoramiento y apoyo.

**Mis amigos de la
Facultad de Ingeniería**

José Rivas, Ottoniel Palomo, Mauricio Chinchilla, Gerardo Páez, Luis Fernando, Lester Aguilar, Abraham Cilea y demás amigos, por compartir gratas experiencias durante nuestro recorrido como estudiantes.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
1. ESTUDIO DE MERCADO	1
1.1. Características del producto	1
1.2. Segmentación del mercado	6
1.3. Oferta.....	7
1.4. Demanda.....	8
1.5. Proyección de la oferta de la demanda	12
2. ESTUDIO TÉCNICO DE INGENIERÍA.....	15
2.1. Antecedentes.....	15
2.2. Descripción técnica del producto.....	20
2.2.1. Características.....	21
2.2.2. Dimensiones	24
2.2.3. Especificaciones técnicas	29
2.2.4. Vida útil.....	37
2.3. Diseño del sistema	37
3. ESTUDIO ADMINISTRATIVO LEGAL.....	41
3.1. Sistemas Solares S. A.	41

3.1.1.	Ubicación.....	41
3.1.2.	Visión.....	42
3.1.3.	Misión.....	42
3.1.4.	Valores.....	43
3.1.5.	Estructura organizacional.....	43
3.2.	Acuerdo gubernativo: Ley de Energía Renovable.....	49
4.	ESTUDIO AMBIENTAL.....	51
4.1.	Impacto en la industria.....	51
4.2.	Reducción de combustibles fósiles.....	59
4.3.	Beneficios del uso de energía solar.....	63
5.	ESTUDIO ECONÓMICO.....	65
5.1.	Costos fijos.....	66
5.2.	Costos variables.....	67
6.	ESTUDIO FINANCIERO.....	69
6.1.	Inversión.....	69
6.2.	Tasa interna de retorno.....	71
6.3.	Valor actual neto.....	76
	CONCLUSIONES.....	95
	RECOMENDACIONES.....	97
	BIBLIOGRAFÍA.....	99
	ANEXOS.....	101

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Panel fotovoltaico.....	2
2.	Estructura metálica.....	2
3.	Inversor atado a red.....	3
4.	Cable PV1-F.....	3
5.	Contador bidireccional.....	4
6.	Niveles de insolación para Guatemala.....	6
7.	Celda fotovoltaica.....	17
8.	Célula solar.....	17
9.	Célula fotovoltaica.....	18
10.	Transformación de energía solar a eléctrica.....	19
11.	Panel fotovoltaico policristalino.....	22
12.	Funcionamiento de inversor.....	23
13.	Inversor <i>Gried Tie</i> (atado a red).....	24
14.	Panel fotovoltaico.....	25
15.	Inversor 1,5 kW.....	26
16.	Inversor atado a red 5 kW.....	26
17.	Inversor atado a red de 10 kW.....	27
18.	Inversor 20 kW.....	27
19.	Inversor atado a red 100 kW.....	28
20.	Inversor atado a red de 500 kW.....	28
21.	Sistema de 50 kW.....	39
22.	Sistema de 300 kW.....	40
23.	Ubicación Sistemas Solares S. A.....	42

24.	Organigrama Sistemas Solares S. A.	48
25.	Formulario evaluación ambiental inicial MARN.....	53
26.	Nueva generación incorporada al mercado nacional.	59
27.	Producción de energía del Sistema Nacional Interconectado.....	60
28.	Producción de energía mayo a octubre.	61
29.	Producción de energía noviembre y diciembre.	61
30.	Participación en la producción de energía del SIN por tipo de combustible en el año 2013.	62
31.	Diagrama de flujo de caja, opción 1	78
32.	Diagrama de flujo de caja, opción 2.....	80
33.	Diagrama de flujo de caja, opción 3.....	82
34.	Diagrama de flujo de caja, opción 4.....	85
35.	Diagrama de flujo de caja, opción 5.....	87
36.	Diagrama de flujo de caja, opción 6.....	89
37.	Diagrama de flujo de caja, opción 7.....	92

TABLAS

I.	Número de empresas por departamento y actividad.	9
II.	Estimación y proyección de la demanda.....	11
III.	Cálculo proyección de la demanda	11
IV.	Proyección de la demanda	12
V.	Demanda insatisfecha <i>versus</i> satisfecha.....	13
VI.	Especificaciones técnicas.	29
VII.	Pruebas y certificaciones de paneles fotovoltaicos.....	30
VIII.	Especificaciones inversor 1,5 kW.	30
IX.	Especificaciones inversor 5 kW.	32
X.	Especificaciones inversor de 10 kW.	33
XI.	Especificaciones inversor de 20 kW.	34

XII.	Especificaciones inversor de 100 kW.....	35
XIII.	Especificaciones Inversor de 500 kW.....	36
XIV.	Sistemas <i>Gried Tie</i>	37
XV.	Niveles de insolación por mes.....	39
XVI.	Producción de energía por tipo de combustible, año 2013.	63
XVII.	Costo por sistema ya instalado	66
XVIII.	Costos variables.....	67
XIX.	Escenarios financieros	69
XX.	Inversión.....	70
XXI.	Tasa interna de retorno.	75
XXII.	Valor actual neto.....	76
XXIII.	Flujo efectivo, opción 1.....	78
XXIV.	Flujo efectivo, opción 2.....	81
XXV.	Flujo efectivo, opción 3.....	83
XXVI.	Flujo efectivo, opción 4.....	85
XXVII.	Flujo efectivo, opción 5.....	88
XXVIII.	Flujo efectivo, opción 6.....	90
XXIX.	Flujo efectivo, opción 7.....	92
XXX.	Resumen de valor actual neto.....	94

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperio
Pv1-F	Cable solar
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional
AC	Corriente alterna
CC	Corriente continua
DC	Corriente directa
CO₂	Dióxido de carbono
GWH	Giga watts hora
Hz	Hertz
Kg	Kilogramos
KW	Kilowatts
KWh	Kilowatt hora
m²	Metro cuadrado
MW	Megawatts
mm	Milímetro
mm²	Milímetro cuadrado
NO_x	Óxido de nitrógeno
%	Porcentaje
MPPT	Punto de máxima eficiencia energética
Q	Quetzal
UV	Ultra violeta
V	Voltio
VDC	Voltios de corriente continúa

W

Watt

W/m²

Watts por metro cuadrado

GLOSARIO

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.
Dióxido de carbono	Es un gas incoloro, denso y poco reactivo. Forma parte de la composición de la tropósfera, capa de la atmósfera más próxima a la Tierra.
Fotovoltaico	Material o dispositivo que convierte la energía luminosa en electricidad.
Fuentes fósiles	Son fuentes de energía que han estado presentes en la Tierra desde hace millones de años. Se formaron a partir del proceso natural de descomposición anaeróbica de organismos muertos y enterrados.
Hidroeléctrica	Energía eléctrica obtenida por fuerza hidráulica o relativa a ella.
Instalación fotovoltaica	Es aquella instalación que posee módulos fotovoltaicos para poder convertir la energía solar en energía eléctrica.

Insolación	Es la cantidad de energía en forma de radiación solar que llega a un lugar de la Tierra en un día concreto (insolación diurna) o en un año (insolación anual).
Radiación	Propagación de energía en forma de ondas.
Transformador	Dispositivo que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la frecuencia.
Voltaje	Magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos.

RESUMEN

En los últimos años el precio de la electricidad en Guatemala ha experimentado muchos cambios, afectando los costos de producción de la industria guatemalteca que en algún momento incide negativamente en la competitividad a nivel global.

Este estudio tiene como finalidad analizar y crear un marco de referencia para el uso de energía solar en la industria guatemalteca, el cual demostrará los beneficios de la utilización de este tipo de energía.

El compromiso y la protección ambiental global incentiva a la necesidad de reducir las emisiones contaminantes de la quema de combustibles fósiles. En Guatemala una de las fuentes renovables que se ha utilizado para generar energía es la energía de los ríos (hidráulica), transformándola en energía eléctrica; debido a los avances tecnológicos ahora es posible que la radiación solar sea útil para generar energía eléctrica. Por lo tanto se ha logrado en Guatemala impulsar el uso de la energía solar para generar energía eléctrica logrando así la creación de la primera planta en el departamento de Zacapa, con una capacidad de cinco megavatios de energía convirtiéndola en la planta solar de mayor tamaño en la región centroamericana.

Por esta razón surgió la idea de efectuar el presente estudio, realizándolo en siete escenarios de diferente consumo, siendo el primero de doscientos kilowatts hora mensual, el segundo de setecientos treinta y cuatro, el tercero con mil cuatrocientos sesenta y nueve, el cuarto con siete mil cuatrocientos cuarenta y uno, el quinto de catorce mil ochocientos ochenta y dos, el sexto con

setenta y cuatro mil cuatrocientos catorce y el séptimo con ciento cuarenta y ocho mil ochocientos veintiocho kilowatts hora mensual. Se evaluaron financieramente para poder determinar su valor actual neto, la tasa interna de retorno y el tiempo de recuperación de la inversión inicial para cada uno de los escenarios descritos.

OBJETIVOS

General

Determinar la factibilidad para el uso de energía solar, como alternativa energética, en la industria guatemalteca.

Específicos

1. Identificar el equipo necesario para hacer uso de la energía solar en la industria guatemalteca.
2. Establecer los beneficios ambientales, a través de un estudio ambiental.
3. Definir los costos del equipo para implementar el uso de energía solar.
4. Definir la demanda de los paneles fotovoltaicos en la industria guatemalteca.
5. Identificar los costos asociados a la instalación del equipo fotovoltaico.
6. Describir la aplicación de la ley de energía renovable en Guatemala y sus efectos en todo el sistema.

INTRODUCCIÓN

El sol es la estrella más cercana a la Tierra y el mayor elemento del sistema solar. Las estrellas son los únicos cuerpos del universo que emiten luz. El sol es también la principal fuente de energía que se manifiesta, sobre todo, en forma de luz y calor.

El desarrollo tecnológico en las últimas décadas ha permitido que se pueda utilizar la energía solar en forma controlada para cualquier propósito; se han desarrollado sistemas de transformación, almacenamiento y distribución en el mercado.

La energía que produce el sol es energía renovable, por lo cual no contamina ni genera desechos de CO₂ (dióxido de carbono); existen diversas maneras de almacenamiento y esto permite poder utilizarla desde pequeños hogares hasta grandes industrias o también teniendo una interconexión con redes nacionales de energía eléctrica.

La energía eléctrica es fundamental para la existencia de toda actividad industrial, ya que esta es la que mueve parte de toda la maquinaria; la demanda que existe actualmente en el mercado guatemalteco está en constante crecimiento, por lo cual es muy importante buscar nuevas fuentes de energía que sean amigables con el ambiente. Por lo cual en esta investigación se estudiará la factibilidad del uso de energía solar en la industria guatemalteca, diseñando un sistema de utilización de la misma por medio de paneles solares, realizando los estudios pertinentes como los estudios de mercado, estudio técnico o de ingeniería, administrativo-legal, ambiental, económico y financiero.

1. ESTUDIO DE MERCADO

1.1. Características del producto

Aplicar la energía solar es una elección para generar energía eléctrica de una forma más limpia y así reducir el impacto que se está generando con los actuales métodos para la adquisición de energía eléctrica.

Para la obtención de energía eléctrica se utilizará un conjunto de paneles solares fotovoltaicos, los cuales se instalarán en el techo o área, a conveniencia del propietario de la industria donde se realizará la instalación.

Adicional a los paneles se instalarán inversores de corriente atados a red (*Gried Tie*); el número y la potencia de los inversores a instalar dependerá de la cantidad de paneles solares fotovoltaicos.

Los componentes con los que contará el sistema a instalar son:

- Paneles solares fotovoltaicos son los elementos que aprovechan la energía de la radiación solar, formados por celdas que convierten la luz en electricidad.

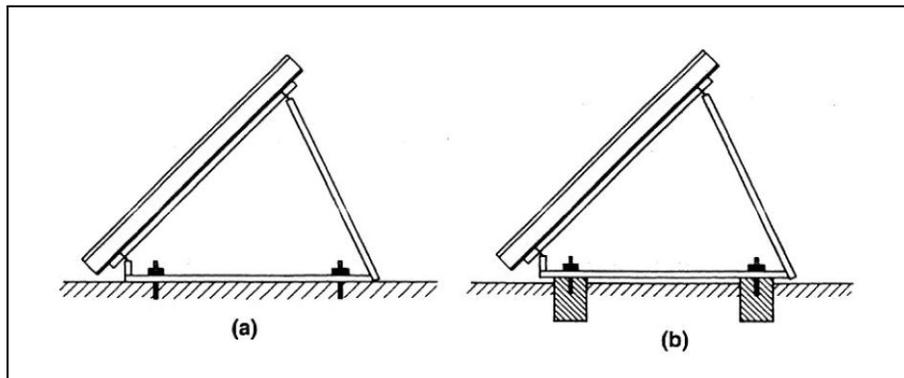
Figura 1. **Panel fotovoltaico**



Fuente: Sistemas Solares S. A.

- Estructura metálica para anclar los paneles generalmente de aluminio con tornillos de acero inoxidable para asegurar los paneles.

Figura 2. **Estructura metálica**



Fuente: elaboración propia.

- Inversores atados a red (*Gried Tie*): elementos eléctricos que permiten a los usuarios que interconectar las instalaciones con la red de servicios públicos.

Figura 3. **Inversor atado a red**



Fuente: Sistemas Solares S. A.

- Cable tipo PV1-F de 4 mm² de cobre estañado para realizar las conexiones entre paneles e inversores.

Figura 4. **Cable PV1-F**



Fuente: Sistemas Solares S. A.

- Contador bidireccional elemento que permite ir la energía eléctrica en ambos sentidos.

Figura 5. **Contador bidireccional**



Fuente: Sistemas Solares S. A.

El mercado objetivo para el uso de paneles solares que produzcan energía eléctrica es cada industria guatemalteca, ya que con la implementación de este tipo equipo se busca reducir los altos gastos por el uso de energía eléctrica. El equipo funciona básicamente de la siguiente manera: durante el día, cuando hay radiación solar, los paneles perciben esta radiación y la convierten en energía eléctrica; esta es transportada de los paneles por medio de los cables a los inversores atados a red.

Los inversores se encargan de convertir la energía eléctrica DC (corriente directa) producida por los paneles a energía eléctrica AC (corriente alterna) y así finalmente se introduce a la red eléctrica nacional.

Al utilizar esta tecnología las industrias guatemaltecas ayudan a la conservación del medio ambiente reduciendo las emisiones de CO₂ (dióxido de carbono) que en algunos lugares utilizan combustibles fósiles para la producción de energía eléctrica.

El estudio de factibilidad que se va a realizar está enfocado para ver lo rentable que es el uso de la energía solar, además de sus ventajas.

El diseño del equipo ha sido creado con el propósito de tener otra fuente de energía eléctrica, utilizando energía renovable. Actualmente existen tres tipos de sistemas solares que se encuentran en el mercado: sistema aislado, atado a red e híbrido.

El sistema que se estará trabajando es el atado a red, y si es necesario en alguna industria el sistema híbrido, que consiste en este mismo sistema, con la diferencia que a este se le agregan acumuladores para guardar la energía eléctrica, la cual podrá usarse cuando no hay energía en la red nacional.

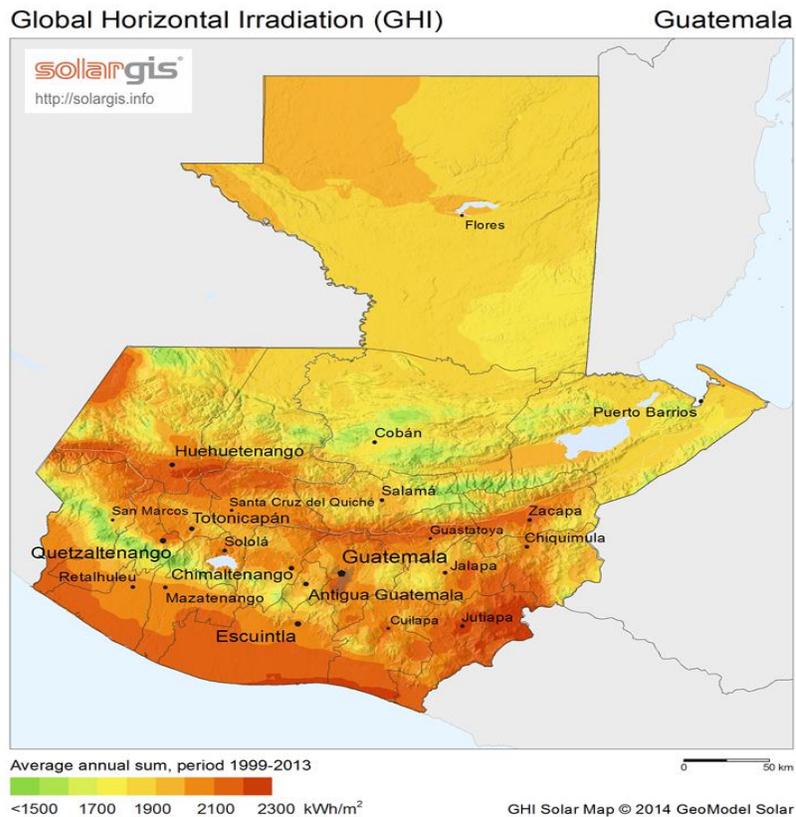
La instalación del sistema solar es simple debido a que la mayoría de los componentes son autoinstalables y únicamente deben realizarse tareas de ensamblaje y en algunos casos soldadura.

El área ideal para la instalación de los paneles fotovoltaicos es generalmente el techo de la industria donde se instalará, ya que es un área donde generalmente los paneles fotovoltaicos recibirán al máximo la radiación del sol. Asimismo se instalará el inversor o los inversores en un área cercana a los paneles a la caja de flipones de la industria.

1.2. Segmentación del mercado

El mercado potencial está constituido por todas las industrias manufactureras existentes en el territorio guatemalteco, que requieran este tipo de alternativa para la generación de energía en sus industrias; estas pueden ser pequeñas, medianas y grandes. La ubicación geográfica de Guatemala permite el uso de este tipo de energía. En la gráfica 6 se muestran los niveles de insolación para Guatemala, donde se indica que Guatemala posee niveles de generación de 2,300 kWh/m².

Figura 6. Niveles de insolación para Guatemala



Fuente: Irradiación global horizontal. <http://guatemala-solar.com/>.

Consulta: julio de 2015.

1.3. Oferta

A la fecha, hay una oferta muy amplia en relación con el uso de energía solar fotovoltaica alrededor del mundo. El avance en los medios de comunicación y el internet ha ido de la mano con estos productos, ya que cualquier persona los puede adquirir en cualquier parte del mundo.

En el mercado guatemalteco existen varias compañías que se dedican a la comercialización de productos como paneles fotovoltaicos, inversores de corriente y otros, para la producción de energía eléctrica por medio de un sistema solar.

Los costos y las marcas varían según sea la empresa donde se esté cotizando el producto; asimismo el diseño del sistema y las partes que lo componen dependerán también de la empresa que lo esté diseñando. Las empresas que se dedican a la comercialización de paneles fotovoltaicos en Guatemala son:

- Sistemas Solares S. A. (www.solar.gt/i/)
- SolarGuat (www.solarguat.com/)
- GUATEMALA SOLAR (<http://guatemala-solar.com/>)
- ENERSOL (www.enersolgt.com)
- Soluciones energéticas(www.soluciones-energeticas.com)
- Advanced Energy (www.ae-energiasolar.com)
- EOS Power (www.eos-power.com)
- SWE-CA S.A (www.sweca.com/paneles.php)
- Lumus (www.lumus.biz)

1.4. Demanda

La demanda potencial son las industrias y comercios guatemaltecos que deseen reducir los gastos en consumo de energía eléctrica, utilizando un sistema de paneles fotovoltaicos.

En Guatemala actualmente existen 219,675 empresas, según el Instituto Nacional de Estadística, de las cuales es 55 % se dedica a la actividad de comercio al por mayor y menor; le siguen la industria manufacturera, los hoteles y restaurantes con el 19 % y 9 %, respectivamente. Además, se puede observar que la mayor concentración de empresas está en el departamento de Guatemala, con un total de 95,128.

En la tabla I se muestra el total de industrias manufactureras en toda Guatemala, siendo este de 41,298 industrias, que constituyen la demanda a cubrir.

Tabla I. **Número de empresas por departamento y actividad**

CUADRO 3. NÚMERO DE EMPRESAS Y LOCALES EN ACTIVIDAD POR DEPARTAMENTO Y RAMA DE ACTIVIDAD *																
DEPARTAMENTO	TOTALES	ESTRUC-TURA (%)	RAMA DE ACTIVIDAD													
			Agricul-tura	Pesca	Minas y Canteras	Industria Manufac-turera	Electri-cidad, gas y agua	Cons-trucción	Comercio por mayor y menor	Hoteles y Restau-rantes	Transporte, almace-namiento y comuni-caciones	Interme-diación financiera	Actividades Immo-biliarias	Ense-ñanza	Servicios sociales y de salud	Servicios comunitarios y sociales
TOTALES	219,675	100	934	18	95	41,298	163	1,530	119,525	20,037	5,526	1,224	9,746	3,723	7,158	8,698
ESTRUCTURA (%)		100	0.4	0	0	18.8	0.1	0.7	54.4	9.1	2.5	0.6	4.4	1.7	3.3	4
GUATEMALA	95,128	43.3	366	5	35	17,910	88	1,024	49,557	7,223	2,569	583	5,766	1,833	3,904	4,265
EL PROGRESO	1,469	0.7	10	-	5	196	2	3	914	148	27	11	40	17	39	57
SACATEPÉQUEZ	7,448	3.4	53	-	-	1,316	5	28	4,330	672	213	16	188	161	186	280
CHIMALTENANGO	7,448	3.4	39	-	-	1,308	4	29	4,659	540	137	32	207	122	153	218
ESCUINTLA	12,666	5.8	120	10	6	2,748	10	59	6,680	1,549	220	33	385	135	293	418
SANTA ROSA	4,653	2.1	29	-	2	1,303	5	6	2,317	519	58	23	103	33	117	138
SOLOLÁ	2,593	1.2	3	-	-	372	3	4	1,530	350	60	16	72	44	38	101
TOTONICAPÁN	2,266	1	1	-	-	353	3	7	1,335	185	65	16	81	45	68	107
QUETZALTENANGO	17,179	7.8	53	-	30	3,435	4	133	9,270	1,405	318	86	802	323	622	698
SUCHITEPÉQUEZ	8,192	3.7	40	-	1	2,242	7	27	4,066	793	138	28	257	100	234	259
RETALHULEU	5,901	2.7	7	3	1	1,603	1	16	2,918	598	163	14	165	71	157	184
SAN MARCOS	7,762	3.5	9	-	1	1,346	6	42	4,063	995	309	60	289	110	193	339

Continuación de la tabla I.

CUADRO 3. NÚMERO DE EMPRESAS Y LOCALES EN ACTIVIDAD POR DEPARTAMENTO Y RAMA DE ACTIVIDAD *																
DEPARTAMENTO	TOTALES	ESTRUC-TURA (%)	RAMA DE ACTIVIDAD													
			Agricul-tura	Pesca	Minas y Canteras	Industria Manufacturera	Electri-cidad, gas y agua	Cons-trucción	Comercio por mayor y menor	Hoteles y Restau-rantes	Transporte, almacena-miento y comuni-caciones	Interme-diación financiera	Actividades Inmo-biliarias	Ense-ñanza	Servicios sociales y de salud	Servicios comunitarios y sociales
TOTALES	219,675	100	934	18	95	41,298	163	1,530	119,525	20,037	5,526	1,224	9,746	3,723	7,158	8,698
ESTRUCTURA (%)		100	0.4	0	0	18.8	0.1	0.7	54.4	9.1	2.5	0.6	4.4	1.7	3.3	4
HUEHUETENANGO	6,190	2.8	4	-	-	832	3	29	3,680	608	188	55	268	106	169	248
EL QUICHÉ	3,104	1.4	2	-	1	406	3	9	1,960	298	74	22	100	44	66	119
BAJA VERAPAZ	2,133	1	20	-	-	357	2	4	1,303	205	40	13	45	37	39	68
ALTA VERAPAZ	6,713	3.1	41	-	2	1,148	3	27	4,106	547	159	35	203	91	164	187
PETÉN	5,380	2.4	8	-	4	725	3	19	3,231	722	174	28	129	87	92	158
IZABAL	5,100	2.3	11	-	2	612	3	6	2,974	700	168	36	186	78	124	200
ZACAPA	3,070	1.4	20	-	1	417	1	11	1,795	333	70	28	88	54	125	127
CHIQUMULA	5,185	2.4	16	-	4	692	3	9	3,124	644	134	34	127	76	138	184
JALAPA	4,706	2.1	69	-	-	1,101	2	24	2,595	397	85	18	106	63	104	142
JUTIAPA	5,389	2.5	13	-	-	876	2	14	3,118	606	157	37	139	93	133	201

* Excluye locales censados en los mercados y los puestos callejeros, así como locales de entidades gubernamentales.
Banco de Guatemala - Instituto Nacional de Estadística

Fuente: Instituto Nacional de Estadística.

Tabla II. **Estimación y proyección de la demanda**

Año	Industrias
2010	40,579
2011	40,700
2012	40,882
2013	41,130
2014	41,292

Fuente: elaboración propia.

Para los cálculos de proyección de la demanda por medio de regresión lineal se utiliza la fórmula $y = a + b x$. Para encontrar “a”:

$$a = \bar{y} - b \bar{x}$$

Para encontrar “b”:

$$b = (\sum x y - n (\bar{y}) (\bar{x})) / (\sum x^2 - n (\bar{x})^2)$$

Tabla III. **Cálculo proyección de la demanda**

X	Y	X ²	XY
1	40,579	1	40,579
2	40,700	4	81,400
3	40,882	9	122,646
4	41,130	16	165,520
5	41,292	25	206,640
$\Sigma 15$	$\Sigma 204,583$	$\Sigma 55$	$\Sigma 615,605$

Fuente: elaboración propia.

Cálculos de proyección de la demanda

$$b = (615,605 - 5 (40,916.6) (3)) / (55 - 5 (3)^2)$$

$$b = 186$$

$$a = \bar{y} - b \bar{x}$$

$$a = 40,359$$

Tabla IV. **Proyección de la demanda**

Año	Industrias
2015	41,475
2016	41,661
2017	41,847
2018	42,033
2019	42,219
2020	42,405

Fuente: elaboración propia.

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

La demanda del sistema está regida por la cantidad de industrias que utilizan energía eléctrica. 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. Se pretende cubrir el 10 % anual de la demanda existente de industrias.

Tabla V. **Demanda insatisfecha versus satisfecha**

Año	Industrias	Industrias por satisfacer	Demanda satisfecha anual
2014	41,294	41,294	4,129
2015	41,475	37,346	3,735
2016	41,661	33,797	3,380
2017	41,847	30,603	3,060
2018	42,033	27,729	2,773
2019	42,219	25,142	2,514
2020	42,405	22,814	2,281

Fuente: elaboración propia.

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 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.¹

Existen dos formas por las cuales se pueden 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.²

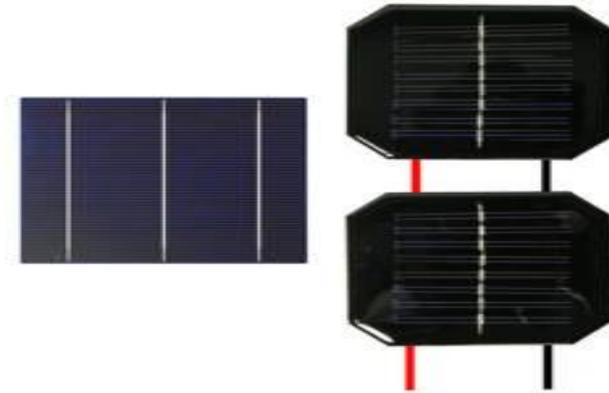
^{1, 2} LÓPEZ, Gustavo Adolfo. *Estudio de Factibilidad acerca del uso de estufa solar con panel fotovoltaico*. USAC. Facultad de Ingeniería, 2012.

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” (López, 2012).

La energía solar fotovoltaica como tal, tiene su origen en estudios e investigaciones sobre el efecto fotoeléctrico. Se dice que este 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” (López, 2012).

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” (López, 2012).

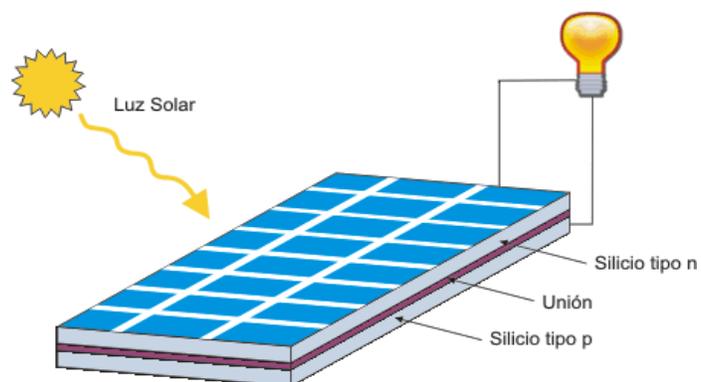
Figura 7. **Celda fotovoltaica**



Fuente: Sistemas Solares S. A.

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” (López, 2012).

Figura 8. **Célula solar**



Fuente: *Textos científicos*. <http://www.textoscientificos.com/energia/celulas>

Consulta: julio de 2015.

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, entre otras. 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” (López, 2012).

Figura 9. **Célula fotovoltaica**

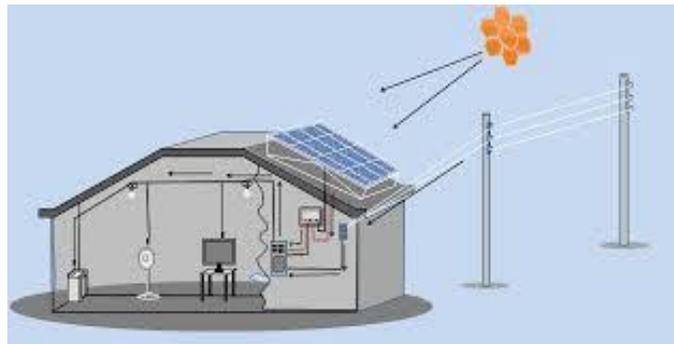


Fuente: *Energía fotovoltaica*. <https://ecodatahousing.wordpress.com/2011/07/21/grupo-b-energia-fotovoltaica-ecodatahousing-organstructures/>. Consulta: julio 2015.

Los módulos fotovoltaicos realizan la captación de la energía procedente del Sol, para luego transformarla directamente en energía eléctrica en forma de corriente continua. Estos se instalan normalmente en los techos de las industrias o en campo abierto, ya que requieren zonas sin sombra y deben estar orientados al sol de mediodía (generalmente con una inclinación de entre 15° y 25°).

“Este tipo de paneles está formado por una cantidad determinada de celdas o células fotovoltaicas cuya cantidad depende del voltaje requerido para el consumo” (López, 2012).

Figura 10. **Transformación de energía solar a eléctrica**



Fuente: *Energía viva*. <https://sites.google.com/site/energiasolarr12/func-central>. Consulta: julio 2015.

Este tipo de aprovechamiento de la energía solar ha venido a resolver los problemas energéticos en varios países y ha favorecido su economía. Como consecuencia de todo esto han surgido muchos dispositivos para el aprovechamiento de la radiación solar, como es el caso de 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

Esta ley vino a llenar el vacío que anteriormente está 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 metro cuadrado al día, medido en forma horizontal.

2.2. Descripción técnica del producto

Los productos que se estarán describiendo serán los paneles fotovoltaicos e inversores atados a red. Los paneles que se estarán utilizando son de 250 watts. Asimismo los inversores van desde 1,5 kW hasta 500 kW.

2.2.1. Características

Los paneles fotovoltaicos están formados por numerosas celdas que convierten la luz en electricidad. Las celdas a veces son llamadas células fotovoltaicas, del griego "fotos", luz. Estas celdas dependen del efecto fotovoltaico por el que la energía lumínica produce cargas positiva y negativa en dos semiconductores próximos de diferente tipo, produciendo así un campo eléctrico capaz de generar una corriente.

El silicio cristalino y arseniuro de galio constituyen la elección típica de materiales para celdas solares. Los cristales de arseniuro de galio son creados especialmente para uso fotovoltaico, mientras que los de silicio están disponibles en lingotes estándar más baratos producidos principalmente para el consumo de la industria microelectrónica. El silicio policristalino tiene una menor eficacia de conversión, pero también menor costo.

Cuando es expuesto a luz solar directa, una celda de silicio de 6 cm de diámetro puede producir una corriente de alrededor 0,5 amperios a 0,5 voltios (equivalente a un promedio de 90 W/m², en un rango de usualmente de 50 -150 W/m², dependiendo del brillo solar y la eficacia de la celda). El arseniuro de galio es más eficaz que el silicio, pero también más costoso.

Las células de silicio más comúnmente empleadas en los paneles fotovoltaicos se pueden dividir en tres subcategorías:

- Las células de silicio monocristalino están constituidas por un único cristal de silicio. Este tipo de células presenta un color azul oscuro uniforme.

- Las células de silicio policristalino (también llamado multicristalino) están constituidas por un conjunto de cristales de silicio, lo que explica que su rendimiento sea algo inferior al de las células monocristalinas. Se caracterizan por un color azul más intenso.
- Las células de silicio amorfo son menos eficientes que las células de silicio cristalino, pero también menos costosas. Este tipo de células es, por ejemplo, el que se emplea en aplicaciones solares como relojes o calculadoras.

Figura 11. **Panel fotovoltaico policristalino**

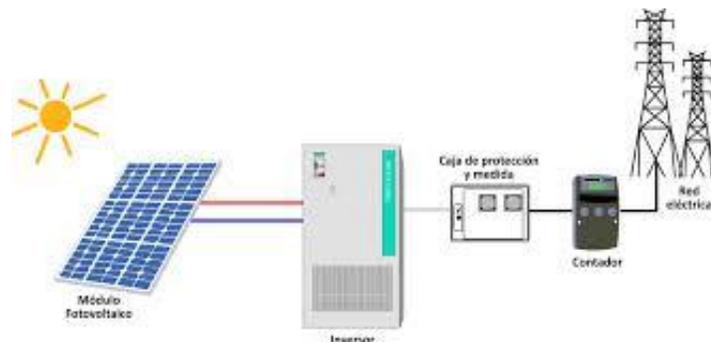


Fuente: Sistemas Solares, S. A.

Los inversores *Gried Tie* (inversores atados a red) son dispositivos eléctricos que permiten a los usuarios de la energía solar interconectar sus instalaciones con la red de servicios públicos. Así, el excedente de energía producida por sistemas alternativos puede alimentar otros consumidores de la red de suministro eléctrico. Este sistema es muy común en los países donde los productores de energía alternativa venden excedentes de utilidad (durante el día, por ejemplo) y permiten recomprar cuando aumenta el consumo (por ejemplo, por la noche).

El inversor funciona mediante la conversión de la tensión y la corriente eléctrica que reciben los paneles solares (u otra fuente de alimentación de CC); en la figura 14 se describe este proceso.

Figura 12. **Funcionamiento de inversor**



Fuente: *Energía solar*. <https://sites.google.com/site/energiasolarr12/func-central>.

Consulta: julio de 2015.

La principal diferencia entre un inversor estándar y el inversor de conexión a red es que este último es capaz de interconectarse con la red de servicios públicos, debido a su capacidad para sincronizar su frecuencia (60 Hz en Guatemala), y su voltaje de salida con la red a la que desea conectarse.

Los inversores de conexión a red también son capaces de desconectarse de la red de servicios públicos que este último no está proporcionando (por ejemplo, un apagón o *blackout*).

Figura 13. **Inversor *Gried Tie* (atado a red)**

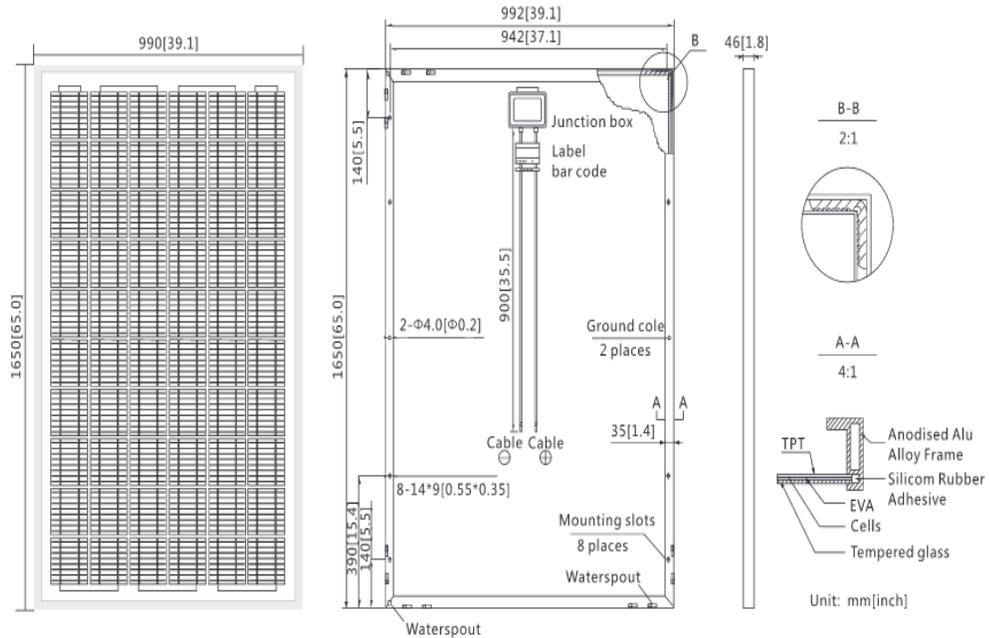


Fuente: Sistemas Solares S. A.

2.2.2. Dimensiones

La dimensión de los paneles fotovoltaicos que se estará utilizando se muestra en la figura 3.

Figura 14. Panel fotovoltaico



Fuente: Sistemas Solares S. A.

Las dimensiones de los paneles fotovoltaicos son de 1 650 mm de largo por 990 mm de ancho y 40 mm de grosor, respectivamente.

El tamaño de los inversores atados a la red dependerá de la capacidad que se instalará en la industria, factor que determinara sus dimensiones.

- Las dimensiones del inversor de 1,5 kilowatts sonde 330 x 350 x 125 mm (altura x ancho x profundidad).

Figura 15. **Inversor 1.5 kW**



Fuente: Sistemas Solares S. A.

- Las dimensiones del inversor de 5 kilowatts son de 516 x192 x 474 mm (altura x ancho x profundidad).

Figura 16. **Inversor atado a red 5 kW**



Fuente: Sistemas Solares S. A.

- Las dimensiones del inversor de 10 kilowatts sus dimensiones son de 516 x 650 x 203 mm (altura x ancho x profundidad).

Figura 17. **Inversor atado a red de 10 kW**



Fuente: Sistemas Solares S. A.

- Las dimensiones del inversor de 20 kilowatts son de 516 x 650 x 203 mm (altura x ancho x profundidad).

Figura 18. **Inversor 20 kW**



Fuente: Sistemas Solares S. A.

- Las dimensiones del inversor de 100 kilowatts son de (altura x ancho x profundidad) 1 010 x 2 005 x 800 mm.

Figura 19. **Inversor atado a red 100 kW**



Fuente: Sistemas Solares S. A.

- Las dimensiones del inversor de 500 kilowatts son de (altura x ancho x profundidad) 2 610 x 2 165 x 800 mm.

Figura 20. **Inversor atado a red de 500 kW**



Fuente: Sistemas Solares S. A.

2.2.3. Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas, pruebas y certificaciones con las que cuentan los paneles fotovoltaicos se describen a continuación.

Tabla VI. Especificaciones técnicas

Modelo (Type of Solar Module)	PLM-005P/12	PLM-010P/12	PLM-020P/12	PLM-025P/12	PLM-055P/12	PLM-100P/12	PLM-120P/12	PLM-150P/12	PLM-250P-60	PLM-300P-72
Dimensiones (mm) Length×Width×Thickness	290×190×2	290×350×2	487×350	428×513×2	641×676×3	1127×676	1370×676	1482×676*	1650×992*	1966×992
Capacidad	5W	10W	20W	25W	55W	100W	120W	150W	250W	300W
Tolerancia	Tolerancia 3% positivo									
VOC (V)	22,00	22,00	22,30	22,10	22,10	22,00	21,90	22,55	37,58	45,10
ISC (A)	0,31	0,62	1,19	1,54	3,39	6,21	7,56	8,49	8,49	8,49
Vmp (V)	17,40	17,50	18,30	17,90	17,90	17,70	17,50	19,04	31,73	38,08
Imp (A)	0,29	0,57	1,09	1,40	3,07	5,65	6,86	7,88	7,88	7,88
Voltaje maximo de sistema	715 VDC	715 VDC	715 VDC	715 VDC	715 VDC	715 VDC	715 VDC	715 VDC	1000 VDC	1000 VDC
Tipo	Policristalino celdas solares de silicio									
No. De celdas	36	36	36	36	36	36	36	36	60	72
Configuraci on	2×18	2×18	2×18	3×12	4×9	4×9	4×9	4×9	6×10	6×12
Dimensiones de celdas (Each one pcs)	78×12mm	156×12mm	Perligh t Standar d	156×28.8 mm	156×63.7 mm	156×117 mm	156×143 mm	156×156m m	156×156m m	156×156 mm
Eficiencia	Perlight Standard									
Peso de panel	0.8 KG	1.4 KG	2.1 KG	2.7 KG	5.5 KG	9.5 KG	10.4 KG	11.5 KG	18.5 KG	23.1 KG
No. De agujeros para montaje	4	4	4	4	4	8	8	8	8	8
No. De desagues	None	None	None	None	16	16	16	16	16	16
vidrio	3.2mm tempered glass									

Fuente: Sistemas Solares S. A.

Tabla VII. **Pruebas y certificaciones de paneles fotovoltaicos**

PRUEBAS Y CERTIFICACIONES	
Pruebas estándar	IEC 61215, IEC 61730, UL1703
Pruebas de calidad	ISO 9001:2008, ISO 14001:2004
Conformidad con EHS	RoHS, OHSAS 18001:2007, sin plomo, PV Cycle
Prueba de amoníaco	IEC 62716
Prueba de niebla salina	IEC 61701 (máximo nivel superado)
Prueba PID	Sin degradación inducida potencial: 1000 V ¹⁰
Certificaciones	TUV, MCS, UL, JET, KEMCO, CSA, CEC, FSEC

Fuente: Sistemas Solares S.A.

Especificaciones técnicas de los inversores de corriente:

Tabla VIII. **Especificaciones inversor 1.5 kW**

DC entrada	<i>Max.PV-generator power[W]</i>	1800
	<i>Max.DC voltage[V]</i>	450
	<i>MPPT voltage range[V]</i>	125~450
	<i>Turn on DC voltage[V]</i>	125
	<i>Max.DC work current[A]</i>	12
	<i>Number of inputs/MPP trackers</i>	01/01
	<i>DC connection</i>	<i>MC IV Conector</i>
	<i>Self-energy consumption[W]</i>	<5

Continuación de la tabla VIII.

AC Salida	<i>Nominal AC power[W]</i>	1500
	<i>Max.AC power[W]</i>	1650
	<i>Max.output current[A]</i>	8
	<i>Nominal output voltaje rango</i>	<i>According to VDE 0126-1-1/AI, RD1663, ENEL, G83,G59,SAA</i>
	<i>AC grid frecuencia</i>	<i>According to VDE 0126-1-1/AI, RD1663, ENEL, G83,G59,SAA</i>
	THDi	<1 %
	Power factor	~1 (<i>Nominal power</i>)
	AC connection	<i>Single phase</i>
Eficiencia	Max. efficiency	97,00 %
	Europea eficiencia	96,00 %
	MPPT adaptación eficiencia	>99,5 %

Fuente: Sistemas Solares S. A.

Tabla IX. **Especificaciones inversor 5 kW**

DC entrada	<i>Max.PV-generator power[W]</i>	5200
	<i>Max.DC voltaje[V]</i>	1000
	<i>MPPT voltaje rango[V]</i>	200~800
	<i>Turn on DC voltage[V]</i>	180
	<i>Max.DC work current[A]</i>	11
	<i>Núm. de conectores Dc</i>	02/01
	<i>Núm. de MPPTs</i>	2 (paralelo)
	<i>Dc conectores</i>	<i>Sunclix MC4 (opcional)</i>
AC salida	<i>Nominal AC power[W]</i>	5000
	<i>Max.AC power[W]</i>	5000
	<i>Max.output current[A]</i>	8.5
	<i>Nominal output voltaje range</i>	50/50 Hz, 400 Vac
	<i>AC grid frequency</i>	45-55Hz/55-65Hz;310-480 Vac
	<i>THDi</i>	<1,5%
	<i>Power factor</i>	0.9 leading-0.9 lagging
	<i>AC connection</i>	3 W/N/PE
Eficiencia	<i>Max. efficiency</i>	97,80 %
	<i>European efficiency</i>	96,70 %
	<i>MPPT efficiency adaptation</i>	>99,5 %

Fuente: Sistemas Solares S. A.

Tabla X. **Especificaciones inversor de 10 kW**

DC Entrada	<i>Max.PV-generator power[W]</i>	10200
	<i>Max.DC voltage[V]</i>	1000
	<i>MPPT voltage range[V]</i>	500~800
	<i>Turn on DC voltage[V]</i>	250
	<i>Max.DC work current[A]</i>	22/11
	<i>Number of inputs/MPP trackers</i>	04/02
	<i>DC connector</i>	SUNCLIX,MC IV (optional)
	<i>Standby power consumption [W]</i>	10
AC Salida	<i>Nominal AC power[W]</i>	10000
	<i>Max.AC power[W]</i>	10000
	<i>Max.output current[A]</i>	17
	<i>Nominal output voltage range</i>	VDE-AR-N4105,VDE0126-1-1/A1,RD1699,G59/2,A S4777.2/.3
	<i>AC grid frequency</i>	VDE-AR-N4105,VDE0126-1-1/A1,RD1699,G59/2,A S4777.2/.3
	<i>THDi</i>	<1,5 %
	<i>Power factor</i>	0.90 leading...0,90 lagging
	<i>AC connection</i>	3W/N/PE,230/400 V
Eficiencia	<i>Max. efficiency</i>	98,00 %
	<i>European efficiency</i>	97,50 %
	<i>MPPT adaptation efficiency</i>	>99,5%

Fuente: Sistemas Solares S.A.

Tabla XI. Especificaciones inversor de 20 kW

DC entrada	<i>Max.PV-generator power[W]</i>	20500
	<i>Max.DC voltage[V]</i>	1000
	<i>MPPT voltage range[V]</i>	500~800
	<i>Turn on DC voltage[V]</i>	250
	<i>Max.DC work current[A]</i>	22/22
	<i>Number of inputs/MPP trackers</i>	6/2 (can parallel)
	<i>DC connector</i>	SUNCLIX,MC IV (optional)
	<i>Standby power consumption [W]</i>	10
AC salida	<i>Nominal AC power[W]</i>	20000
	<i>Max.AC power[W]</i>	20000
	<i>Max.output current[A]</i>	30
	<i>Nominal output voltage range</i>	VDE-AR-N4105,VDE0126-1-1/A1,RD1699,G59/2,AS4777.2/.3
	<i>AC grid frequency</i>	VDE-AR-N4105,VDE0126-1-1/A1,RD1699,G59/2,AS4777.2/.3
	<i>THDi</i>	<1,5 %
	<i>Power factor</i>	0,90 leading...0.90 lagging
	<i>AC connection</i>	3W/N/PE,230/400V
Eficiencia	<i>Max. efficiency</i>	98,20 %
	<i>European efficiency</i>	>97,5 %
	<i>MPPT adaptation efficiency</i>	>99,5 %

Fuente: Sistemas Solares S. A.

Tabla XII. **Especificaciones inversor de 100 kW**

DC Entrada	<i>Max. PV-generator power [KW]</i>	110
	<i>Max. DC voltage [V]</i>	1000
	<i>Max. DC current [A]</i>	250
	<i>MPPT voltage range [V]</i>	450~820
	<i>Max.Input numbers</i>	3
	<i>Nighttime self-energy consumption [W]</i>	<30
AC salida	<i>Nominal output power [KW]</i>	100
	<i>Nominal output voltage(Line Voltage) [V]</i>	400
	<i>Grid voltage range(Line Voltage) [V]</i>	310~450
	<i>Rated output current [A]</i>	150
	<i>Max.output current [A]</i>	165
	<i>Norminal grid frenquency [Hz]</i>	50/60
	<i>Grid frenquency range [Hz]</i>	47.5~52.5/57~63
	<i>THDi</i>	<1 %
Eficiencia	<i>Max. efficiency</i>	97,10 %
	<i>European. efficiency</i>	96,40 %
	<i>MPPT adaptation efficiency</i>	>99,5 %

Fuente: Sistemas Solares S. A.

Tabla XIII. **Especificaciones Inversor de 500 kW**

DC entrada	<i>Max. PV-generator power [KW]</i>	550
	<i>Max. DC voltaje [V]</i>	1000
	<i>Max. DC current [A]</i>	1200
	<i>MPPT voltaje rango [V]</i>	450~820
	<i>Max. input numbers</i>	10
	<i>Nighttime self-energy consumption [W]</i>	<100
AC salida	<i>Nominal output power [KW]</i>	500
	<i>Nominal output voltage(Line Voltage) [V]</i>	270
	<i>Grid voltage range(Line Voltage) [V]</i>	310~450 (Equipped with 270/400 transformer)
	<i>Rated output current [A]</i>	1070
	<i>Max. output current [A]</i>	1177
	<i>Nominal grid frequency [Hz]</i>	50/60
	<i>Grid frequency range [Hz]</i>	47.5~52.5/57~63
	<i>THDi</i>	<1 %
Eficiencia	<i>Max. efficiency</i>	98,,80 %
	<i>European efficiency</i>	98.60 %
	<i>MPPT adaptation efficiency</i>	>99,5 %

Fuente: Sistemas Solares S. A.

2.2.4. Vida útil

La vida útil de los paneles fotovoltaicos está regida por las condiciones ambientales, ya que pueden prolongar o disminuir el tiempo promedio de vida. La vida útil promedio de los paneles fotovoltaicos es de 25 años, según los datos del fabricante. 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.

2.3. Diseño del sistema

El diseño del sistema dependerá de la necesidad de la industria que lo requiera. A continuación se muestran las especificaciones para los diferentes sistemas.

Tabla XIV. **Sistemas *Gried Tie***

SISTEMAS CONECTADOS A RED			
Capacidad instalada en paneles	Número de panel fotovoltaico de 250 watts	Inversor <i>Gried Tie</i>	Espacio a ocupar en m ²
1 kilowatt	4	1,5 kW	6,54
1,5 kilowatt	6	1,5 kW	9,81
2 kilowatt	8	2 kW	13,08
2,5 kilowatt	10	2,5 kW	16,35
3 kilowatt	12	3 kW	19,62
4 kilowatt	16	4 kW	26,16
5 kilowatt	20	5 kW	32,7
6 kilowatt	24	6 kW	39,24
7 kilowatt	28	7 kW	45,78
8 kilowatt	32	8 kW	52,32
9 kilowatt	36	9 kW	58,86
10 kilowatt	40	10 kW	65,4

Continuación de la tabla XIV.

15 kilowatt	60	15 kW	98,1
20 kilowatt	80	20 kW	130,8
25 kilowatt	100	25 kW	163,5
30 kilowatt	120	30 kW	196,2
40 kilowatt	160	40 kW	261,6
50 kilowatt	200	50 kW	327
60 kilowatt	240	60 kW	392,4
70 kilowatt	280	70 kW	457,8
80 kilowatt	320	80 kW	523,2
90 kilowatt	360	90 kW	588,6
100 kilowatt	400	100 kW	654
200 kilowatt	800	200 kW	1,308
300 kilowatt	1 200	300 kW	1,962
500 kilowatt	2 000	500 kW	3,270
1000 kilowatt	4 000	1 000 kW	6,540

Fuente: elaboración propia.

El área que se necesita por kilowatt instalado de paneles fotovoltaicos es de 6,45 m².

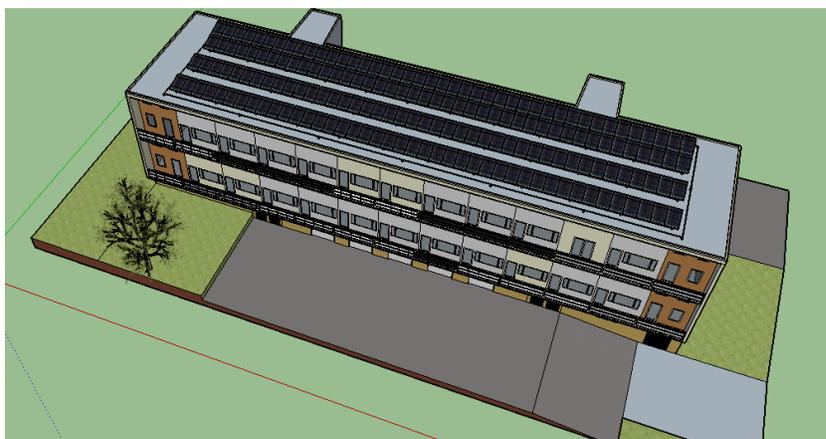
Para calcular el número de paneles fotovoltaicos hay que tomar en cuenta la insolación de acuerdo con la región donde se están instalando el equipo. En la siguiente tabla se muestran los niveles de insolación para Guatemala.

Tabla XV. **Niveles de insolación por mes**

Variable	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Insolación, kW/m ² /day	4,11	4,9	5,71	5,94	5,45	5,01	5,14	5,24	4,86	4,37	4,09	3,9
Claridad, 0 - 1	0,51	0,54	0,57	0,57	0,51	0,47	0,48	0,5	0,48	0,47	0,49	0,5
Temperatura, °C	18,79	20,25	22,03	23,4	23,4	22,7	22	22,1	22,12	21,2	19,9	18,9
Velocidad aire, m/s	4,42	4,08	3,92	3,41	3	3,08	3,46	3,21	2,88	3,43	3,86	4,41
Precipitación, mm	4	4	6	23	120	236	188	154	227	125	21	7
Días húmedos	8,3	6,8	6,8	9,4	18,7	25,8	25,3	24,1	25,7	22	12	9.1

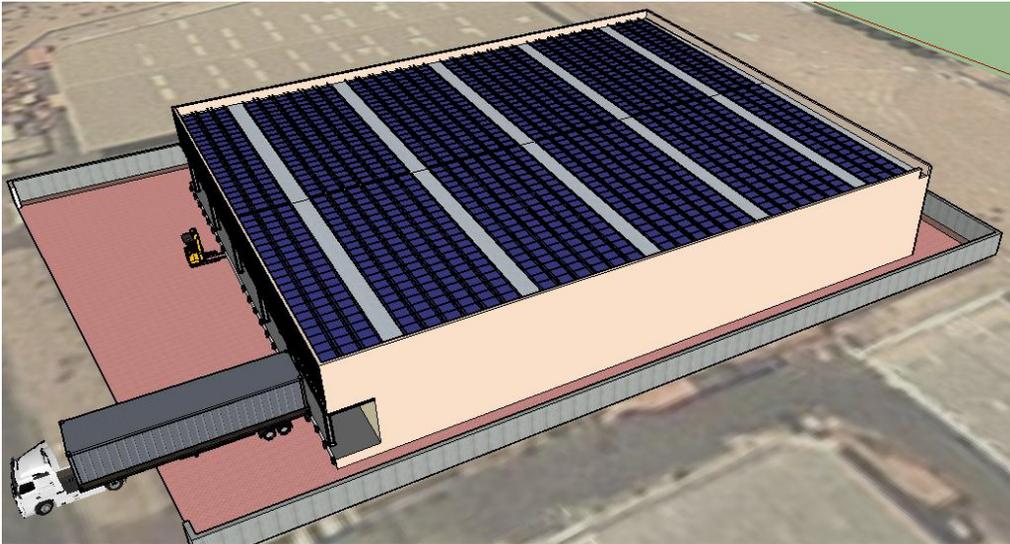
Fuente: Insivumeh. http://www.insivumeh.gob.gt/hidrologia/ATLAS_HIDROMETEOROLOGICO/Atlas_Climatologico/isohelias.jpg. Consulta: enero de 2015.

Figura 21. **Sistema de 50 kW**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2014.

Figura 22. **Sistema de 300 kW**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2014.

3. ESTUDIO ADMINISTRATIVO LEGAL

3.1. Sistemas Solares S. A.

Es una empresa dedicada a la comercialización de productos para la generación y transformación de energía solar. Es una entidad consciente de la importancia del cuidado del medio ambiente y comprometida con la sociedad, es por eso que brinda a sus clientes alternativas que satisfagan sus necesidades y les generen beneficios ecológicos y financieros por los cuales encuentre un mejor estilo de vida.

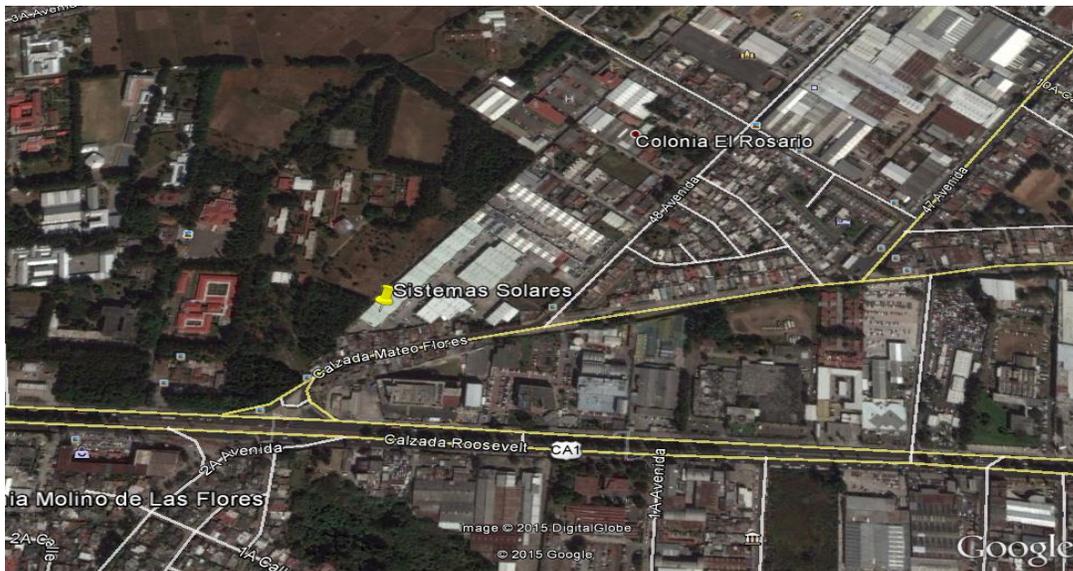
Por medio de la incursión de paneles solares a nuestro país, se está produciendo y fomentando el desarrollo del mismo y llevándolo a un nivel de tecnología más avanzada, a través del cual se introduce energía pura, ecológica y sobre todo renovable.

Con ello se piensa no solo en el estado de nuestro planeta, sino también en la economía de cada uno, para así poder tener un futuro mejor y más saludable.

3.1.1. Ubicación

Sistemas Solares se localiza en calzada Mateo Flores 3 avenida 13-74, Guatemala.

Figura 23. **Ubicación Sistemas Solares S. A.**



Fuente: *Google Maps*. <https://www.google.com.gt/maps?source=tldsi&hl=es>.

Consulta: febrero de 2015.

3.1.2. Visión

“Ser la empresa líder en el mercado centroamericano en el ramo de distribución y venta de productos capaces de recolectar energía solar y transformarla en energía eléctrica disponible para su uso” (Sistemas Solares, S. A., 2015).

3.1.3. Misión

“Proveer a las familias, empresas e industrias, equipo, herramientas y accesorios para la captación y transformación de energía solar, que satisfagan sus necesidades” (Sistemas Solares, S. A., 2015).

3.1.4. Valores

Teniendo en cuenta que el recurso más valioso de las organizaciones es la gente, los valores son como se define a sí misma una organización, ya que son los valores de sus miembros. Estos son impulsores de cómo se realiza el trabajo. Permiten una cultura empresarial evitando conflictos entre el personal y permitiendo una mejor adaptación de los miembros de la organización.

- Excelencia
- Honestidad
- Prudencia
- Espíritu de servicio
- Justicia
- Responsabilidad
- Lealtad
- Creatividad

3.1.5. Estructura organizacional

Para que la organización cumpla con los objetivos y genere un servicio eficiente, se necesita una organización bien estructurada.

- Gerente general: lidera, dirige y controla el desarrollo de las actividades propias de la empresa para la cual fue creada, buscando ampliar el mercado objetivo y logrando el alcance de las metas. Son sus funciones:
 - Dirigir la ejecución de todas las acciones que sean necesarias para garantizar la identidad de la empresa y el cumplimiento de su misión.

- Suscribir toda la contratación de la planta de personal que fuese necesario para el desarrollo del objeto de la empresa.
 - Nombrar y remover el personal de la empresa que se requiera para cubrir los diferentes cargos que garanticen el buen funcionamiento de la misma.
 - Solicitar informes a los subordinados.
 - Diseñar estrategias para la ampliación general de la cartera.
 - Visitar y atender clientes potenciales.
- Gerente de operaciones: es responsable de la administración eficiente de los procesos relacionados con los productos a su cargo, y por la calidad, la oportunidad y el costo de los mismos; son sus funciones:
 - Determinar los procesos operativos de cada uno de los productos a su cargo, con sus respectivos estándares de servicio.
 - Establecer los costos estimados, los tiempos y las normas de calidad de los procesos de sus productos.
 - Vigilar el funcionamiento de los procesos y establecer correctivos oportunos para mantener en funcionamiento óptimo los que están a su cargo.
 - Ser dueño de la información sobre sus productos.
 - Es responsable de la calidad de cada proceso.
 - Capacitar sobre los procesos a su cargo y la documentación técnica de los mismos.
- Gerente de ventas: es encargado de la selección y vinculación de clientes potenciales y la atención de clientes actuales, para lograr la venta efectiva de los productos de la empresa y mantener relaciones

crecientes y de largo plazo, que sean rentables y de riesgo controlado.

Descripción de funciones:

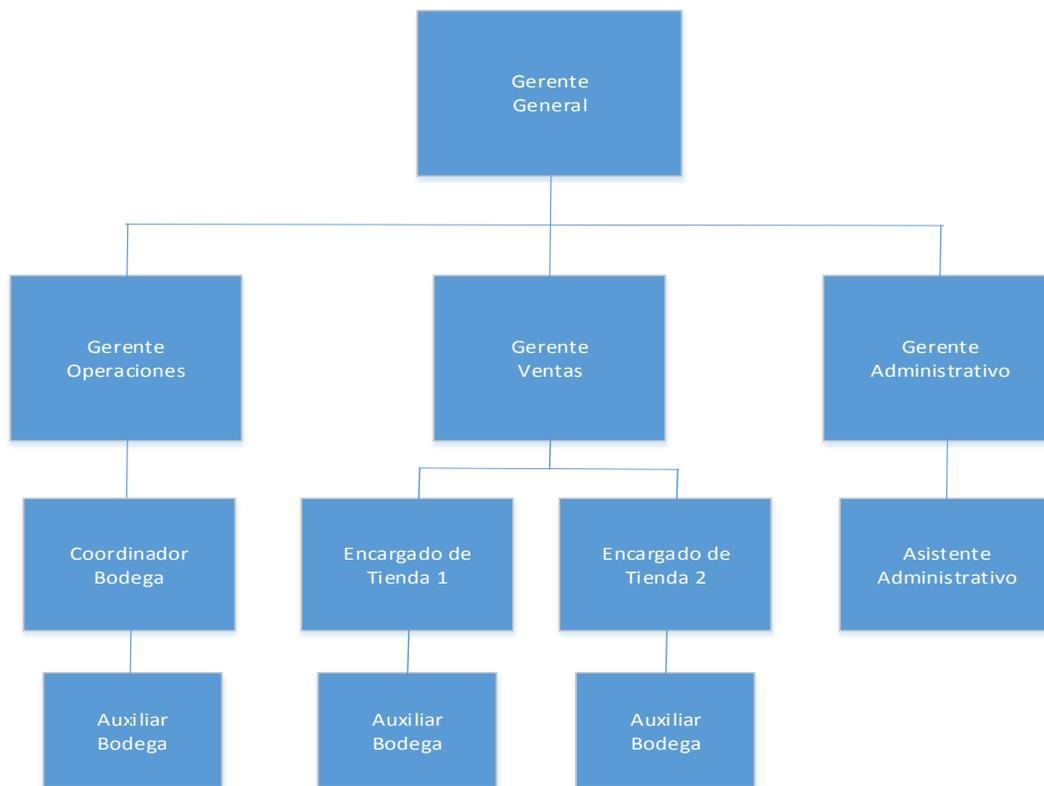
- Conocimiento de los clientes con sus características, tamaño, ubicación, necesidades y costumbres.
 - Conocimiento de los productos de la empresa y los sistemas de ventas y servicios disponibles.
 - Conocimiento de la competencia con sus ventajas y debilidades competitivas.
 - Análisis y prospección de clientes potenciales y preparación de planes de visita.
 - Ejecución del plan de ventas y realización de visitas de ventas o seguimiento de los clientes.
 - Cuando sea su responsabilidad, realizar cobros persuasivos de la cartera.
 - Periódicamente debe preparar informes de ventas, competencia y clientela.
-
- Gerente administrativo: dirige y controla todas las actividades administrativas. Son sus funciones:
 - Es el responsable máximo de las áreas de finanzas, administración y contabilidad de la empresa.
 - Supervisa normalmente las funciones de contabilidad, control presupuestario, tesorería, análisis financiero, las auditorías y, en muchos casos, los sistemas de proceso de datos.

- Se responsabiliza directamente o a través de su personal, de la veracidad de las cuentas de la empresa en sus partidas de activo, pasivo y resultados.
 - Elabora, directa o indirectamente, la documentación contable requerida por los organismos oficiales y prepara los datos para la liquidación de los impuestos.
 - Es el encargado de la elaboración de presupuestos que muestren la situación económica y financiera de la empresa, así como los resultados y beneficios a alcanzarse.
 - Negocia con proveedores, para términos de compras, descuentos especiales, formas de pago y créditos.
 - Establece negociación con clientes, en temas relacionados con crédito y pago de proyectos.
 - Maneja el inventario y se encarga de los temas administrativos relacionados con recursos humanos, nómina, préstamos, descuentos, vacaciones, entre otros.
- Asistente administrativa: realizar gestiones de correspondencia y facturación en las ventas. Descripción de funciones:
 - Atender llamadas telefónicas de los clientes relacionados con los pagos pendientes para brindar información y resolver inquietudes.

- Atención directa con el público para solucionar inquietudes, reclamaciones, liquidación de deudas y autorizaciones de acuerdos de pago.
- Elaborar informes para la gerencia.
- Diligenciar el reporte de llamadas y archivo de documentación general.
- Encargado de tienda: planifica, organiza, dirige y controla las actividades de una tienda, siguiendo las directrices de la empresa. Son sus funciones:
 - Formular políticas y procedimientos de funcionamiento para la tienda, siguiendo las directrices de la empresa.
 - Planificar y organizar las actividades de tienda.
 - Asignar tareas al personal y delegar responsabilidades.
 - Preparar presupuestos y aprobar gastos de presupuesto, y fijar precios y tarifas de descuento.
 - Llevar a cabo actividades de recursos humanos, incluyendo contratación o despido de personal.
 - Supervisar y vigilar el rendimiento del personal.
 - Garantizar las existencias adecuadas de mercancía, y que su mantenimiento se lleva a cabo de forma eficiente.
 - Trabajar en colaboración con otros directivos y personal.
 - Encargarse de las quejas, comentarios y preguntas de clientes relacionadas con las ventas y el servicio.
 - Asegurar el cumplimiento de mínimos de calidad, servicio al cliente, salud y seguridad.
 - Promocionar localmente la tienda.

- Auxiliar de bodega: asistir a la persona encarga de la tienda con el despacho de mercadería. Son sus funciones:
 - Controlar y manejar inventarios
 - Recepción de mercancía proveniente de los diferente proveedores
 - Despacho de mercancía a mostrador
 - Mantener el orden y aseo de la bodega
 - Tener organizada la bodega, por marcas

Figura 24. **Organigrama Sistemas Solares S. A.**



Fuente: Sistemas Solares S. A.

3.2. Acuerdo gubernativo: Ley de Energía Renovable

En Guatemala existen dos acuerdos gubernativos de Ley de Energía Renovable: uno del año 2,005 y el otro del 2,011; los cuales aplica para el uso de energía solar.

Mediante el Decreto número 52-2003 del Congreso de la República, se promulgó la Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable, con el objeto de promover el desarrollo de proyectos de energía, utilizando recursos energéticos renovables y estableciendo los incentivos fiscales, económicos y administrativos para el efecto.

Guatemala cuenta con recursos naturales renovables suficientes en cantidad y calidad, y su aprovechamiento otorgará al país una mayor independencia en la compra de los combustibles fósiles, facilitando con ello el suministro de energía económica a favor del consumidor final, de la población guatemalteca y de la región centroamericana en general, minimizando así una fuga irreversible de divisas por concepto de compra de estos combustibles no disponibles localmente.

Se hace necesario emitir una norma legal que promueva en forma activa el desarrollo y aprovechamiento efectivo de los recursos energéticos renovables en Guatemala, que permita, a mediano y largo plazo alcanzar un desarrollo continuo de estos recursos y lograr un equilibrio entre las fuentes de energía nacionales e importadas, lo que repercutirá en una mejora de la calidad ambiental del país y la participación de inversionistas interesados en el sector de energía renovable.

4. ESTUDIO AMBIENTAL

4.1. Impacto en la industria

El impacto que tendrá el uso de energía solar sería de un ahorro económico significativo, pero lo más importante es la reducción de dióxido de carbono que se genera en algunas plantas generadoras de electricidad.

Hoy en día es generalmente aceptado que el aumento de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera es una de las principales causas del cambio climático y que este cambio puede tener un elevado impacto económico. Se estima que el dióxido de carbono es el principal gas de efecto invernadero (60 %-85 % del impacto total), siendo los combustibles fósiles los principales causantes de su emisión.

Las instalaciones de conexión a red tienen un impacto medioambiental que puede considerarse prácticamente nulo. Si se analizan diferentes factores, como el ruido, emisiones gaseosas a la atmósfera, destrucción de flora y fauna, y residuos tóxicos y peligrosos vertidos al sistema de saneamiento, podrá verse que su impacto solo se limitará a la fabricación pero no al funcionamiento.

Impacto ambiental relacionado con el funcionamiento:

- Ruidos
 - Módulos fotovoltaicos: la generación de energía de los módulos fotovoltaicos es un proceso totalmente silencioso.

- Inversor: trabaja a alta frecuencia no audible por el oído humano.
- Emisiones gaseosas a la atmósfera: la forma de generar de un sistema fotovoltaico no requiere combustión alguna para proporcionar energía, solo de una fuente limpia como es el sol.
- Destrucción de flora y fauna: ninguno de los equipos de la instalación tiene efecto de destrucción sobre la flora o fauna.
- Residuos tóxicos y peligrosos vertidos al sistema de saneamiento: para funcionar los equipos de la instalación no necesitan verter nada al sistema de saneamiento; la refrigeración se realiza por convección natural.

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales es la entidad del sector público especializada en materia ambiental encargada de proteger los sistemas naturales. Es la institución que coordina, cumple y hace que se cumplan las políticas y el ordenamiento jurídico concerniente a la prevención de la contaminación, conservación, protección y mejoramiento del ambiente.

En las figuras 27 a la 32 se mostrara el formulario evaluación ambiental inicial del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Figura 25. Formulario evaluación ambiental inicial MARN

DGGA-GA-R-001

Instrucciones	Para uso interno del MARN
<p>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario Ventanilla Única no lo aceptará.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial (EAI), colocando una X en las casillas donde corresponda y debe ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera. • Si necesita mas espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información. • La información debe ser completada, utilizando letra de molde legible o a máquina de escribir. • Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: vunica@marn.gob.gt • Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera). • Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN. 	<p>No. Expediente:</p> <p>Clasificación del Listado Taxativo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Categoría B1 Bajo Impacto potencial. • Categoría de Tabulación: Instalación de paneles solares para la generación de electricidad. <p>Firma y Sello de Recibido MARN</p>
<p>I. INFORMACION LEGAL</p>	
<p>I.1. Nombre del proyecto obra, industria o actividad: INSTALACIÓN DE PÁNELES SOLARES INTERCONECTADOS A LA RED</p>	
<p>1.1.1 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento Instalación de paneles solares</p>	
<p>I.2. Información legal:</p> <p>A) Nombre del Proponente o Representante Legal:</p> <p>_____</p> <p>B) De la empresa:</p> <p>Razón social: _____ECO FILTRO_____</p> <p>Nombre Comercial: _____ECO FILTRO_____</p> <p>No. De Escritura Constitutiva: _____</p> <p>Fecha de constitución:</p> <p>Patente de Sociedad Registro No. _____ Folio No. _____ Libro No. _____</p> <p>Patente de Comercio Registro No. _____ Folio No. _____ Libro No. _____</p>	

Continuación de la figura 25.

No. De Finca _____ Folio No. _____ Libro No. _____ de _____ _____ donde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad. Número de Identificación Tributaria (NIT): _____		
I.3 Teléfono 7955.8555 Fax Correo electrónico: info@ecofiltro.com I.4 Dirección de donde se ubicará el proyecto: KM 77, Aldea San Lorenzo El Cubo Ciudad Vieja, Sacatepéquez		
Especificar Coordenadas UTM o Geográficas Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator Datum WGS84		
	Coordenadas Geográficas Datum WGS84	
14°32'10.93"N 90°46'7.96"O punto 1.		
14°32'10.92"N 90°46'6.95"O punto 2.		
I.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal) ----.		
I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por una profesional, por favor anote el nombre y profesión del mismo ----.		
II. INFORMACION GENERAL		
Se debe proporcionar una descripción de las operaciones que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad, explicando las etapas siguientes:		
Etapas de:		
II.1 Etapa de Construcción**	Operación	Abandono
<ul style="list-style-type: none"> - Actividades a realizar Reconocimiento del área donde se instalarán los paneles solares. Colocación de soportes de los paneles en el techo. Fijación de los paneles en los soportes. Conexión de los cables de los paneles. Instalación de inversor de corriente junto a caja de filipones. Conexión de paneles e inversor. - Insumos necesarios 100 paneles de 250 watts. Inversor de 25 kW. 300 mts. De cable. - Maquinaria Taladro atornillador Llave allen Sierra de calar 	<ul style="list-style-type: none"> - Actividades o procesos: el inicio de operaciones es el 14 julio de 2014. - Materia prima e insumos - Maquinaria - Productos y subproductos (bienes o servicios) - Horario de trabajo El horario de trabajo será de 8 a.m. a 5 p.m. - Otros de relevancia 	<ul style="list-style-type: none"> - acciones a tomar en caso de cierre
II.3 Área a) Área total de terreno en metros cuadrados: _____ b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: _____ 163.5 _____		

Continuación de la figura 25.

c) Área total de construcción en metros cuadrados: _____

II.4 Actividades colindantes al proyecto:

NORTE _____ Terreno _____ SUR Colegio Boston _____
 ESTE _____ Calle Secundaria _____ OESTE _____ Carretera Nacional 14 _____

Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):

DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL SITIO DEL PROYECTO
Colegio Boston	Sur	49 mts.
Terreno	Norte	5 mts.
Calle secundaria	Este	66 mts.
Carretera Nacional 14	Oeste	121 mts.

II.5 Dirección del viento:

II.7 Datos laborales

a) Jornada de trabajo: Diurna (X) Nocturna () Mixta () Horas Extras _____

b) Número de empleados por jornada _____ 3 _____ Total empleados _____ 3 _____

d) otros datos laborales, especifique _____

II.8 PROYECCIÓN DE USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...

CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...							
	Tipo	Si/No	Cantidad/(mes día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
Agua	Servicio público	No					
	Pozo	No					
	Agua especial	No					
	Superficial	No					
Combustible	Otro	No					
	Gasolina	No					
	Diesel	No					
	Bunker	No					
	Glp	No					
	Otro	No					
Lubricantes	Solubles	No					
	No solubles	No					
Refrigerantes		No					
Otros		No					

Continuación de la figura 25.

NOTA: si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenaje de combustible. Adjuntar copia

III. TRANSPORTE

III.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:

- a) Número de vehículos 3
- b) Tipo de vehículo Pick up
- c) sitio para estacionamiento y área que ocupa _____

IV. IMPACTOS AMBIENTALES QUE PUEDEN SER GENERADOS POR EL PROYECTO, OBRA, INDUSTRIA O ACTIVIDAD

IV. 1 CUADRO DE IMPACTOS AMBIENTALES

En el siguiente cuadro, identificar el o los impactos ambientales que pueden ser generados como resultado de la construcción y operación del proyecto, obra, industria o actividad. Marcar con una X o indicar que no aplica, no es suficiente, por lo que se requiere que se describa y detalle la información, indicando si corresponde o no a sus actividades (usar hojas adicionales si fuera necesario).

No.	Aspecto Ambiental	impacto ambiental	Tipo de impacto ambiental (de acuerdo con la descripción del cuadro anterior)	Indicar los lugares de donde se espera se generen los impactos ambientales	Manejo ambiental Indicar qué se hará para evitar el impacto al ambiente, trabajadores y/o vecindario.
1	Aire	Gases o partículas (polvo, vapores, humo, hollín, monóxido de carbono, óxidos de azufre, etc.)	La construcción y operación no generan gases ni material particulado.	-----	-----
		Ruido	La construcción generara impactos sonoros.	-----	No se generara sonido mayor a los 90 decibeles.
		Vibraciones	La construcción y operación no genera vibraciones.	-----	-----
		Olores	La construcción y operación no genera olores.	-----	-----
2	Agua	Abastecimiento de agua		No generará un impacto significativo.	
		Aguas residuales Ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas)	Cantidad: El proyecto no genera desechos líquidos.	El proyecto no genera desechos líquidos.	El proyecto no genera desechos líquidos.
		Aguas residuales Especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)	Cantidad: No Aplica.	Descarga: No Aplica.	No Aplica.
		Mezcla de las aguas residuales anteriores	Cantidad: No Aplica.	Descarga: No Aplica.	No Aplica.

Continuación de la figura 25.

		Agua de lluvia	Captación No Aplica.	Descarga: No Aplica.	No Aplica.
3	Suelo	Desechos sólidos (basura común)	Cantidad: Los desechos únicamente serán producto de las actividades de la fase de construcción.	Se generan en el área de influencia directa.	Los desechos se colocaran en las áreas destinadas para la basura dentro de las instalaciones donde se realizara el proyecto.
		Desechos Peligrosos (con una o mas de las siguientes características: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables y bioinfecciosos)	Cantidad: No Aplica.	Disposición No Aplica.	No Aplica.
		Descarga de aguas residuales (si van directo al suelo)	No Aplica.	No Aplica.	No Aplica.
		Modificación del relieve o topografía del área	No Aplica.	No Aplica.	No Aplica.
4	Biodiversidad	Flora (árboles, plantas)	No Aplica.	No Aplica.	No Aplica.
		Fauna (animales)	Durante las fases de construcción y operación no se tiene considerado la afectación de este factor.	No se afectara a la fauna.	Se acataran las normativas de protección a la fauna.
		Ecosistema	No se afectara ningún tipo de ecosistema durante las diferentes fases.	No se alterara el ecosistema.	Se acataran las normativas de protección al patrimonio natural.
5	Visual	Modificación del paisaje	No se afectara el paisaje.	No se alterara el paisaje.	
6	Social	Cambio o modificaciones sociales, económicas y culturales, incluyendo monumentos arqueológicos	No se tendrá modificaciones sociales ni culturales.	No se modificara y no se atentara contra el patrimonio cultural.	Se acataran la normas del patrimonio cultura.
7	Otros		-----	-----	-----

Continuación de la figura 25.

NOTA: Complementaria a la información proporcionada se solicitan otros datos importantes en los numerales siguientes.

V. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGIA						
CONSUMO						
V.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes) _____ 2 kW/hr/día _____						
V.2 Forma de suministro de energía						
a)	Sistema público					
b)	Sistema privado					
c)	Instalaciones de Eco Filtro generación propia					
V.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos? SI _____ NO <u>X</u> _____						
V.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía? Es consumo estándar ya que solo se estará utilizando el taladro y la sierra eléctrica por periodos cortos.						
VI. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD						
VI.1 Efectos en la salud humana del vecindario:						
a)	<input checked="" type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio					
b)	<input type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores					
c)	<input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores					
Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serían las actividades riesgosas:						
VI.2 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo puede estar expuesto?						
a) inundación ()	b) explosión ()	c) deslizamientos ()	d) Incendio ()	e) Otro ()		
d) derrame de combustible ()	e) fuga de combustible ()					
Detalle	la	información	explicando	el	por	qué?

VI.3 riesgos ocupacionales:						
<input type="checkbox"/> Existe alguna actividad que represente riesgo para la salud de los trabajadores						
<input checked="" type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores						
<input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores						
<input type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores						
Ampliar información: El equipo de trabajo utilizara equipo de seguridad industrial. Se tiene cierto grado de afectación y riesgo hacia los trabajadores, pero se utilizara el equipo de protección adecuado Para la instalación de los paneles solares, pueden sufrir accidentes.						
VI.4 Equipo de protección personal						
VI.4.1 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI (X) NO ()						
VI.4.2 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona: A més, casco, guantes, chaleco, lentes industriales.						
VI.4.3 ¿Qué medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores? Se propone tener un control estricto en cuanto al uso del equipo de seguridad.						

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

4.2. Reducción de combustibles fósiles

En Guatemala la generación está conformada por centrales generadoras que utilizan distintas fuentes primarias de energía para producir energía eléctrica, siendo estas clasificadas en renovables y no renovables. Las centrales generadoras renovables son en su mayoría hidroeléctricas, habiendo también unidades generadoras que utilizan biomas y centrales geotérmicas. Las centrales generadoras no renovables utilizan bunker, diésel y carbón.

La generación renovable presenta una estacionalidad definida en función de la disponibilidad del recurso; en el caso del recurso hídrico la mayor producción de energía hidroeléctrica se tiene en los meses durante los cuales se presenta en Guatemala la estación lluviosa, mientras que la generación con biomasa se tiene con la zafra de los ingenios azucareros que inicia en noviembre y termina en abril; por su parte, la generación geotérmica se mantiene estable durante todo el año.

Figura 26. Nueva generación incorporada al Mercado Nacional

Nueva Generación incorporada al Mercado Nacional en el año 2013

Nombre	Tipo	Potencia		Fecha de inicio de operaciones
		De placa MW	Efectiva del sistema MW	
El Libertador	Hidroeléctrica	2.47	2	24/11/2013
Palo Gordo	Termoeléctrica	27	26.3	01/12/2013
Generadora El Atlántico Vapor	Termoeléctrica	2.06	2.05	08/12/2013
Generadora El Atlántico Biogas	Termoeléctrica	1.3	1.275	08/12/2013
Generadora Costa Sur	Termoeléctrica	30.2	30.025	11/08/2013
Magdalena Bloque 6	Termoeléctrica	49.6	48.2	17/03/2013
El Pilar Bloque 3	Termoeléctrica	12.935	12.6	31/03/2013
Generadora Genosa	Termoeléctrica	12.4	10.958	21/07/2013
TOTAL		137.965	133.408	

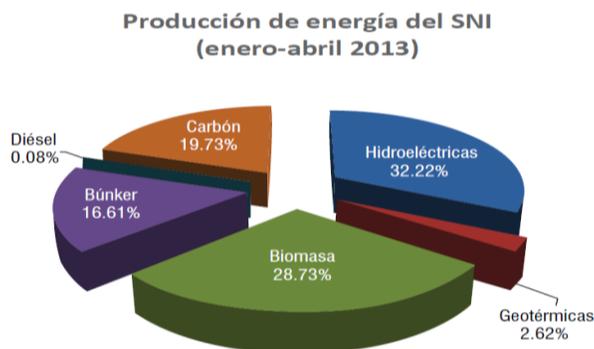
Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica, Guatemala.

Por otro lado, la parte de la demanda de energía que no se logra cubrir con energía proveniente de recursos renovables se cubre con recursos no renovables. Debido a la estacionalidad de los recursos renovables, durante el año hay periodos durante los cuales se requiere más energía no renovable.

Por su costo y las características técnicas de las centrales generadoras que utilizan carbón, se consideran generación de base; por lo que su producción de energía es estable durante todo el año.

Las centrales que utilizan bunker se usan durante ciertos períodos para poder cubrir la demanda de energía; las centrales que utilizan diésel por su costo son utilizadas con poca frecuencia únicamente cuando la energía de las centrales generadoras de búnker no es suficiente para cubrir la demanda. Puede observarse para el periodo de enero a abril del 2013, que la energía producida fue en un 63,57 % renovable y en un 36,43 % no renovable. Puede observarse además, que los porcentajes de producción de energía hidroeléctrica y de energía con biomasa fueron más similares, con un 32,22 % y 28,73 %.

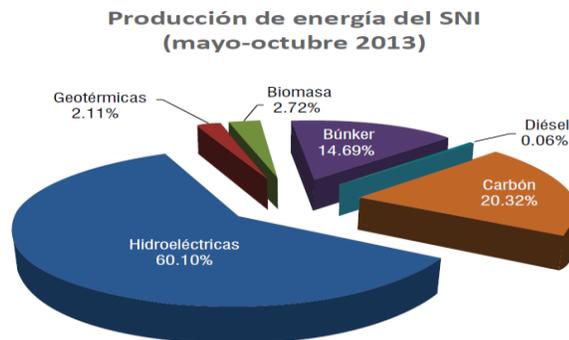
Figura 27. **Producción de energía del Sistema Nacional Interconectado**



Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica Guatemala.

Para el periodo de mayo a octubre del 2013, se puede observar que el 60,10 % de la energía fue hidroeléctrica, el 20,30 % de centrales generadoras usan carbón, el 14,69 % de centrales, bunker, y se tuvo aportes mínimos de biomasa, geotermia y diésel.

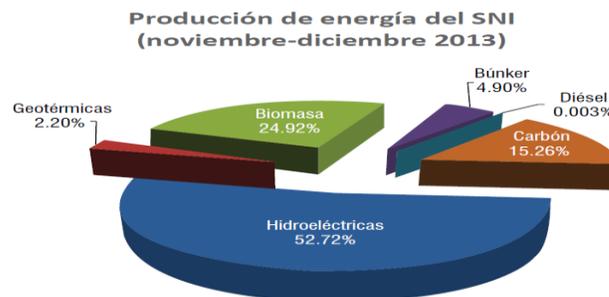
Figura 28. **Producción de energía mayo a octubre**



Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica Guatemala.

De noviembre a diciembre, la energía hidroeléctrica representó un 52,72 % de la generación. La biomasa aportó un 24,92 %, y el carbón un 15,26 %; esto derivó en que las centrales generadoras de bunker participaran únicamente con el 4,90 % de la energía generada en dicho período.

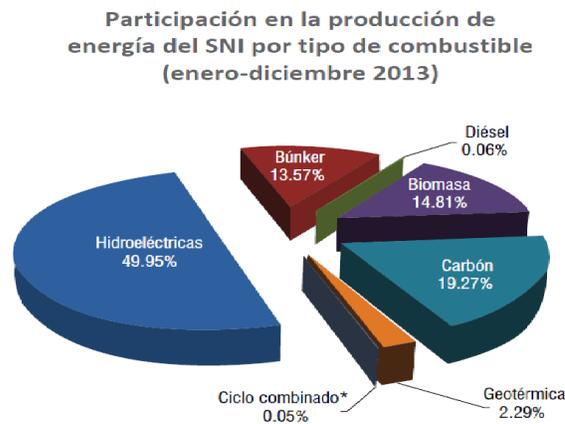
Figura 29. **Producción de energía noviembre y diciembre**



Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica Guatemala.

Durante el 2013, la generación hidroeléctrica fue la que más aportó al cubrimiento de la demanda con un 49,95 % de la energía, seguida por la generación de las centrales generadoras que usan carbón, con un 19,27 %. Luego está la generación con biomasa con un 14,81 %, bunker con 13,57 %, geotérmica con 2,29 %, diésel con 0,06 % y por último, un ciclo combinado con 0,05 %.

Figura 30. **Participación en la producción de energía del SIN por tipo de combustible en el 2013**



Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica Guatemala.

En el 2013 la demanda fue cubierta con fuentes renovables de generación con un 67,05 %, mientras que la energía cubierta con fuentes no renovables fue un 32,95%. En la tabla siguiente se puede observar la producción de energía en GWH (gigawatts)

Tabla XVI. **Producción de energía por tipo de combustible, año 2013**

**Producción de energía
por tipo de combustible
(enero-diciembre 2013)**

Combustible	GWH
Hidro	4,630.84
Búnker	1,258.27
Diésel	5.16
Biomasa	1,373.31
Carbón	1,786.19
Geotérmica	212.35
Ciclo combinado*	4.51
Total	9,270.63

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica Guatemala

Las emisiones de dióxido de carbono se ven reducidas significativamente con la utilización de los sistemas fotovoltaicos, pues la aplicación de estos reduce aproximadamente 1 kg de CO₂/kWh generado con la quema de combustibles en la generación de energía eléctrica.

4.3. Beneficios del uso de energía solar

- Se evita el aumento de la contaminación atmosférica.
- Su generación se puede producir muy cerca de los puntos de consumo, reduciendo así las pérdidas de transporte de energía.

- Los costos de inversión de una central energética que funcione mediante fuentes de energía renovable son menores que los de una central convencional de carbón, gas o nuclear. Por ejemplo, el coste de construcción de una central nuclear de 1 GW de potencia; es el equivalente a construir 4,21 GW de potencia eólica y 1,58 GW de potencia fotovoltaica, es decir con la inversión de una central nuclear se pueden tener más de cuatro parques eólicos y casi dos huertos solares.
- Los costos de las energías renovables o sostenibles no presentan tantas externalidades como los costes de las energías no renovables. Por lo que el coste final para la sociedad es mucho menor si se utilizan fuentes de energía renovables para el suministro de electricidad, que utilizando fuentes de energía como el carbón, gas o la energía nuclear. Por externalidades se entienden los costes que la sociedad debe asumir como consecuencia de la contaminación de la atmósfera (mayores controles y limitaciones), control de residuos radioactivos, entre otros. En definitiva toda una serie de costes que son asumidos por la sociedad en lugar de por las compañías eléctricas que son las que lo provocan y obtienen los beneficios.
- La posibilidad de modular la potencia de las centrales construidas con fuentes de energía renovable (solar, térmica, entre otras) es muchísimo mayor que para las centrales que utilizan fuentes de energía convencionales (gas, carbón y nuclear). No es económicamente viable construir una central nuclear de 1 MW de potencia para suministrar a un pequeño pueblo. El uso y promoción del autoconsumo eléctrico favorecería incluso en mayor grado la generación distribuida, abundando en el beneficio de la proximidad entre generación y consumo, y disminuyendo las pérdidas de la red eléctrica.

5. ESTUDIO ECONÓMICO

Los costos de un sistema fotovoltaico que sustituya la energía eléctrica proporcionada por la red local, al inicio, son muy altos. Debido a esto realizar la instalación no resulta conveniente económicamente. Por otra parte al momento de realizar dicha instalación, el propietario adquiere una central generadora de energía proporcionalmente al tamaño del sistema instalado.

Con la finalidad de análisis de un sistema fotovoltaico se han estimado algunos aspectos de evaluación como los siguientes:

- Los sistemas fotovoltaicos no se pueden comparar uno con otro, en virtud que cada uno tiene sus especificaciones de evaluación como: ubicación del sistema, radiación solar, potencias de carga, ángulo de inclinación, entre otros.
- Para realizar una comparación correcta es necesario hablar de valor de la energía producida y no del costo por consumo. Sin duda el costo de un kilowatt hora generado por un sistema fotovoltaico es mucho mayor que el de la red eléctrica. Es por ello que la rentabilidad de este tipo de proyectos se ve influenciada por el apoyo gubernamental hacia la utilización de energías renovables.
- La vida útil de los sistemas fotovoltaicos se estima en 25 años, por lo cual el ahorro económico se proyecta en esa cantidad de tiempo.

5.1. Costos fijos

En la siguiente tabla se describen los costos estimados para los sistemas ya instalados desde 1 hasta 1000 kilowatts.

Tabla XVII. Costo por sistema ya instalado

Capacidad instalada en paneles	Costo por sistema ya instalado en quetzales
1 kilowatt	16 000,00
1,5 kilowatt	24 000,00
2 kilowatt	32 000,00
2,5 kilowatt	40 000,00
3 kilowatt	48 000,00
4 kilowatt	64 000,00
5 kilowatt	80 000,00
6 kilowatt	96 000,00
7 kilowatt	112 000,00
8 kilowatt	128 000,00
9 kilowatt	144 000,00
10 kilowatt	160 000,00
15 kilowatt	240 000,00
20 kilowatt	320 000,00
25 kilowatt	400 000,00
30 kilowatt	480 000,00
40 kilowatt	640 000,00
50 kilowatt	800 000,00
60 kilowatt	960 000,00
70 kilowatt	1 120 000,00
80 kilowatt	1 280 000,00
90 kilowatt	1 440 000,00
100 kilowatt	1 600 000,00
200 kilowatt	3 200 000,00
300 kilowatt	4 800 000,00
500 kilowatt	8 000 000,00
1 000 kilowatt	16 000 000,00

Fuente: elaboración propia.

5.2. Costos variables

Entre los costos variables están el transporte y mantenimiento del equipo. En la tabla siguiente se muestran estos costos de mantenimiento; se estimó en Q 500,00 por cada 3 kW ya instalado. El transporte se estimó en Q. 500,00 por cada 3 kW.

Tabla XVIII. **Costos variables**

Descripción	Costo
Mantenimiento	Q 500,00/ anual- 3 kW
Transporte	Q 500,00/ 3 kW de paneles

Fuente: elaboración propia.

6. ESTUDIO FINANCIERO

Para evaluar financieramente si es factible el uso de energía solar en la industria guatemalteca se realizará a diferentes niveles de consumo de kilowatt hora. En la tabla siguiente se estarán describiendo los siete escenarios para la realización del estudio financiero.

Tabla XIX. Escenarios financieros

Núm.	Consumo kW-h/ mensual	Costo mensual	Costo anual en quetzales
1	200	400,00	4 800,00
2	734	1 468,00	17 616,00
3	1 469	2 497,30	29 967,60
4	7 441	11 156,33	133 876,00
5	14 882	22 323,00	267 876,00
6	74,414,37	111 621,56	1 339 458,66
7	148 828	223 242,00	2 678 904,00

Fuente: elaboración propia.

6.1. Inversión

La inversión inicial del sistema fotovoltaico dependerá del consumo de la industria, ya que con base en esto se determinará el tamaño del sistema.

En la siguiente tabla se describe el total de la inversión para cada uno de los sistemas.

Tabla XX. **Inversión**

Capacidad instalada en paneles en kilowats	Costo por sistema ya instalado en quetzales
1	16 000,00
1,5	24 000,00
2	32 000,00
2,5	40 000,00
3	48 000,00
4	64 000,00
5	80 000,00
6	96 000,00
7	112 000,00
8	128 000,00
9	144 000,00
10	160 000,00
15	240 000,00
20	320 000,00
25	400 000,00
30	480 000,00
40	640 000,00
50	800 000,00
60	960 000,00
70	1 120 000,00
80	1 280 000,00
90	1 440 000,00
100	1 600 000,00
200	3 200 000,00
300	4 800 000,00
500	8 000 000,00
1 000	16 000 000,00

Fuente: elaboración propia.

6.2. Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno es la tasa máxima de utilidad que puede pagarse u obtenerse en la evaluación de cada uno de los sistemas que se estarán evaluando. Para su cálculo se utilizará la siguiente fórmula:

$$TIR = VPN \text{ Beneficio} - VPN \text{ Gastos} = 0$$

Lo que se busca es un dato que sea menor al dato buscado y otro que sea mayor, para poder interpolar de la manera siguiente:

Tasa 1	VPN +
TIR	VPN = 0
Tasa 2	VPN -

$$TIR = \left[\frac{(Tasa\ 1 - Tasa\ 2)(0 - VPN\ (-))}{(VPN\ +) - (VPN\ (-))} \right] + Tasa\ 2$$

- Opción núm.1

Datos:

Tasa 1 = 18 %	VPN + = 11 590,72
TIR	VPN = 0
Tasa 2 = 25 %	VPN - = - 131,78

Cálculo:

$$TIR = \left[\frac{(Tasa\ 1 - Tasa\ 2)(0 - VPN\ (-))}{(VPN\ +) - (VPN\ (-))} \right] + Tasa\ 2$$

$$TIR = \left[\frac{(18 - 25)(0 - VPN(-131.78))}{(11,590.72) - (-131.78)} \right] + 25$$

$$TIR = 24,92 \%$$

- Opción núm. 2

Datos:

$$\text{Tasa 1} = 21 \% \quad \text{VPN} + = 28\,397,22$$

$$\text{TIR} \quad \text{VPN} = 0$$

$$\text{Tasa 2} = 27 \% \quad \text{VPN} - = -256,84$$

Calculo:

$$TIR = \left[\frac{(\text{Tasa 1} - \text{Tasa 2})(0 - \text{VPN}(-))}{(\text{VPN} +) - (\text{VPN}(-))} \right] + \text{Tasa 2}$$

$$TIR = \left[\frac{(21 - 27)(0 - (-256.84))}{(28,397.22) - (-256.84)} \right] + 27$$

$$TIR = 26,94$$

- Opción núm. 3

Datos:

$$\text{Tasa 1} = 18 \% \quad \text{VPN} + = 62\,201,43$$

$$\text{TIR} \quad \text{VPN} = 0$$

$$\text{Tasa 2} = 24 \% \quad \text{VPN} - = -3\,358,19$$

Cálculo:

$$TIR = \left[\frac{(Tasa\ 1 - Tasa\ 2)(0 - VPN\ (-))}{(VPN\ +) - (VPN\ (-))} \right] + Tasa\ 2$$

$$TIR = \left[\frac{(18 - 24)(0 - (-3,358.19))}{(62,201.43) - (-3,358.19)} \right] + 24$$

$$TIR = 23,69\ \%$$

- Opción núm. 4

Datos:

$$Tasa\ 1 = 18\ \% \quad VPN\ + = 210\ 664,20$$

$$TIR \quad \quad \quad VPN = 0$$

$$Tasa\ 2 = 22\ \% \quad \quad \quad VPN\ - = -7\ 566,51$$

Cálculo:

$$TIR = \left[\frac{(Tasa\ 1 - Tasa\ 2)(0 - VPN\ (-))}{(VPN\ +) - (VPN\ (-))} \right] + Tasa\ 2$$

$$TIR = \left[\frac{(18 - 22)(0 - (-7,566.51))}{(210,664.20) - (-7,566.51)} \right] + 22$$

$$TIR = 21,23\ \%$$

- Opción núm. 5

Datos:

Tasa 1 = 18 % VPN + = 420 871,21

TIR VPN = 0

Tasa 2 = 22 % VPN - = - 15 460,59

Cálculo:

$$TIR = \left[\frac{(Tasa\ 1 - Tasa\ 2)(0 - VPN\ (-))}{(VPN\ +) - (VPN\ (-))} \right] + Tasa\ 2$$

$$TIR = \left[\frac{(18 - 22)(0 - (-15,460.59))}{(420,871.21) - (-15,460.59)} \right] + 22$$

TIR= 21,22 %

- Opción núm. 6

Datos:

Tasa 1 = 18 % VPN + = 2 104 949,49

TIR VPN = 0

Tasa 2 = 22 % VPN - = - 76 837,65

Cálculo:

$$TIR = \left[\frac{(Tasa\ 1 - Tasa\ 2)(0 - VPN\ (-))}{(VPN\ +) - (VPN\ (-))} \right] + Tasa\ 2$$

$$TIR = \left[\frac{(18 - 22)(0 - (-76,837.65))}{(2,104,949.49) - (-76,837.65)} \right] + 22$$

TIR= 21,22 %

- Opción núm. 7

Datos:

Tasa 1 = 18 %

VPN + = 4 415 474,88

TIR

VPN = 0

Tasa 2 = 23 %

VPN - = - 838 930,14

Cálculo:

$$TIR = \left[\frac{(Tasa\ 1 - Tasa\ 2)(0 - VPN\ (-))}{(VPN\ +) - (VPN\ (-))} \right] + Tasa\ 2$$

$$TIR = \left[\frac{(18 - 23)(0 - (-838,930.14))}{(4,415,474.88) - (-838,930.14)} \right] + 23$$

TIR= 19,31%

Tabla XXI. Tasa interna de retorno

Núm.	Consumo kW-h	Costo mensual en quetzales	Costo anual en quetzales	TIR %
1	200	400,00	4 800,00	24,92
2	734	1 468,00	17 616,00	26,94
3	1 469	2 497,30	29 967,60	23,69
4	7 441	11 156,33	133 876,00	21,23
5	14 882	22 323,00	267 876,00	21,22
6	74 414,37	111 621,56	1 339 458,66	21,22
7	148 828	223 242,00	2 678 904,00	19,31

Fuente: elaboración propia.

En los siete escenarios estudiados la tasa interna de retorno superó la TMAR que es de 8 %, por lo cual es rentable a todos los niveles los proyectos.

6.3. Valor actual neto

El valor actual neto ayudará a tomar las decisiones si se realizan o no las inversiones. El valor actual neto puede tener tres posibles respuestas, las cuales son:

- VAN < 0
- VAN = 0
- VAN > 0

Cuando el VAN < 0, y el resultado es un valor negativo muy grande alejado de cero, está previniendo que la inversión no es rentable. Por otro lado, si el VAN = 0, indica que exactamente se está generando el porcentaje de utilidad que se desea, y cuando el VAN > 0, señala que la opción es rentable y que inclusive podría incrementarse el porcentaje de utilidad.

Tabla XXII. Valor actual neto

Núm.	Consumo kW-h	Costo mensual en quetzales	Costo anual en quetzales
1	200	400,00	4 800,00
2	734	1 468,00	17 616,00
3	1 469	2 497,30	29 967,60
4	7 441	11 156,33	133 876,00
5	14 882	22 323,00	267 876,00
6	74 414,37	111 621,56	1 339 458,66
7	148 828	223 242,00	2 678 904,00

Fuente: elaboración propia.

- Para poder realizar el cálculo del VAN primero debe encontrarse la TMAR, que es la tasa mínima atractiva de rendimiento. Esta se define como:

$$\text{TMAR} = \text{tasa de inflación} + \text{premio de riesgo}$$

El premio de riesgo significa el verdadero crecimiento del dinero y se le llama así porque el inversionista siempre arriesga su dinero y por esto merece una ganancia adicional sobre la inflación. Para este caso se tomará en cuenta el componente inflacionario fijado por el Banco de Guatemala que será del 6 %. En lo referente al premio de riesgo se utilizará el 30 % que es común para los proyectos.

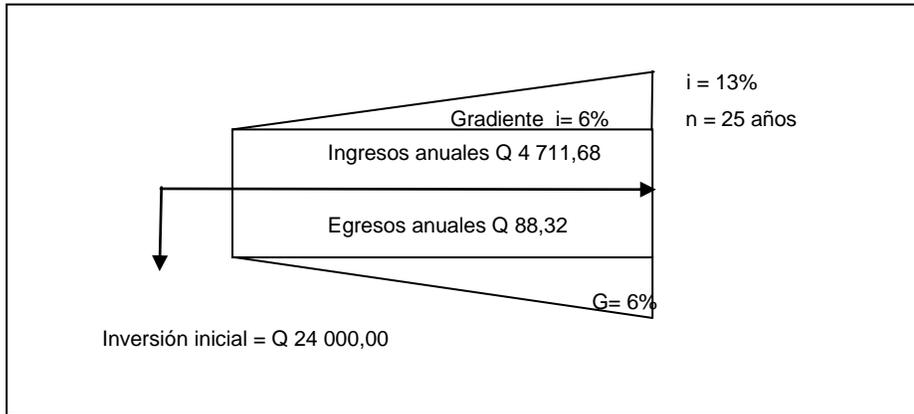
Tasa inflación = 6 %

Riesgo de la inversión = 30 %

TMAR del proyecto = 6 % + 30 % (6 %) = 8 %

- Opción núm.1
Inversión inicial= Q 24 000,00
Interés anual= 13 %
Cantidad años a pagar = 25
Ingresos netos anuales = Q 4 711,68
Egresos netos anuales = Q 88,32

Figura 31. Diagrama de flujo de caja, opción 1



Fuente: elaboración propia.

- Cálculo: se utilizaron las tablas de factores de interés compuesto, en las cuales se busca la cantidad de años (n), el interés (i) y el valor que se quiere obtener; en este caso es una anualidad (P/A), asimismo se estará calculando el gradiente de serie anual A/G .

Tabla XXIII. Flujo efectivo, opción 1

Años	Egresos en quetzales	Ingresos en quetzales	Flujo neto en quetzales
0	(24 000,00)		(24 000,00)
1	88,32	4 711,68	4 623,36
2	93,62	4 994,38	4 900,76
4	99,23	5 294,04	5 194,81
5	105,18	5 611,68	5 506,50
6	111,49	5 948,38	5 836,89
7	118,17	6 305,28	6 187,11
8	125,26	6 683,59	6 558,33
9	132,77	7 084,60	6 951,83
10	140,73	7 509,67	7 368,94
11	149,17	7 960,25	7 811,08
12	158,12	8 437,86	8 279,74

Continuación de la tabla XXIII.

13	167,60	8 944,13	8 776,53
14	177,65	9 480,77	9 303,12
15	188,31	10 049,61	9 861,30
16	199,60	10 652,58	10 452,98
17	211,57	11 291,73	11 080,16
18	224,26	11 969,23	11 744,97
19	237,71	12 687,38	12 449,67
20	251,97	13 448,62	13 196,65
21	267,08	14 255,53	13 988,45
22	283,10	15 110,86	14 827,76
23	300,08	16 017,51	15 717,43
24	318,08	16 978,56	16 660,48
25	337,16	17 997,27	17 660,11

Fuente: elaboración propia.

$$\begin{aligned}
 VPN &= -24,000 - 88.32 \left(\frac{P}{A}, i, n \right) + 4,7711.68 \left(\frac{P}{A}, i, n \right) - 88.32 \left(\frac{A}{G}, i, n \right) \\
 &\quad + 4,711.68 \left(\frac{A}{G}, i, n \right)
 \end{aligned}$$

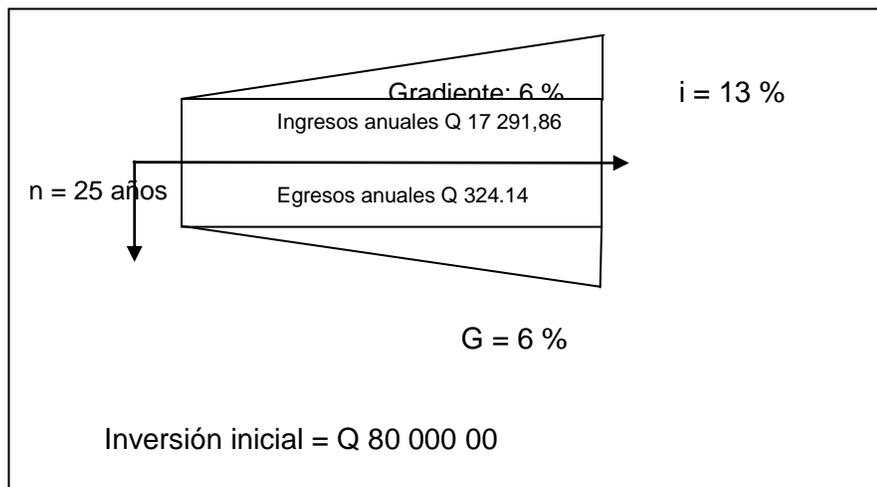
$$\begin{aligned}
 VPN &= -24,000 - 88.32 \left[\frac{(1 + 0.13)^{25} - 1}{0.13 (1 + 0.13)^{25}} \right] \\
 &\quad + 4,711.68 \left[\frac{(1 + 0.13)^{25} - 1}{0.13 (1 + 0.13)^{25}} \right] \\
 &\quad - 88.32 \left[\frac{1}{0.13} - \frac{25}{(1 + 0.13)^{25} - 1} \right] \\
 &\quad + 4,711.68 \left[\frac{1}{0.13} - \frac{25}{(1 + 0.13)^{25} - 1} \right]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 VPN &= -24,000 - 88.32 (7.3299) + 4,711.68(7.3299) - 88.32(6.4566) \\
 &\quad + 4,711.68(6.4566)
 \end{aligned}$$

$$VPN = 39 739,95$$

- Opción núm. 2
 Inversión inicial= Q 80 000,00
 Interés anual= 13 %
 Cantidad años a pagar = 25
 Ingresos netos anuales = Q 17 291,86
 Egresos netos anuales = Q 324,14

Figura 32. Diagrama de flujo de caja, opción 2



Fuente: elaboración propia.

- Cálculo: se utilizaron las tablas de factores de interés compuesto, en las cuales se busca la cantidad de años (n) el interés (I) y el valor que se quiere obtener; en este caso es un presente dada una anualidad (P/A); asimismo se estará calculando el gradiente de serie anual A/G.

Tabla XXIV. Flujo efectivo, opción 2

Años	Egresos en quetzales	Ingresos en quetzales	Flujo neto en quetzales
0	(80 000,00)		(80 000,00)
1	324,14	17 291,86	16 967,72
2	343,58	18 329,37	17 985,79
4	364,19	19 429,13	19 064,94
5	386,04	20 594,87	20 208,83
6	409,22	21 830,56	21 421,34
7	433,77	23 140,39	22 706,62
8	459,79	24 528,81	24 069,02
9	487,37	26 000,53	25 513,16
10	516,61	27 560,56	27 043,95
11	547,60	29 214,19	28 666,59
12	580,45	30 967,04	30 386,59
13	615,27	32 825,06	32 209,79
14	652,18	34 794,56	34 142,38
15	691,31	36 882,23	36 190,92
16	732,78	39 095,16	38 362,38
17	776,74	41 440,86	40 664,12
18	823,34	43 927,31	43 103,97
19	872,74	46 562,94	45 690,20
20	925,10	49 356,71	48 431,61
21	980,60	52 318,11	51 337,51
22	1 039,43	55 457,19	54 417,76
23	1 101,79	58 784,62	57 682,83
24	1 167,89	62 311,69	61 143,80
25	1 237,96	66 050,39	64 812,43

Fuente: elaboración propia.

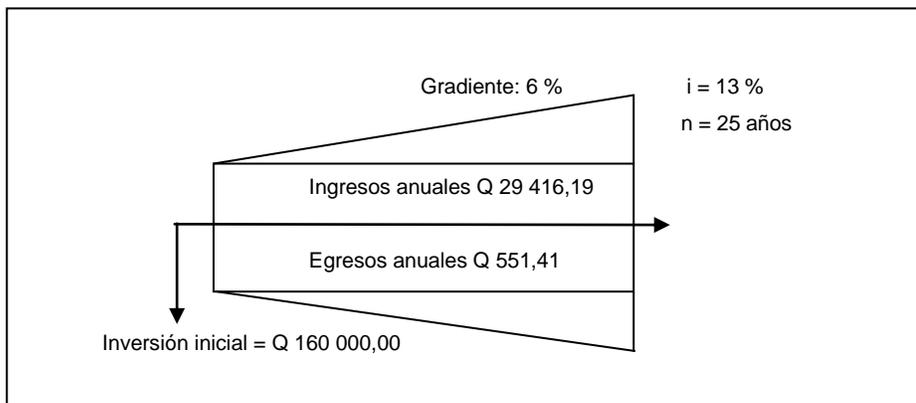
$$\begin{aligned}
 VPN = & -80,000 - 324.14 \left(\frac{P}{A}, i, n \right) + 17,291.86 \left(\frac{P}{A}, i, n \right) - 324.14 \left(\frac{A}{G}, i, n \right) \\
 & + 17,291.86 \left(\frac{A}{G}, i, n \right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 VPN &= -80,000 - 324.14 \left[\frac{(1 + 0.13)^{25} - 1}{0.13 (1 + 0.13)^{25}} \right] \\
 &\quad + 17,291.86 \left[\frac{(1 + 0.13)^{25} - 1}{0.13 (1 + 0.13)^{25}} \right] \\
 &\quad - 324.14 \left[\frac{1}{0.13} - \frac{25}{(1 + 0.13)^{25} - 1} \right] \\
 &\quad + 17,291.86 \left[\frac{1}{0.13} - \frac{25}{(1 + 0.13)^{25} - 1} \right] \\
 VPN &= -80,000 - 324.14 (7.3299) + 17,291.86(7.3299) - 324.14(6.4566) \\
 &\quad + 17,291.86(6.4566)
 \end{aligned}$$

$$VPN = 153\,925,47$$

- Opción núm.3
 Inversión inicial = Q 160 000,00
 Interés anual= 13 %
 Cantidad años a pagar = 25
 Ingresos netos anuales = Q 29 416,19
 Egresos netos anuales = Q 551 41

Figura 33. Diagrama de flujo de caja, opción 3



Fuente: elaboración propia.

- Cálculo: se utilizaron las tablas de factores de interés compuesto, en las cuales se busca la cantidad de años (n) el interés (I) y el valor que se quiere obtener; en este caso es un presente dada una anualidad (P/A); asimismo se estará calculando el gradiente de serie anual A/G.

Tabla XXV. Flujo efectivo, opción 3

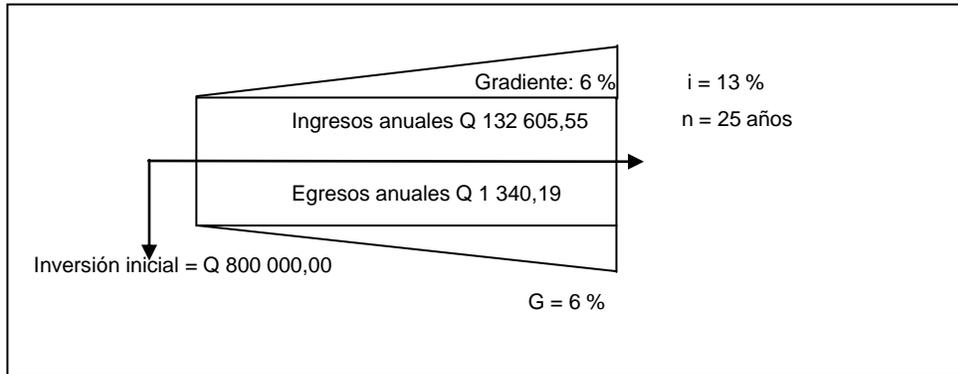
Años	Egresos	Ingresos	Flujo neto
0	(160 000,00)		(160 000,00)
1	551,41	29 416,19	28 864,78
2	584,49	31 181,16	30 596,67
4	619,55	33 052,02	32 432,47
5	656,72	35 035,14	34 378,42
6	696,12	37 137,24	36 441,12
7	737,88	39 365,47	38 627,59
8	782,15	41 727,39	40 945,24
9	829,07	44 231,03	43 401,96
10	878,81	46 884,89	46 006,08
11	931,53	49 697,98	48 766,45
12	987,42	52 679,85	51 692,43
13	1 046,66	55 840,64	54 793,98
14	1 109,45	59 191,07	58 081,62
15	1 176,01	62 742,53	61 566,52
16	1 246,57	66 507,08	65 260,51
17	1 321,36	70 497,50	69 176,14
18	1 400,64	74 727,35	73 326,71
19	1 484,67	79 210,83	77 726,16
20	1 573,75	83 963,47	82 389,72
21	1 668,17	89 001,27	87 333,10
22	1 769,26	94 341,34	92 572,08
23	1 875,35	100 001,82	98 126,47
24	1 986,87	106 001,92	104 015,05
25	2 106,14	112 362,03	110 255,89

Fuente: elaboración propia.

$$\begin{aligned}
VPN &= -160,000 - 551.41 \left(\frac{P}{A}, i, n \right) + 29,416.19 \left(\frac{P}{A}, i, n \right) \\
&\quad - 551.41 \left(\frac{A}{G}, i, n \right) + 29,416.19 \left(\frac{A}{G}, i, n \right) \\
VPN &= -160,000 - 551.41 \left[\frac{(1 + 0.13)^{25} - 1}{0.13 (1 + 0.13)^{25}} \right] \\
&\quad + 29,416.19 \left[\frac{(1 + 0.13)^{25} - 1}{0.13 (1 + 0.13)^{25}} \right] \\
&\quad - 551.41 \left[\frac{1}{0.13} - \frac{25}{(1 + 0.13)^{25} - 1} \right] \\
&\quad + 29,416.19 \left[\frac{1}{0.13} - \frac{25}{(1 + 0.13)^{25} - 1} \right] \\
VPN &= -160,000 - 551.41 (7.3299) + 29,416.19(7.3299) \\
&\quad - 551.41(6.4566) + 29,416.19(6.4566) \\
&\quad VPN= 237 944,28
\end{aligned}$$

- Opción núm. 4
Inversión inicial = Q 800 000,00
Interés anual = 13 %
Cantidad de años a pagar = 25
Ingresos netos anuales = Q 132 605,55
Egresos netos anuales = Q 1 340,19

Figura 34. Diagrama de flujo de caja, opción 4



Fuente: elaboración propia.

- Cálculo: se utilizaron las tablas de factores de interés compuesto, en las cuales se busca la cantidad de años (n) el interés (I) y el valor que se quiere obtener; en este caso es un presente dada una anualidad (P/A); asimismo se estará calculando el gradiente de serie anual A/G.

Tabla XXVI. Flujo efectivo, opción 4

Años	Egresos en quetzales	Ingresos en quetzales	Flujo neto en quetzales
0	(800 000,00)		(800 000,00)
1	1 340,19	132 605,55	131 265,36
2	1 420,60	140 561,88	139 141,28
4	1 505,83	148 995,59	147 489,76
5	1 596,18	157 935,32	156 339,14
6	1 644,06	167 411,43	165 767,37
7	1 742,70	177 456,11	175 713,41
8	1 847,26	188 103,47	186 256,21
9	1 958,09	199 389,67	197 431,58
10	2 075,57	211 353,05	209 277,48
11	2 200,10	224 034,23	221 834,13
12	2 332,10	237 476,28	235 144,18
13	2 472,02	251 724,85	249 252,83

Continuación de la tabla XXVI.

14	2 620,34	266 828,34	264 208,00
15	2 777,56	282 838,04	280 060,48
16	2 944,21	299 808,32	296 864,11
17	3 120,86	317 796,81	314 675,95
18	3 308,11	336 864,00	333 555,89
19	3 506,59	357 075,87	353 569,28
20	3 716,98	378 500,42	374 783,44
21	3 939,99	401 210,44	397 270,45
22	4 176,38	425 283,06	421 106,68
23	4 426,96	450 800,04	446 373,08
24	4 692,57	477 848,04	473 155,47
25	4 974,12	506 518,92	501 544,80

Fuente: elaboración propia.

$$VPN = -800,000 - 1,340.19 \left(\frac{P}{A}, i, n \right) + 132,605.55 \left(\frac{P}{A}, i, n \right) \\ - 1,340.19 \left(\frac{A}{G}, i, n \right) + 132,605.55 \left(\frac{A}{G}, i, n \right)$$

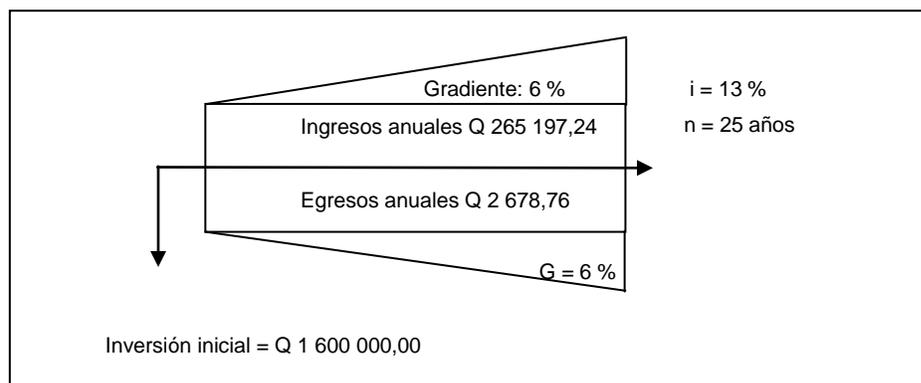
$$VPN = -800,000 - 1,340.19(7.3299) + 132,605.55(7.3299) \\ - 1,340.19(6.4566) + 132,605.55(6.4566)$$

$$VPN = -800,000 - 1,340.19 \left[\frac{(1 + 0.13)^{25} - 1}{0.13 (1 + 0.13)^{25}} \right] \\ + 132,605.55 \left[\frac{(1 + 0.13)^{25} - 1}{0.13 (1 + 0.13)^{25}} \right] \\ - 1,340.19 \left[\frac{1}{0.13} - \frac{25}{(1 + 0.13)^{25} - 1} \right] \\ + 132,605.55 \left[\frac{1}{0.13} - \frac{25}{(1 + 0.13)^{25} - 1} \right]$$

$$VPN = 1009 689,88$$

- Opción núm. 5
 Inversión inicial = Q 1 600 000,00
 Interés anual = 13 %
 Cantidad años a pagar = 25
 Ingresos netos anuales = Q 265 197,24
 Egresos netos anuales = Q 2 678,76

Figura 35. **Diagrama de flujo de caja, opción 5**



Fuente: elaboración propia.

- Cálculo: se utilizaron las tablas de factores de interés compuesto, en las cuales se busca la cantidad de años (n) el interés (I) y el valor que se quiere obtener.
- En este caso es un presente dada una anualidad (P/A): asimismo, se estará calculando el gradiente de serie anual A/G.

Tabla XXVII. Flujo efectivo, opción 5

Años	Egresos en quetzales	Ingresos en quetzales	Flujo neto en quetzales
0	(160 000 00)		(1 600 000 00)
1	2 678,76	265 197,24	262 518,48
2	2 839,48	281 109,07	278 269,59
4	3 009,84	297 975,61	294 965,77
5	3 190,43	315 854,14	312 663,71
6	3 381,85	334 805,38	331 423,53
7	3 584,76	354 893,70	351 308,94
8	3 799,84	376 187,32	372 387,48
9	4 027,83	398 758,55	394 730,72
10	4 269,49	422 684,06	418 414,57
11	4 525,65	448 045,10	443 519,45
12	4 797,18	474 927,80	470 130,62
13	5 085,01	503 423,46	498 338,45
14	5 390,11	533 628,86	528 238,75
15	5 713,51	565 646,59	559 933,08
16	6 056,32	599 585,38	593 529,06
17	6 419,69	635 560,50	629 140,81
18	6 804,87	673 694,13	666 889,26
19	7 213,16	714 115,77	706 902,61
20	7 645,94	756 962,71	749 316,77
21	8 104,69	802 380,47	794 275,78
22	8 590,97	850 523,29	841 932,32
23	9 106,42	901 554,68	892 448,26
24	9 652,80	955 647,96	945 995,16
25	10 231,96	1 012 986,83	1 002 754,87

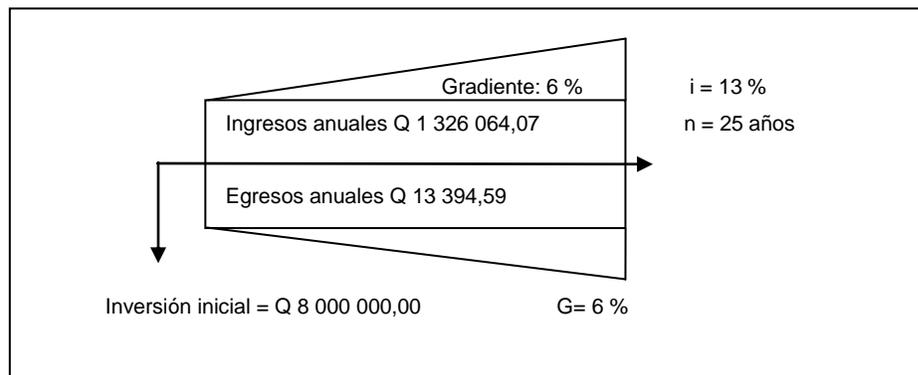
Fuente: elaboración propia.

$$\begin{aligned}
 VPN = & -1,600,000 - 2,678.76 \left(\frac{P}{A}, i, n \right) + 265,197.24 \left(\frac{P}{A}, i, n \right) \\
 & - 2,678.76 \left(\frac{A}{G}, i, n \right) + 265,197.24 \left(\frac{A}{G}, i, n \right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 VPN &= -1,600,000 - 2,678.76\left[\frac{(1 + 0.13)^{25} - 1}{0.13(1 + 0.13)^{25}}\right] \\
 &\quad + 265,197.24\left[\frac{(1 + 0.13)^{25} - 1}{0.13(1 + 0.13)^{25}}\right] \\
 &\quad - 2,678.76\left[\frac{1}{0.13} - \frac{25}{(1 + 0.13)^{25} - 1}\right] \\
 &\quad + 265,197.24\left[\frac{1}{0.13} - \frac{25}{(1 + 0.13)^{25} - 1}\right] \\
 VPN &= -1,600,000 - 2,678.76(7.3299) + 265,197.24(7.3299) \\
 &\quad - 2,678.76(6.4566) + 265,197.24(6.4566) \\
 VPN &= 2\,019\,211,02
 \end{aligned}$$

- Opción núm.6
 Inversión inicial = Q 8 000 000,00
 Interés anual = 13 %
 Cantidad años a pagar = 25
 Ingresos netos anuales = Q 1 326 064,07
 Egresos netos anuales = Q 13 394,59

Figura 36. Diagrama de flujo de caja, opción 6



Fuente: elaboración propia.

- Cálculo: se utilizaron las tablas de factores de interés compuesto, en las cuales se busca la cantidad de años (n) el interés (I) y el valor que se quiere obtener; en este caso es un presente, dada una anualidad (P/A); asimismo se estará calculando el gradiente de serie anual A/G.

Tabla XXVIII. Flujo efectivo, opción 6

Años	Egresos en quetzales	Ingresos en quetzales	Flujo neto en quetzales
0	Q (8 000 000,00)		(8 000 000,00)
1	1 394,59	1 326 064,07	1 312 669,48
2	14 198,26	1 405 627,91	1 391 429,65
4	15 050,15	1 489 965,58	1 474 915,43
5	15 953,15	1 579 363,51	1 563 410,36
6	16 910,33	1 674 125,32	1 657 214,99
7	17 924,95	1 774 572,83	1 756 647,88
8	19 000,44	1 881 047,20	1 862 046,76
9	20 140,46	1 993 910,03	1 973 769,57
10	21 348,88	2 113 544,63	2 092 195,75
11	22 629,81	2 240 357,30	2 217 727,49
12	23 987,59	2 374 778,73	2 350 791,14
13	25 426,84	2 517 265,45	2 491 838,61
14	26 952,45	2 668 301,37	2 641 348,92
15	28 569,59	2 828 399,45	2 799 829,86
16	30 283,76	2 998 103,41	2 967 819,65
17	32 100,78	3 177 989,61	3 145 888,83
18	34 026,82	3 368 668,98	3 334 642,16
19	36 068,42	3 570 789,11	3 534 720,69
20	38 232,52	3 785 036,45	3 746 803,93
21	40 526,47	4 012 138,63	3 971 612,16
22	42 958,05	4 252 866,94	4 209 908,89
23	45 535,53	4 508 038,95	4 462 503,42
24	48 267,66	4 778 521,28	4 730 253,62
25	51 163,71	5 065 232,55	5 014 068,84

Fuente: elaboración propia.

$$VPN = -8,000,000 - 13,394.59 \left(\frac{P}{A}, i, n \right) + 1,326,064.07 \left(\frac{P}{A}, i, n \right) \\ - 13,394.59 \left(\frac{A}{G}, i, n \right) + 1,326,064.07 \left(\frac{A}{G}, i, n \right)$$

$$VPN = -8,000,000 - 13,394.59 \left[\frac{(1 + 0.13)^{25} - 1}{0.13 (1 + 0.13)^{25}} \right] \\ + 1,326,064.07 \left[\frac{(1 + 0.13)^{25} - 1}{0.13 (1 + 0.13)^{25}} \right] \\ - 13,394.59 \left[\frac{1}{0.13} - \frac{25}{(1 + 0.13)^{25} - 1} \right] \\ + 1,326,064.07 \left[\frac{1}{0.13} - \frac{25}{(1 + 0.13)^{25} - 1} \right]$$

$$VPN = -8,000,000 - 13,394.59 (7.3299) + 1,326,064.07(7.3299) \\ - 13,394.59(6.4566) + 1,326,064.07(6.4566)$$

$$VPN = 10\,097\,117,79$$

- Opción núm. 7

Inversión inicial= Q 16 000 000,00

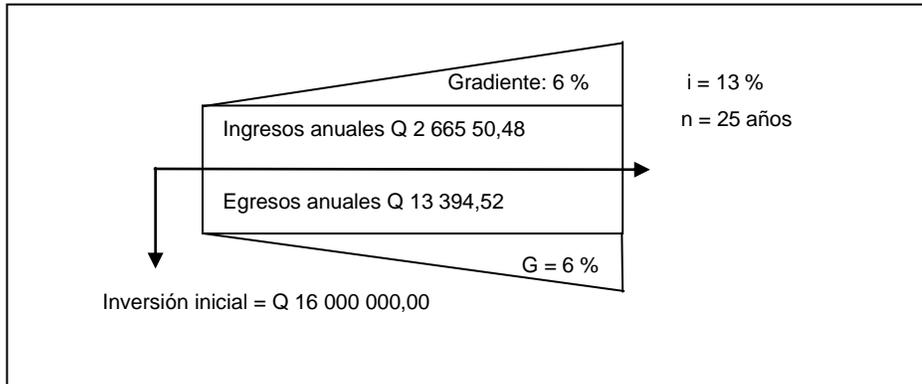
Interés anual= 13 %

Cantidad años a pagar = 25

Ingresos netos anuales= Q 2 665 509,48

Egresos netos anuales = Q 13 394,52

Figura 37. Diagrama de flujo de caja, opción 7



Fuente: elaboración propia.

- Cálculo: se utilizaron las tablas de factores de interés compuesto, en las cuales se busca la cantidad de años (n) el interés (I) y el valor que se quiere obtener; en este caso es un presente, dada una anualidad (P/A); asimismo se estará calculando el gradiente de serie anual A/G.

Tabla XXIX. Flujo efectivo, opción 7

Años	Egresos en quetzales	Ingresos en quetzales	Flujo neto en quetzales
0	(16 000 000,00)		(16 000 000,00)
1	13 394,59	2 665 509,48	2 652 114,89
2	14 198,26	2 825 440,04	2 811 241,78
4	15 050,15	2 994 966,44	2 979 916,29
5	15 953,15	3 174 664,42	3 158 711,27
6	16 910,33	3 365 144,28	3 348 233,95
7	17 924,95	3 567 052,93	3 549 127,98
8	19 000,44	3 781 076,10	3 762 075,66
9	20 140,46	4 007 940,66	3 987 800,20
10	21 348,88	4 248 117,10	4 226 768,22
11	22 629,81	4 503 004,12	4 480 374,31
12	23 987,59	4 773 184,36	4 749 196,77
13	25 426,84	5 059 575,42	5 034 148,58

Continuación de la tabla XXIX.

14	26 952,45	5 363 149,94	5 336 197,49
15	28 569,59	5 684 938,93	5 656 369,34
16	30 283,76	6 026 035,26	5 995 751,50
17	32 100,78	6 387 597,37	6 355 496,59
18	34 026,82	6 770 853,21	6 736 826,39
19	36 068,42	7 177 104,40	7 141 035,98
20	38 232,52	7 607 730,66	7 569 498,14
21	40 526,47	8 064 194,50	8 023 668,03
22	42 958,05	8 548 046,17	8 505 088,12
23	45 535,53	9 060 928,94	9 015 393,41
24	48 267,66	9 604 584,67	9 556 317,01
25	51 163,71	10 180 859,75	10 129 696,04

Fuente: elaboración propia.

$$\begin{aligned}
 VPN &= -16,000,000 - 13,394.52 \left(\frac{P}{A}, i, n \right) + 2,665,509.48 \left(\frac{P}{A}, i, n \right) \\
 &\quad - 13,394.52 \left(\frac{A}{G}, i, n \right) + 2,665,509.48 \left(\frac{A}{G}, i, n \right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 VPN &= -16,000,000 \\
 &\quad - 13,394.52 [((1 + 0.13)^{25} - 1) / (0.13 (1 + 0.13)^{25})] \\
 &\quad + 2,665,509.48 [((1 + 0.13)^{25} - 1) / (0.13 (1 + 0.13)^{25})] \\
 &\quad - 13,394.52 \left[\frac{1}{0.13} - \frac{25}{(1 + 0.13)^{25} - 1} \right] \\
 &\quad + 2,665,509.48 \left[\frac{1}{0.13} - \frac{25}{(1 + 0.13)^{25} - 1} \right]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 VPN &= -16,000,000 - 13,394.52 (7.3299) + 2,665,509.48(7.3299) \\
 &\quad - 13,394.52(6.4566) + 2,665,509.48(6.4566)
 \end{aligned}$$

$$VPN = 20\ 803\ 278,75$$

Tabla XXX. **Resumen de valor actual neto**

Núm.	Consumo kW-h	Costo mensual en quetzales	VAN
1	200	400,00	39 739,95
2	734	1 468,00	153 925,47
3	1 469	2 497,30	237 944,28
4	7 441	11 156,33	1 009 689,88
5	14 882	22 323,00	2 019 211,02
6	74 414,37	111 621,56	10 097 117,79
7	148 828	223 242,00	20 803 278,75

Fuente: elaboración propia.

En los siete casos estudiados se demostró que el VAN es mayor a cero; por lo tanto es viable el proyecto en todas las opciones.

CONCLUSIONES

1. Se determinó, por medio de los estudios, la viabilidad del uso de energía solar.
2. El equipo que se necesita para cada sistema fue descrito de una manera clara y específica para el uso de energía solar en la industria guatemalteca.
3. Son muchos los beneficios ambientales al usar una fuente de energía renovable, pues se conservan los recursos naturales y se da el uso apropiado a los recursos no renovables.
4. Se determinaron los costos del equipo y los costos asociados con la instalación el equipo fotovoltaico, para poder implementar el uso de energía solar; de modo que podrá seleccionarse la mejor opción en la demanda de los paneles fotovoltaicos en la industria guatemalteca.
5. Se dio a conocer la Ley de Energía Renovable en Guatemala, con sus fundamentos y especificaciones, para incentivar el uso de esta clase de energía en beneficio del medio ambiente.

RECOMENDACIONES

1. Los niveles de insolación en Guatemala varían, por lo que es importante tomarlo en cuenta al momento de realizar la instalación del equipo.
2. Es importante informar a las personas sobre el uso de energía renovable, ya que esto ayuda al planeta, reduciendo el consumo de combustibles fósiles.
3. Realizar por lo menos un servicio de mantenimiento anual a los paneles fotovoltaicos para que el factor de rendimiento siempre se mantenga alto y así obtener la mayor cantidad de ahorro en energía eléctrica.

BIBLIOGRAFÍA

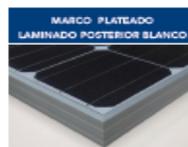
1. *Astronomía: característica del sol.* [en línea]. <<http://www.astromia.com/solar/sol.htm>>. [Consulta: 10 de marzo de 2014].
2. BACA URBINA, Gabriel. *Evaluación de Proyectos.* 5a ed. México: McGraw Hill, 2001, 2006. 247 p.
3. GAISMA. *Información de las horas de iluminación del sol y también la radiación del sol.* [en línea]. <<http://www.gaisma.com/en/dir/gt-country.html>>. [Consulta: 10 de marzo de 2014].
4. GALLARDO CERVANTES, Juan. *Formulación y evaluación de proyectos de inversión, un enfoque de sistemas.* 3a ed. México: McGraw Hill, 1998. 251 p.
5. PACHECO, Hernán. *Energía solar fotovoltaica, ¿Opción viable? cuando el prejuicio o la ignorancia ocultan su potencialidad.* [en línea]. <<http://www.offnews.info/downloads/EnerdossierInforme100909.pdf>>. [Consulta: 20 de febrero de 2014].
6. SÁNCHEZ VENERO, María de los Ángeles. *Estudio de la viabilidad de la energía solar térmica de baja temperatura en el ámbito industrial: caso práctico de aplicación en una empresa cárnica porcina.* Universidad de Valladolid España, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, 2005. 167 p.

ANEXOS

Anexo 1. Descripción panel solar

PANDA 60 Cell 40mm SERIES

YL280C-30b
YL275C-30b
YL270C-30b
YL265C-30b
YL260C-30b



YINGLI GREEN ENERGY

Yingli Green Energy (NYSE: YGE) es uno de los mayores fabricantes fotovoltaicos verticalmente integrado, que comercializa sus productos bajo la marca "Yingli Solar". Con más de 7GW de módulos instalados a nivel mundial, somos una empresa líder en energía solar basándonos en la fiabilidad de un producto probado y un rendimiento sostenible. Yingli es la primera empresa de energías renovables y la primera compañía China que patrocina la Copa Mundial de la FIFA™.

RENDIMIENTO

- Yingli Solar PANDA, es una nueva tecnología de células monocristalinas de tipo n que cuentan con una eficiencia media superior al 19,5%. Al combinar este factor con un cristal de alta transmitancia, se obtienen módulos con eficiencia del 17,1%.
- En comparación a los módulos tradicionales con células tipo p, los módulos PANDA tienen una degradación inicial menor y un mayor rendimiento ante condiciones de altas temperaturas y bajos niveles de irradiación.
- Tolerancia positiva ajustada de 0W a +5W asegurando una potencia en los módulos igual o superior a la nominal, contribuyendo a su vez a minimizar las pérdidas por dispersión de parámetros y a mejorar el rendimiento del sistema.
- Una alta clasificación en la prueba de rendimiento energético realizada por TÜV, "TÜV Rheinland Energy Yield Test" demuestra un alto rendimiento y una producción anual elevada.

FIABILIDAD

- Pruebas de laboratorios independientes demuestran que los módulos Yingli Solar:
 - Cumplen completamente con los certificados y normativas vigentes.
 - Soportan cargas de viento de hasta 2,4kPa y cargas de nieve de hasta 5,4kPa, confirmando así su estabilidad mecánica.
 - Resisten satisfactoriamente la exposición a niebla salina en su punto más severo y en ambientes con alto contenido de amoníaco, asegurando así el rendimiento en condiciones adversas.
- Empresa certificada por TÜV Rheinland ISO 9001: 2008, ISO140001: 2004 y BS OHSAS 18001: 2007.

GARANTÍAS

- Garantía de producto limitada de 10 años¹.
- Garantía de potencia limitada²: 1 año al 98% de la potencia de salida mínima, 10 años al 92% de la potencia de salida mínima y 25 años al 82% de la potencia de salida mínima.

¹ En cumplimiento de nuestros términos y condiciones de garantía.

CUALIFICACIONES Y CERTIFICADOS

IEC 61215, IEC 61730, MCS, CE, ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, BS OHSAS 18001:2007, SA 8000, PV Cycle



Fuente: PANDA.

