

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA



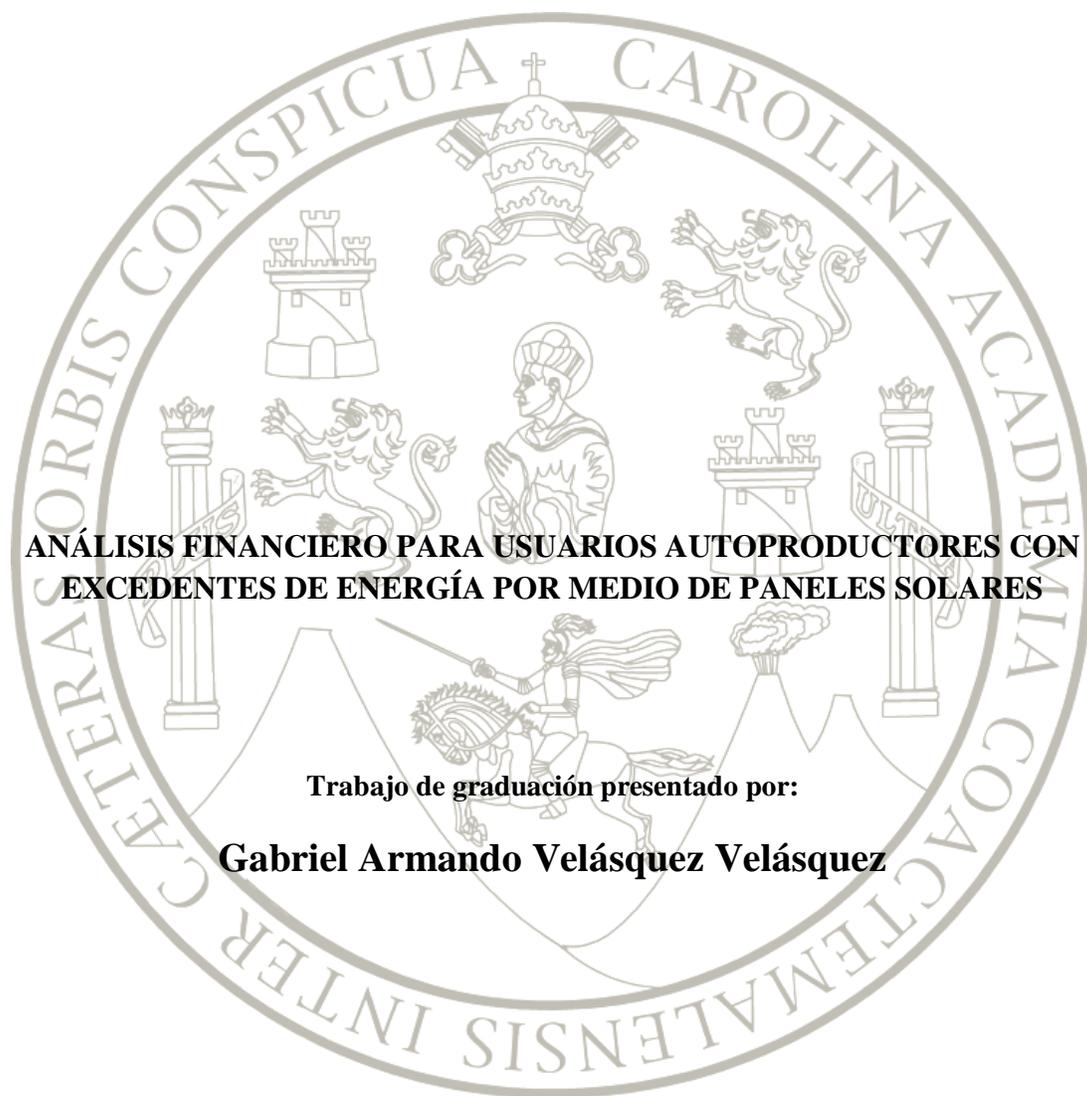
**ANÁLISIS FINANCIERO PARA USUARIOS AUTOPRODUCTORES CON
EXCEDENTES DE ENERGÍA POR MEDIO DE PANELES SOLARES**

Gabriel Armando Velásquez Velásquez

Maestría en Administración Industrial y de Empresas de Servicio

Guatemala, Mayo 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA



**ANÁLISIS FINANCIERO PARA USUARIOS AUTOPRODUCTORES CON
EXCEDENTES DE ENERGÍA POR MEDIO DE PANELES SOLARES**

Trabajo de graduación presentado por:

Gabriel Armando Velásquez Velásquez

Maestría en Administración Industrial y de Empresas de Servicio

Guatemala, Mayo 2015

JUNTA DIRECTIVA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

Dr. Rubén Dariel Velásquez Miranda	DECANO
M.A. Julieta Salazar de Ariza	SECRETARIO
M.A. Carolina Guzmán Quilo	VOCAL I
Sergio Alejandro Melgar Valladares, Ph. D.	VOCAL II
BR. Michael Javier Mó Leal	VOCAL IV
BR. Blanqui Eunice Flores de León	VOCAL V

CONSEJO ACADÉMICO
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

Rubén Dariel Velásquez Miranda, Ph.D.

Carolina Arévalo Valdez, PH.D.

Roberto Flores Arzú, Ph.D

Jorge Erwin López Gutiérrez, Ph.D.

Félix Ricardo Véliz Fuentes, MSc.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de graduación a:

- Dios** Porque no soy nada sin él, este triunfo es gracias a la sabiduría, dones, entendimiento y memoria, otorgadas por él.
- Mi padre** Armando Velásquez. Por ser mi orgullo, mi luz, mi modelo, mi fuente de inspiración y mi ejemplo a seguir, este triunfo es tuyo.
- Mi madre** Carmen Velásquez. Por darme la vida, siempre confiar en mí, ser mi fortaleza, por su amor incondicional y que gracias a ser una mamá estricta, hoy puedo decir, que gracias a tí, ahora tu hijo, ya tiene maestría.
- Mi esposa** Karen Rodríguez, gracias por su apoyo en mi carrera profesional, su amor y comprensión.
- Mi hija** Gabriela Valentina, quiero ser tu mejor ejemplo a seguir, todo esto, lo hago por ti.
- Mi hermano** Daniel Velásquez, este triunfo es tuyo también, para enseñarte que cuando te traces una meta, por más difícil que parezca, lucha por cumplirla, nunca te des por vencido.
- Mi primo** Franty Miranda, gracias por tu aprecio, ser mi hermano mayor y enseñarme a luchar por lo que quiero.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco especialmente a:

**La Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por abrirme sus puertas y los ojos al bello y maravilloso mundo del saber.

Facultad de Ingeniería

Por darme el conocimiento, forjarme y enseñarme que todo es posible de realizar.

**Facultad de Ciencias
Químicas y Farmacias**

Por darme otras herramientas para enfrentar mi vida profesional.

Mis amigos MAIES

Por brindarme experiencias nuevas, conocimientos distintos y sobre todo una sincera amistad.

RESUMEN EJECUTIVO

Definitivamente el tema de electricidad domiciliar es un tema importante para las personas que podrán leer el presente texto, ya que aquí se plantea una opción para ahorrar un poco en el consumo de energía eléctrica, por medio de la instalación de un sistema fotovoltaico.

El objetivo de este estudio, es realizar un análisis financiero en el cual se determinará si es rentable instalar paneles solares en el techo de nuestros domicilios, para inyectar energía eléctrica a la red de distribución, consumo propio y posteriormente estar vendiendo la electricidad que se genere y ver así reflejado un ahorro en la factura de energía eléctrica.

Existen varias preguntas o mitos acerca de la instalación de paneles solares que le han hecho mala fama a la generación de energía eléctrica por medio de estos sistemas fotovoltaicos, por ejemplo que solo van a poder conectar unos focos pequeños y que los electrodomésticos no los podrán conectar y que cuando ya no haya sol, no podrá conectar y que cuando ya no haya sol, no se podrá conectar los equipos, sin embargo todo lo que se dice de este tipo de generación es mentira, el presente documento dará a conocer cómo funciona en realidad este tipo de generación.

El método que usa para la instalación del sistema fotovoltaico es por medio de un contador bidireccional, el cual siempre se tendrá de respaldo para la energía eléctrica por medio de la distribuidora EEGSA y los paneles solares se conectan a la red de distribución, es por ello que siempre se tendrá energía eléctrica, cuando existe sol, que aproximadamente es de 6:00 a 18:00 horas, son 12 horas efectiva del sol, en este tiempo, se inyectará energía eléctrica a la red de distribución y si se consume en el hogar, se distribuye entre lo que se intacta y lo que se consume, cuando ya no hay sol, entra la energía eléctrica que proviene de EEGSA, es allí donde existe el ahorro, ya que como el contador va contabilizando la energía eléctrica consumida y cuando se inyecta el contador va en tendido contario.

El presente estudio, da a conocer que la recuperación aproximadamente se estará reflejando en 3 años y un mes, un panel solar aproximadamente tiene una vida útil de 25 años, por lo que es una opción muy rentable para disminuir el gasto de consumo de energía eléctrica en la facturar de electricidad. Después de haber analizado el presente estudio económico, se recomienda tomar en cuenta la instalación de una segunda opción para generar energía eléctrica por medio de un sistema fotovoltaico, y no depender únicamente de la EEGSA, ya que como se podrá dar cuenta, la recuperación es rápida y tiene una rentabilidad admirable en 25 años.

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	ANTECEDENTES	2
A.	Investigaciones previas	2
1.	Definiciones	2
2.	Sistema eléctrico en Guatemala.....	2
3.	Sistemas de generación.....	4
4.	Sistemas de transporte	4
5.	Sistema de distribución final	5
6.	Potencial solar	5
7.	Energía solar.....	6
8.	Aplicaciones de energía solar	7
9.	Energía solar y su importancia	8
10.	Naturaleza de la energía solar.....	9
11.	Utilización de la energía solar	11
12.	Tipos de aplicaciones de la energía solar fotovoltaica	12
13.	Utilización de la energía solar en Guatemala.....	13
14.	Generación distribuida renovable en Guatemala	14
15.	Antecedentes históricos de la generación distribuida renovable	15
16.	Generación distribuida renovable conectada a la red de distribución	17
17.	Recursos renovables en Guatemala	17
18.	Herramienta geoespacial (TOOLKIT).....	20
19.	Datos estadísticos	21
B.	Aspectos legales	22
1.	Ley general de electricidad.....	22
2.	Norma técnica de generación distribuida renovable y usuarios autoprodutores con excedentes de energía – NTGDR –.....	23
3.	Ley de la tarifa social para el suministro de energía eléctrica.....	25
4.	Ley de incentivos para el desarrollo de proyectos de energía renovable.....	26
5.	Resolución CNEE-227-2014.....	28
6.	Preguntas sobre UAEE.....	28
7.	Formularios UAEE.....	30

8.	Flujograma de inscripción UAEE.....	32
C.	Marco teórico	33
1.	Sistema fotovoltaico	33
2.	Partes del sistema fotovoltaico	33
3.	Aplicaciones en los sistemas fotovoltaico	44
4.	Sistemas individuales CD para aplicaciones domésticas	45
5.	Sistemas individuales CA para aplicaciones domésticas	45
6.	Pasos para conectar al sistema.....	47
7.	Cantidad de energía eléctrica producida	48
8.	Ubicación de los paneles fotovoltaicos	48
9.	Cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación del generador fotovoltaico	49
D.	Análisis financiero.....	50
1.	Costos.....	50
2.	Costos de sistemas fotovoltaicos domiciliarios	52
3.	Consumo aproximado de un UAEE.....	54
4.	Variables financieras	56
5.	Aspectos ambientales	60
III.	JUSTIFICACIÓN.....	62
IV.	OBJETIVOS.....	63
V.	METODOLOGÍA.....	64
A.	Tipo de estudio	64
B.	Universo	64
C.	Muestra.....	66
D.	Variables	67
E.	Métodos y técnicas de recolección de datos	68
F.	Métodos de análisis de los datos.....	68
VI.	RESULTADOS	69
VII.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	73
VIII.	CONCLUSIONES	74
IX.	RECOMENDACIONES	75
X.	BIBLIOGRAFÍA	76
XI.	ANEXOS	79

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sistema de Distribución	3
Figura 2 Aprovechamiento de Energía Solar en la DGE del MEM.....	6
Figura 3 Aplicaciones de Energía Solar en los domicilios.....	7
Figura 4 Distribución de la radiación solar al penetrar la atmósfera.....	11
Figura 5 Planta Solar de 5 MW, SIBO	15
Figura 6 Histórico GWh producidos por GDR instalados en el SNI	17
Figura 7 Radiación solar global anual y directa normal	19
Figura 8 Herramienta SWERA.....	20
Figura 9 UAEE conectados a EEGSA.....	21
Figura 10 UAEE conectados a ENERGUATE.....	21
Figura 11 Ley General de Electricidad y sus Reglamentos	22
Figura 12 Compendio de Normas Técnicas emitidas por la CNEE	25
Figura 13 Formulario para que el UAEE.....	30
Figura 14 Constancia de inspección técnica en instalaciones de un UAEE.....	31
Figura 15 Flujo de Conexión Usuario Autoprodutor con Excedente de Energía	32
Figura 16 Módulos Fotovoltaicos.....	37
Figura 17 Batería para sistemas fotovoltaicos	39
Figura 18 Típico regulador de carga fotovoltaico módulo.....	41
Figura 19 Ángulo de inclinación β	49
Figura 20 Ángulo de azimut α	49
Figura 21 Costos de un Sistema Fotovoltaico	50
Figura 22 Costos de Mantenimiento, Inversión o Reemplazo de un Sistema Fotovoltaico	51
Figura 23 Grafica de Índice cobertura eléctrica 2013, por Departamento.	65
Figura 24 Mapa de Cobertura Eléctrica 2013	66
Figura 25 Planilla del Servicio de Energía Eléctrica con y sin el sistema fotovoltaico.....	69
Figura 26 Comparación entre costo de la planilla de luz con y sin sistema fotovoltaico	70
Figura 27 Tabla comparativa de los ahorros percibidos en cada año.....	71

TABLAS

Tabla I. Histórico GWh producidos por GDR'S instalados en el Sistema Eléctrico Nacional ...	16
Tabla II. Estimado de Consumo y ahorro de UAEE conectados a la red de distribución	54
Tabla III. Análisis por un año del promedio de consumo de un UAEE	54
Tabla IV. Estimado de Consumo y ahorro de UAEE conectados a la red de distribución	55
Tabla V. Consumo de Energía Eléctrica, SIN colocar un sistema fotovoltaico	56
Tabla VI. Consumo de Energía Eléctrica, CON un sistema fotovoltaico	57
Tabla VII. Ahorro y recuperación de la inversión	59
Tabla VIII. Índice de Cobertura Eléctrica 2013 en el País de Guatemala	65
Tabla IX. Índice de Cobertura Eléctrica 2013 en el Departamento de Guatemala	67
Tabla X. Consumo del Cliente con y sin paneles solares	71

I. INTRODUCCIÓN

Un dato importante es que cada año el sol arroja cuatro mil veces más energía que la que consumimos, debido a esto, podemos decir que es una importante fuente de energía con gran potencial para el consumo humano. En comparación con la producción de energía a través de combustibles fósiles, tales como el carbón y el petróleo, el sol es una fuente de energía renovable más segura y menos contaminante.

Aunque actualmente la tecnología e infraestructura para el aprovechamiento de la energía solar está en proceso de desarrollo, esta fuente ya está siendo utilizada tanto en hogares como en industrias para la obtención de calor y electricidad.

En Guatemala, el alto costo económico, así como ambiental, que conlleva la importante tarea de generar energía eléctrica que, actualmente en muchos países como el nuestro, es el centro del desarrollo, es también un aspecto que empieza a despertar preocupación, debido al alto costo del servicio que se presta a la población y al impacto ambiental que todo el proceso implica.

Estos y otros varios aspectos llevan a investigadores e ingenieros a diseñar estrategias, así como equipos y dispositivos que en la medida de lo posible, vengán a minimizar los mencionados efectos, además de eso es importante explotar recursos, que a pesar de tener ya algún tiempo de existencia, recién empiezan a retomarse como fuentes productoras de energía eléctrica, hablamos de las energías renovables, energía solar eólica, térmica, etc., buscando así, además de beneficios ambientales y técnicos, también obtener beneficios económicos, que son tan importantes.

Hoy en día, cuestiones que pueden obtenerse con ciertos ajustes a la situación, pueden elevar su rendimiento hasta el punto de ser alternativas atractivas, económicamente y ambientalmente hablando, es el caso de la energía eléctrica que es generada por medio de paneles solares, que funcionando como sistemas aislados, presentan una eficiencia muy baja, proveniente de la necesidad de almacenar y racionar la energía, en cambio, si este sistema funciona en un conjunto, en el caso de los sistemas conectados a la red de distribución, además de elevar su eficiencia se convierten en una alternativa que puede ser de beneficio, y que además aporta un beneficio a la comunidad, lo cual es una finalidad de esta propuesta de tesis.

II. ANTECEDENTES

A. Investigaciones Previas

1. Definiciones

Previo a darle inicio a este trabajo, indicaremos varios términos que usaremos en el transcurso del trabajo, siendo estos, los siguientes:

- **Comisión:** Es la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, según se establece en la Ley General de Electricidad, órgano técnico del Ministerio.
- **EEGSA:** Empresa Eléctrica de Guatemala, Sociedad Anónima.
- **Energía Solar:** energía obtenida de la radiación solar.
- **Ministerio:** Ministerio de Energía y Minas, ente rector en el sector energético de Guatemala.
- **NTGDR:** Norma Técnica de Generación Distribuida Renovable y Usuarios Autoprodutores con Excedentes de Energía.
- **Panel Solar:** objeto para captar la energía solar.
- **Usuario Autoprodutor con Excedentes de Energía - UAEE- :** Es el Usuario del Sistema de Distribución que inyecta energía eléctrica ha dicho sistema, producida por generación con fuentes de energía renovable, ubicada dentro de sus instalaciones de consumo, y que no recibe remuneración por dichos excedentes. (CNEE- NTGDR, 2014)

2. Sistema Eléctrico en Guatemala

El sistema eléctrico es el conjunto de instalaciones, centrales generadoras, líneas de transmisión, subestaciones eléctricas, redes de distribución, equipo eléctrico, centros de carga y en general toda infraestructura destinada a la prestación del servicio, interconectados o no, dentro del cual se efectúan las diferentes transferencias de energía eléctrica entre diversas regiones del país.

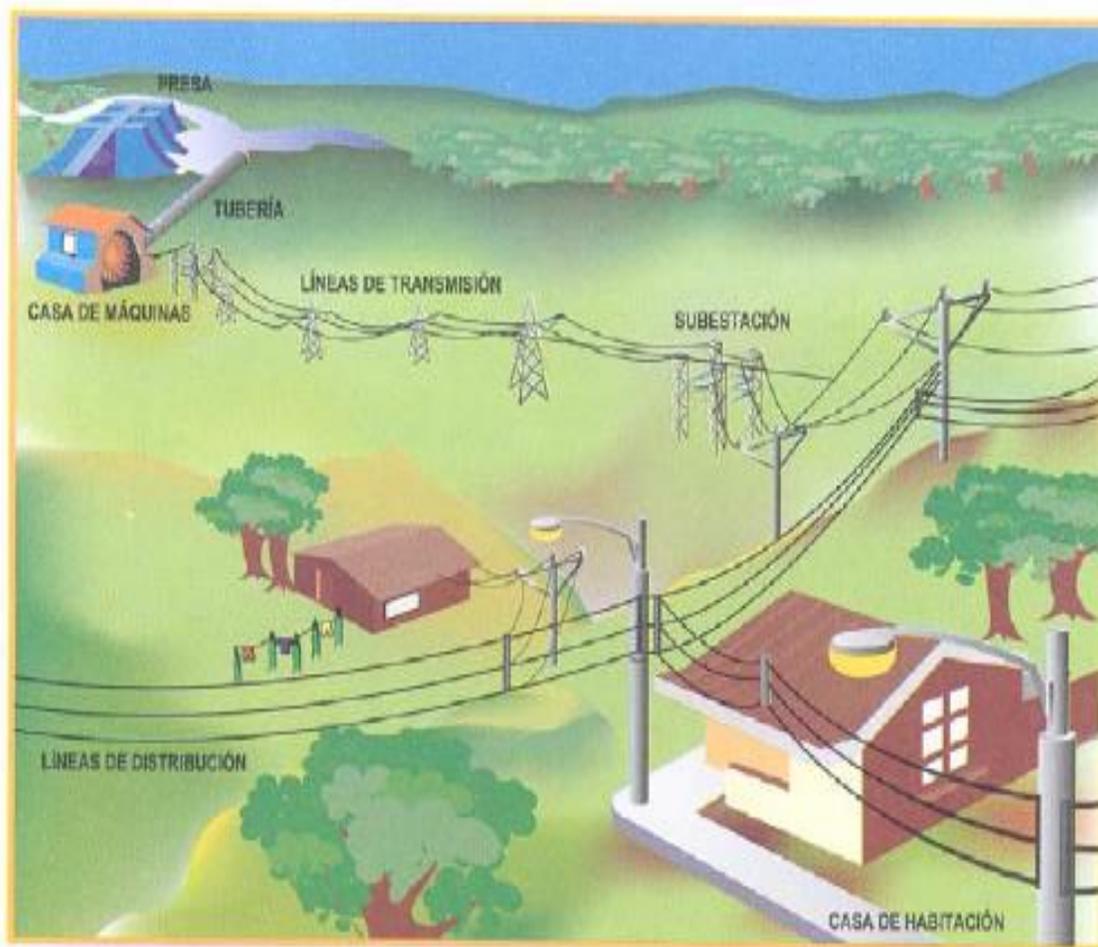
En su representación más simplificada, el sistema eléctrico se divide en sistema de generación (representa a la oferta de energía eléctrica), sistema de transporte (representa el medio de transferencia de la energía eléctrica de los sitios de producción a los de consumo) y sistema de

distribución (representa la demanda o consumo de energía eléctrica). (MEM, Guía del Inversionista 2012)

En Guatemala, el sistema eléctrico está conformado por el Sistema Eléctrico Nacional (SEN), el cual está integrado por el Sistema Nacional Interconectado (SNI) y algunos sistemas aislados.

La operación del SNI y todos sus elementos eléctricos es una de las responsabilidades del AMM estando regido por las Normas de Coordinación Operativa. Estas Normas son un conjunto de disposiciones y procedimientos que tienen por objeto garantizar la coordinación de la operación del Sistema Nacional Interconectado, para abastecer la demanda a mínimo costo, manteniendo la continuidad y la calidad del servicio. Estas son aprobadas por la CNEE.

Figura 1. Sistema de Distribución



Fuente: Guía del Inversionista 2012

3. Sistemas de Generación

El sistema de generación está conformado por centrales: hidroeléctricas, turbinas de vapor, turbinas de gas, motores de combustión interna y centrales geotérmicas.

La actividad de la generación no está sujeta a autorización del MEM, salvo aquellas que hacen uso de bienes de dominio público, tales como las hidroeléctricas y las geotérmicas. (MEM, Guía Del Inversionista 2012)

En la generación actual predominan las centrales térmicas, ya que su periodo de construcción es corto, la inversión inicial es menor, por lo que el retorno del capital inicial sea da en un tiempo menor.

La operación de las centrales generadoras es coordinada por el AMM y ejecutada por los generadores.

4. Sistemas de Transporte

El sistema de transporte está conformado por el sistema principal y el sistema secundario. El sistema principal es compartido por los generadores e incluye la interconexión Guatemala - El Salvador; el sistema secundario está conformado por la infraestructura eléctrica utilizada por los generadores para el suministro de energía al sistema principal. El sistema secundario es el medio de interconexión de un generador a la red de transmisión.

La actividad del transporte está sujeta a autorización del MEM, si utiliza bienes de dominio público; El acceso y la ampliación del sistema requiere autorización de la CNEE; La operación de sistema de transporte es coordinada por el AMM y ejecutada por los transportistas.

La interconexión eléctrica Guatemala-México, es una realidad que permite que Guatemala reciba de México hasta 200 MW, la cual fue inaugurada el 26 de octubre de 2009.

El sistema de transporte para el futuro estará interconectado con Centroamérica y Belice, a través de:

- Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central, SIEPAC.

- Interconexión Guatemala - Belice.

(MEM, Guía del Inversionista 2012)

Hoy en día ya la interconexión centroamericana es todo un éxito, además la interconexión con México también ya ha dado buenos frutos.

5. Sistema de Distribución Final

El sistema de distribución está integrado por la infraestructura de distribución (líneas, subestaciones y redes de distribución) que opera en tensiones menores a 34.5 kV.

La operación de las principales componentes del sistema de distribución es coordinada por el AMM y ejecutada por los distribuidores. Las principales empresas distribuidoras son:

- Empresa Eléctrica de Guatemala, S. A. –EEGSA-, quien presta el servicio eléctrico en el área central del país.
- Distribuidora de Electricidad de Occidente, S. A., -DEOCSA-, quien presta el servicio eléctrico en los departamentos del occidente del país. – ENERGUATE –
- Distribuidora de Electricidad de Oriente, S. A., -DEORSA-, quien presta el servicio eléctrico en los departamentos del oriente. – ENERGUATE –
- Las Empresas Eléctricas Municipales –EMM- (Empresas Públicas), y
- Empresas de Distribución Privada.

La actividad de la distribución está sujeta a autorización del MEM, si utiliza bienes de dominio público.

6. Potencial Solar

El valor anual de radiación global solar para todo el país, en promedio es de 5.3 kWh/m²/día. La importancia de este mapa radica en que se pueden conocer los lugares en donde debido al nivel de radiación se hace más viable para el desarrollo de proyectos fotovoltaicos y fototérmicos, como calentadores solares, secadores, entre otros.

7. Energía Solar

La energía solar es aquella que proviene del sol, esta energía puede ser transformada en energía térmica y en energía eléctrica. Para obtener energía eléctrica se usa un sistema fotovoltaico, el cual consiste en un conjunto de elementos de ciertas características conectados convenientemente que convierten la radiación solar en electricidad.

Podemos mencionar que la radiación solar que alcanza la Tierra ha sido aprovechada por el ser humano desde la Antigüedad, mediante diferentes tecnologías que han ido evolucionando con el tiempo desde su concepción. En la actualidad, el calor y la luz del Sol puede aprovecharse por medio de captadores como células fotovoltaicas, helióstatos o colectores térmicos, que pueden transformarla en energía eléctrica o térmica. Es una de las llamadas energías renovables o energías limpias, que pueden ayudar a resolver algunos de los problemas más urgentes que afronta la humanidad, esto con el fin de tener un ahorro en la factura de energía eléctrica que emite las distribuidoras de energía eléctrica (EEGSA y ENERGUATE). (MEM, Guía Del Inversionista 2012).

Figura 2. Aprovechamiento de Energía Solar en la Dirección General de Energía del Ministerio de Energía y Minas, se logra observar un juego de paneles solares y al fondo, un calentador de agua térmico.



Fuente: Elaboración Propia.

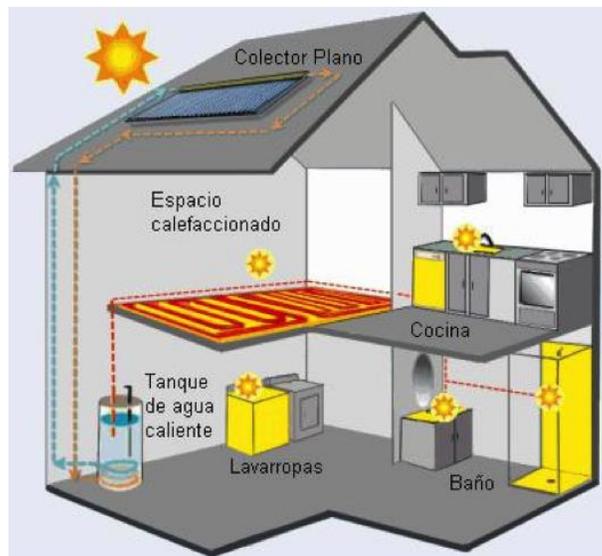
8. Aplicaciones de Energía Solar

Existen varias aplicaciones que puede proporcionar la energía solar, convertida en energía eléctrica, a través de los captadores solares, puede destinarse a satisfacer numerosas necesidades en un hogar. Por ejemplo, se puede obtener agua caliente para consumo doméstico, dar calefacción a nuestros hogares e incluso climatizar piscinas.

Así también, la refrigeración es otra de las aplicaciones de la energía solar. Para obtener frío se debe disponer de una fuente cálida, la cual puede proveerse a través de paneles solares instalados en el techo de una casa.

En la actualidad los principales aparatos que se usan recurriendo a energía solar térmica son los calentadores de agua y las estufas solares. Así mismo, ésta fuente se puede utilizar en pequeños instrumentos como cargadores, relojes o calculadoras. (Silva, Vergara, Zambrano, Cevallos, 2014)

Figura 3. Aplicaciones de Energía Solar en los domicilios, se puede observar un colector (panel solar), para captar la energía solar y convertirla en energía eléctrica.



Fuente: <http://ecoactivate.co/wp-content/uploads/2013/07/Sin-t%C3%ADtulo.png>.

Sin embargo, no solo en el uso doméstico, la energía solar puede tener aplicaciones, también en la industria agropecuaria, en el sector de transporte y en la minería, puede tener varias aplicaciones. Así mismo, el sector alimentario, textil y químico se beneficia de este tipo de energía renovable.

Entre los ejemplos más comunes de la aplicación de energía solar están los invernaderos solares, con las cuales se obtienen mayores y más tempranas cosechas. De igual forma, se utiliza la energía solar en secaderos agrícolas para la reducción en gastos e impacto ambiental.

La energía solar también puede ser aplicada en plantas de purificación o desalinización de aguas, sin consumir ningún tipo de combustible. Así mismo, sistemas de lavado y secado industrial también aprovechan esta fuente.

Como podemos ver, los usos que se le puede dar a la energía solar son muy amplios y día tras día se están descubriendo nuevas tecnologías para poder aprovecharlas mejor. Cada vez más personas y empresas se unen a la utilización de energía solar como fuente de sus actividades- Este panorama resulta positivo para el medio ambiente pues reduce el uso de hidrocarburos y sus negativos efectos como la destrucción de la capa de ozono y el calentamiento global. (Silva, Vergara, Zambrano, Cevallos, 2014)

9. Energía Solar y su Importancia

El Sol como fuente de energía se caracteriza por no ser contaminante, al contrario es en extremo limpio siendo además de acceso libre e ilimitado. Por lo que ante la búsqueda de nuevas fuentes de energía, la energía solar se convierte en una alternativa viable de cara a los problemas actuales de contaminación ambiental generalizada.

La potencia energética que irradia el sol al espacio es de 4×10^{23} kWh en todas direcciones; ésta es superior a la suma de 21,000,000 centrales nucleares trabajando juntas a pleno rendimiento. En sólo un segundo, el sol emite más energía que la que ha consumido la humanidad a lo largo de toda su historia. La potencia recibida por cada metro cuadrado en la superficie de nuestro planeta es superior a los 1000 Watt/m^2 .

Pese a lo anterior, actualmente la energía solar no ha sido utilizada en gran escala, debido a que han existido otras fuentes relativamente fáciles de aprovechar, como los combustibles fósiles. La situación existente ha sido mantenida por los intereses geopolíticos, económicos-financieros en no cambiar los tipos de generación energética; además, dicha situación se ve influenciada por los factores tecnológicos y culturales.

Los países menos desarrollados, son los que tienen urgencia inmediata de aplicar la energía solar, al no poseer los recursos naturales que suministran los combustibles fósiles, los cuales se ven obligados a importar, creando de esa manera una fuga de divisas, muy necesarias para su desarrollo.

10. Naturaleza de la Energía Solar

La energía solar es la energía electromagnética que emite el sol; para fines prácticos se tienen longitudes de onda comprendidas entre los 250 nm - 2500 nm, y su intensidad es inversamente proporcional a la distancia; es decir que, es menor entre más lejos se encuentre del sol, por lo que de la energía total emitida, solamente llegan a la tierra unas 2 billonésimas partes, las que son responsables de todos los procesos meteorológicos y biológicos (fotosíntesis y formación de combustible fósil), que se realizan en ella. (Díaz Castillo Oscar Marcelo, 2005)

Las ondas electromagnéticas son de varios tipos, siendo su característica principal la diferente longitud de onda y la cantidad de energía transportada por cada una, debido a que entre más pequeña sea su longitud, mayor será la energía transportada por ella.

Dichas ondas atraviesan diversas barreras antes de llegar a la superficie terrestre, las cuales son:

- a) El campo electromagnético de la tierra (cinturón Van-Allen), retiene o absorbe una gran porción de los rayos X y Gamma.
- b) La capa de ozono impide el paso de la mayor parte, de los rayos ultravioleta, aunque deja pasar radiaciones de mayor longitud de onda.
- c) Nubes y gases (tanto naturales como producidos por el hombre), y polvos que reflejan, refractan, absorben o irradian hacia el espacio exterior, las radiaciones que alcanzan la baja atmósfera, como son la luz visible y los rayos del infrarrojos cercanos.

Debido a los diferentes filtros o barreras, las ondas sufren una serie de perturbaciones o alteraciones al atravesar la atmósfera, lo que provoca que la cantidad de energía que llega sea variable, inclusive en un mismo punto; esto impide establecer un valor fijo de la misma.

De ahí se tiene, que la Insolación que es la cantidad de energía solar recibida por unidad de área en la unidad de tiempo, puede clasificarse en los siguientes tipos:

- a) Directa (o rayo de luz), es la recibida del sol sin cambio de dirección.
- b) Difusa, esta es aquella que es captada o recibida en la superficie terrestre cuya dirección ha sido cambiada por reflexión o refracción.
- c) Reflejada, es aquella reflejada por superficies de cuerpos sólidos cercanos (edificios, rótulos, etc.) o por la superficie terrestre (nieve, asfalto, lagos, etc.).

La suma de la radiación directa más la difusa se llama radiación solar global y es la que se utiliza para diversas aplicaciones

La conversión de energía solar en calor, para producir electricidad directa, se realiza mediante procesos fotovoltaicos. En un día claro, la insolación directa tiene un valor entre 80 % y el 85 %; este porcentaje baja según la sombra de cada día. (Díaz Castillo Oscar Marcelo, 2005)

Esta forma de energía (la insolación) tiene en general las siguientes características:

- a) Es de baja intensidad (La relación energía / área es pequeña).
- b) Dicha intensidad es variable, tanto de un día para otro, como de un momento a otro.
- c) Es intermitente, ya que solamente está disponible durante el día, y a veces únicamente en ciertas horas del mismo.

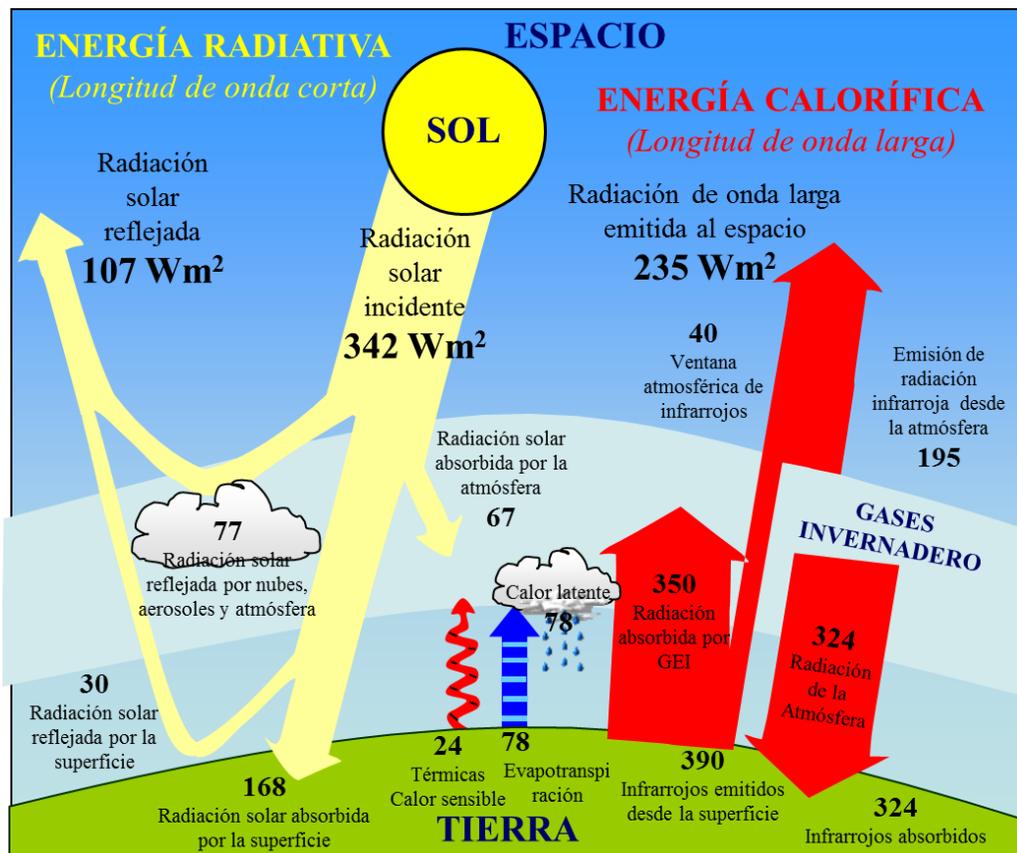
Existen en general dos factores que se consideran fundamentales en la variación del grado de insolación, los cuales son:

- a) Número de horas sol, es decir el tiempo que dura la iluminación solar, expresado en horas.
- b) Angulo de incidencia (Φ), el que está descrito entre el rayo de luz o radiación directa y la normal a la superficie sobre la cual aquella incide.

Asociada con el último factor se encuentra el grado de atenuación, que depende de la longitud de la trayectoria recorrida por la radiación dentro de la atmósfera; es decir, que cuanto más oblicua es la trayectoria mayor es la distancia recorrida; y por consiguiente, la atenuación será más grande. (Díaz Castillo Oscar Marcelo, 2005)

Estos factores dependen, ya sea directa o indirectamente de condiciones tales como: latitud, época del año, configuración orográfica, nubosidad, altitud y contaminación atmosférica.

Figura 4. Distribución de la radiación solar al penetrar la atmósfera.



Fuente: http://lookfordiagnosis.com/mesh_info.php?term=radiaci%C3%B3n&lang=2

11. Utilización de la Energía Solar

La utilización de la energía solar para generar electricidad ha sido implementada exitosamente desde hace ya varias décadas, de hecho el generador solar fotovoltaico compuesto por células solares no constituye novedad alguna: tiene ya más de 40 años.

Los primeros satélites artificiales ya iban equipados con él, con el fin de asegurar su autonomía en cuanto a energía para el funcionamiento.

La atención tan grande que ahora provocan se debe únicamente a la posibilidad de poder utilizarlos como una alternativa económicamente viable y ecológicamente necesaria. Existen dos tipos de utilización de energía solar, una de ellas es la energía solar térmica o energía termosolar consiste en el aprovechamiento de la energía del sol para producir calor que puede aprovecharse para la producción de agua caliente destinada al consumo de agua doméstico, ya sea agua caliente sanitaria, calefacción o para producción de energía mecánica y a partir de ella, de electricidad. Adicionalmente puede emplearse para alimentar una máquina de refrigeración por absorción, que emplea calor en lugar de electricidad para producir frío con el que se puede acondicionar el aire de los locales.

En cuanto a la generación de agua caliente para usos sanitarios, hay dos tipos de instalaciones: las de circuito abierto y las de circuito cerrado. En las primeras, el agua de consumo pasa directamente por los colectores solares.

Este sistema reduce costos y es más eficiente (energéticamente hablando), pero presenta problemas en zonas con temperaturas por debajo del punto de congelación del agua, así como en zonas con alta concentración de sales que acaban obstruyendo los paneles.

El otro tipo de utilización de energía solar, es la fotovoltaica, la cual consiste en la conversión directa de la luz solar en electricidad, mediante un dispositivo electrónico denominado "célula solar"; estas células se interconectan y agrupan en módulos que pueden generar 0,9kWh/día m² (aprox. 1,5m² un módulo). Esta conversión de la energía de luz en energía eléctrica es un fenómeno físico conocido como efecto fotovoltaico. La radiación solar es captada por los módulos fotovoltaicos, entonces estos generan energía eléctrica (efecto fotovoltaico) en forma de corriente continua. (Díaz Castillo Oscar Marcelo, 2005)

12. Tipos de Aplicaciones de la Energía Solar Fotovoltaica

Existen dos formas de utilizar la energía eléctrica generada a partir del efecto fotovoltaico:

- Primeramente encontramos instalaciones aisladas de la red eléctrica, que son sistemas en las que la energía generada se almacena en baterías para poder disponer de su uso cuando sea preciso. Estos sistemas se emplean sobre todo en aquellos lugares en los que no se tiene

acceso a la red eléctrica y resulta más económico instalar un sistema fotovoltaico que tender una línea entre la red y el punto de consumo.

En segundo lugar, encontramos las instalaciones conectadas a la red eléctrica convencional, en las que toda la energía generada se envía a la red eléctrica convencional para su distribución donde sea demandada. Debido a que la instalación fotovoltaica objeto del presente proyecto corresponde a esta segunda tipología, en adelante se presentaran en detalle los sistemas conectados a la red eléctrica.

13. Utilización de la Energía Solar en Guatemala

En nuestro país, el uso de la energía solar como medio para la producción de energía eléctrica, es relativamente reciente, las primeras aplicaciones de este tipo de tecnología aparecieron alrededor del principio de los años ochenta como alternativa para llevar electricidad a lugares en donde no existe una establecida red de distribución de energía eléctrica, las aplicaciones se dan, como es de suponer, en mayor número en el área rural. El uso de sistemas fotovoltaicos en el área rural guatemalteca consta de sistemas de bombeo de agua, sistemas de iluminación, refrigeración de vacunas y como única alternativa de fuente energética en muchas comunidades aisladas. En los últimos años el uso de sistemas fotovoltaicos por el Ministerio de Energía y Minas es una estrategia empleada para llevar a cabo el programa de electrificación rural ya que es mucho más económico dicho tipo de electrificación que montar un sistema de líneas de transmisión y distribución, además, existen diferentes organizaciones internacionales de ayuda como USAID que por medio de ONG's llevan a cabo también proyectos de esta índole en diversas partes de nuestra república. A continuación, se presentan algunos ejemplos del uso de la energía fotovoltaica en Guatemala. (Díaz Castillo Oscar Marcelo, 2005)

A solicitud de las comunidades interesadas se llevó a cabo un análisis sobre las posibilidades de aprovechamiento de la energía solar y eólica en ciertos Departamentos en la que se formularon perfiles de proyectos que abarcaban el uso de la energía solar para iluminación, calentamiento de agua y riego. La metodología desarrollada por el Proyecto ha sido aplicada por el Ministerio de Energía y Minas en otras zonas del país, especialmente para la difusión de la energía eléctrica.

Se llevó a cabo el Proyecto Piloto de Refrigeración de Vacunas Mediante Sistemas Fotovoltaicos en Xecojol y Las Lomas, situadas en los Departamentos de Chimaltenango y Sacatepéquez, a unos 100

kilómetros de la ciudad capital. El objetivo fue proveer de un sistema de refrigeración de vacunas a estas aldeas desprovistas de electricidad y evaluar la utilización de los sistemas fotovoltaicos.

El proyecto se puede considerar un ejemplo a nivel nacional. El sistema fotovoltaico ha sido acogido por los usuarios en forma muy positiva, ya que requiere poca atención en su mantenimiento.

Buscar las mejorías necesarias para los hombres, mujeres y niños que conforman las 77 familias del caserío Pisuche, fue uno de los objetivos que se fijó la organización de la Asociación Comunitaria de Desarrollo Integral para gestionar ante diversas entidades del Estado, la introducción del servicio de energía eléctrica, siendo atendidos por parte del Fondo Nacional para la Paz (FONAPAZ) a través del Programa de Reconstrucción y Desarrollo Local (PDL).

Cambiar las condiciones de vida de los pobladores y dejar atrás el uso del ocote y las candelas, es una realidad hoy para los pobladores del caserío Pisuche, aldea El Papal, de San Idelfonso Ixtahuacán, Huehuetenango, ya que a través del PDL, se realizó la inauguración de la introducción de energía fotovoltaica. (Díaz Castillo Oscar Marcelo, 2005)

14. Generación Distribuida Renovable en Guatemala

El término, energía renovable, engloba una serie de fuentes de energía que en teoría se consideran inagotables a escala humana, ya que se producen de forma continua con el paso del tiempo. Estas fuentes son una alternativa a las otras llamadas convencionales (no renovables) y producen un impacto ambiental mínimo. (Gómez Consuegra Juan Elpidio, 2013)

Con la excepción de la geotermia, la totalidad de las energías renovables se derivan directa o indirectamente de la energía solar. Directamente en el caso de la luz y el calor producidos por la radiación solar, e indirectamente en el caso de las energías eólica, hidráulica, mareas, olas y biomasa, entre otras; porque el calor provoca en la Tierra las diferencias de presión que dan origen a los vientos, fuente de la energía eólica. También de este procede la energía hidráulica, pues ordena el ciclo del agua y causa la evaporación que predispone la formación de nubes, y, por tanto, de las lluvias.

Se considera que el Sol abastecerá estas fuentes de energía (radiación solar, viento, lluvia, etc.), durante los próximos cuatro mil millones de años. La primera ventaja de una cierta cantidad de

fuentes de energía renovables es que no producen gases de efecto invernadero ni otras emisiones, contrariamente a lo que ocurre con los combustibles, sean fósiles o renovables.

Algunas fuentes renovables no emiten dióxido de carbono adicional, salvo los necesarios para la construcción y funcionamiento, y no presentan riesgo alguno, tales como el riesgo nuclear. (Gómez Consuegra Juan Elpidio, 2013)

Figura 5. Planta Solar de 5 MW, SIBO inaugurada por el Señor Otto Pérez Molina, Presidente de Guatemala y el Ing. Erick Archila, Ministro de Energía y Minas.



Fuente: <http://www.solarserver.com/404.html>

15. Antecedentes Históricos de la Generación Distribuida Renovable

En los inicios de la Industria Eléctrica la necesidad del suministro eléctrico en una localidad era satisfecha a través de la instalación de generadores distribuidos. La Industria Eléctrica inició utilizando Generación Distribuida (GD), es decir, generación situada en la propia red de

distribución, muy cerca de la demanda. La planeación de la generación se diseñaba para satisfacer la demanda con cierto margen de reserva (seguridad).

La Generación Distribuida (GD) representa hoy en día, un cambio en el paradigma de la generación de energía eléctrica centralizada. Como definición se puede entonces decir que la GD es la generación o el almacenamiento de energía eléctrica a pequeña escala, lo más cercana posible al centro de carga, con la opción de interactuar con la red eléctrica de la Compañía Suministradora, la tabla I muestra una breve historia de la Generación Distribuida Renovable instalada en las redes de distribución en Guatemala a partir del 2008. (Gómez Consuegra Juan Elpidio, 2013)

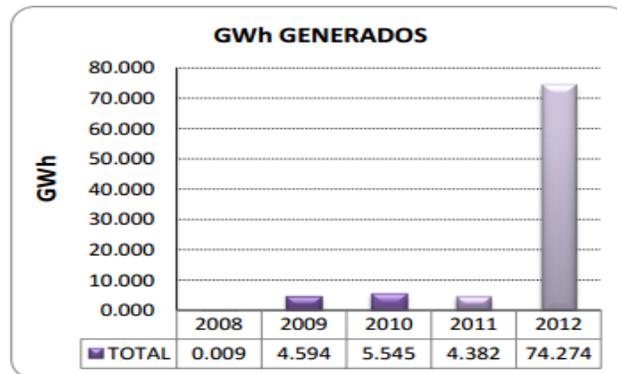
Tabla I. Histórico GWh producidos por Generadores Distribuidos Renovables instalados en el Sistema Eléctrico Nacional

GENERACIÓN DISTRIBUIDA RENOVABLE INSTALADA EN EL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL						
NOMBRE	UBICACIÓN	ENERGIA	ENERGIA	ENERGIA	ENERGIA	ENERGIA
		GWh	GWh	GWh	GWh	GWh
		2008	2009	2010	2011	2012
SANTA ELENA	Escuintla, Escuintla	0.009	2.394	0.5	0.189	1.985
KAPLAN CHAPINA	Pueblo Nuevo, Viñas Santa Rosa		0.491	0.5	0.112	1.785
CUEVAMARIA	Cantel, Quetzaltenango		1.710	4.1	1.339	24.552
LOS CERROS	San José El Rodeo, San Marcos			0.5	0.15	4.272
COVADONGA	Nuevo San Carlos, Retalhuleu				0.12	3.381
JESBON MARAVILLAS	Malacatán, San Marcos				0.07	1.319
EL PRADO	Colomba, Quetzaltenango				0.00	1.521
OSCANA	San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez				0.02	0.318
HIDRO HDMM	Escuintla, Escuintla				0.25	10.894
HIDRO LA PERLA	San Miguel Tucurú, Alta Verapaz				0.64	9.349
HIDROELECTRICA SAC-JA	Purulhá, Baja Verapaz				0.60	5.344
INGENIO PALO GORDO	San Antonio, Suchitepéquez				0.66	3.312
SAN JOAQUIN 2	San , Verapaz Alta Verapaz				0.23	4.185
LUARCA	Mazatenango, Suchitepéquez					0.430
CERRO VIVO	Chinautla, Guatemala					1.625
TOTAL		0.009	4.594	5.545	4.382	74.274
TOTAL GENERADORES		1	3	4	13	15

Fuente: Juan Elpidio Gómez Consuegra, Inserción de Generación Distribuida en la Red de Distribución Eléctrica de Guatemala, P.3

En la siguiente figura, se representa el histórico de la energía generada por dichas plantas a partir del 2008 hasta el 2012.

Figura 6. Histórico GWh producidos por Generadores Distribuidos Renovables instalados en el Sistema Eléctrico Nacional



Fuente: Juan Elpidio Gómez Consuegra, Inserción de Generación Distribuida en la Red de Distribución Eléctrica de Guatemala, P.4

16. Generación Distribuida Renovable Conectada a la Red de Distribución

La Generación Distribuida, también conocida como generación in-situ, generación descentralizada, generación dispersa o energía distribuida, consiste básicamente en la generación de energía eléctrica por medio de muchas pequeñas fuentes de energía. (Gómez Consuegra Juan Elpidio, 2013)

La definición más global de la Generación Distribuida vendría a decir que es aquella que se conecta a la red de distribución de energía eléctrica y que se caracteriza por encontrarse instalada en puntos cercanos al consumo. Las características generales son:

- Baja producción de emisiones atmosféricas.
- Reducen pérdidas en la red, al reducir los flujos de energía por la misma.
- La energía vertida no revierte flujos hacia la red de transporte.
- En Guatemala deben tener potencias inferiores o iguales a 5 MW de potencia instalada.

17. Recursos Renovables en Guatemala

Guatemala es un país que cuenta con una gran cantidad de recursos naturales de tipo renovable, dentro de los más importantes está la hidráulica, la solar, la eólica y la de biomasa, los cuales tienen un gran potencial energético.

Considerando que los recursos con que cuenta el país son suficientes en cantidad y calidad, el 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 población centroamericana en general, minimizando así una fuga irreversible de divisas por concepto de compra de estos combustibles no disponibles localmente.

Actualmente en Guatemala existe la Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable del Ministerio de Energía y Minas con el objeto de promover el desarrollo de proyectos de energía renovable y establecer los incentivos fiscales, económicos y administrativos para el efecto, con el fin de que los inversionistas realicen proyectos en nuestro país.

Para lograr el objetivo establecido por dicha ley, el Ministerio de Energía y Minas está promoviendo la localización e inventario de los recursos energéticos renovables, que sirvan para la generación de energía y con la ayuda técnica y financiera del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) se desarrolló el proyecto Solar and Wind Energy Resource Assessment (SWERA), con el propósito de promover la utilización de la energía eólica y solar, minimizando así las barreras causadas por la falta de información.

La evaluación de los recursos de energía solar y eólica SWERA (Solar Energy Resource Assessment and Wind Energy).

Solar Energy Resource, Proporciona información sobre el recurso solar en un lugar específico que está disponible para el uso de tecnología solar. Cuenta con mapas y datos del recurso solar disponible, así como la documentación sobre la metodología empleada para generar estas estimaciones de recursos solares. Los datos y mapas de recursos se derivan de modelos y observaciones de satélites meteorológicos globales y no contienen información específica del sitio de medición. (Gómez Consuegra Juan Elpidio, 2013)

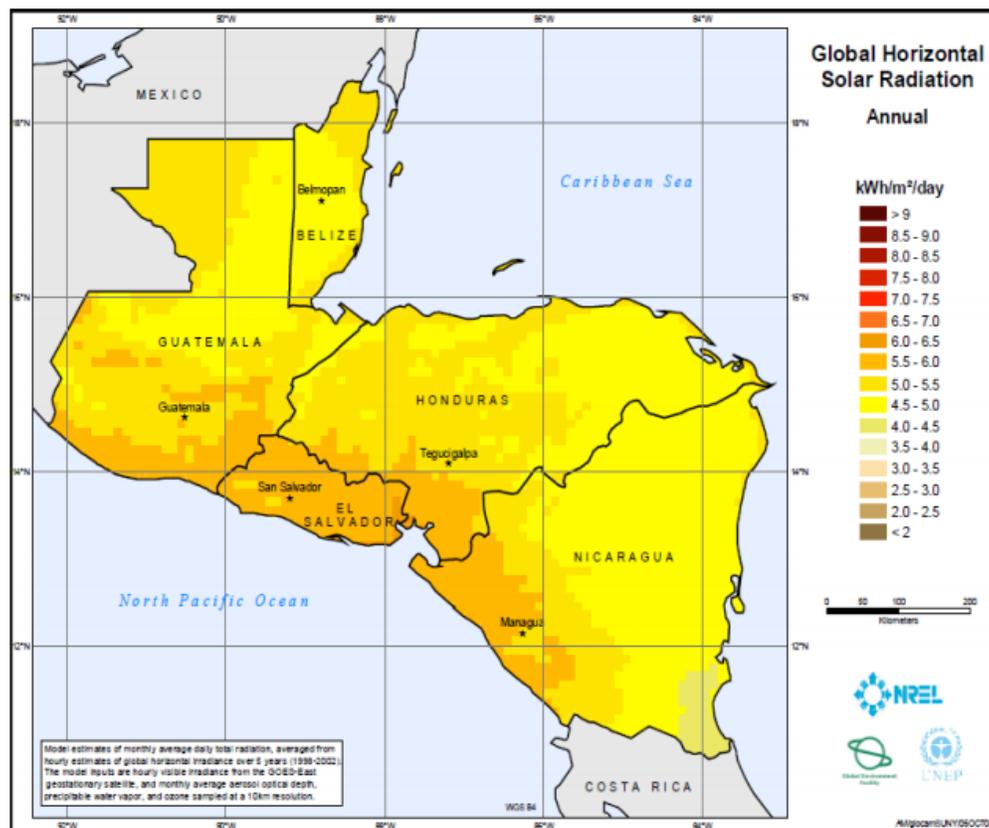
El mapa de recurso solar, puede ser utilizado para identificar visualmente las zonas ricas en recursos solares dentro de un país o región, y permiten una mirada sencilla a los datos sin la necesidad de navegar a través de grandes conjuntos de datos. La resolución de cada mapa varía en por ejemplo, 10, 40 km, etc, y la resolución específica se señala en cada mapa. El potencial de recursos

renovables para cada celda se muestra como un color correspondiente a un valor determinado, que puede ser determinado por referencia a la barra de escala en cada mapa.

El valor del potencial de recursos para una celda del mapa también es específico para un período de tiempo definido. Algunos mapas pueden mostrar los valores medios anuales y otros pueden presentar los datos de cada mes o temporada. El período durante el cual los datos se aplican está indicado en cada mapa. (Gómez Consuegra Juan Elpidio, 2013)

Se definirá que el término irradiación se refiere a la cantidad de energía solar recibida durante un determinado período, mientras que el término irradiancia se refiere a la potencia instantánea recibida. En términos de unidades la irradiancia se mide en W/m^2 mientras que la irradiación en Wh/m^2 .

Figura 7. Radiación solar global anual y directa normal, en $kWh/m^2/día$, para Guatemala con resolución de 10 por 10 km, desarrollado por el programa SWERA_GST, aplicación SWERA3



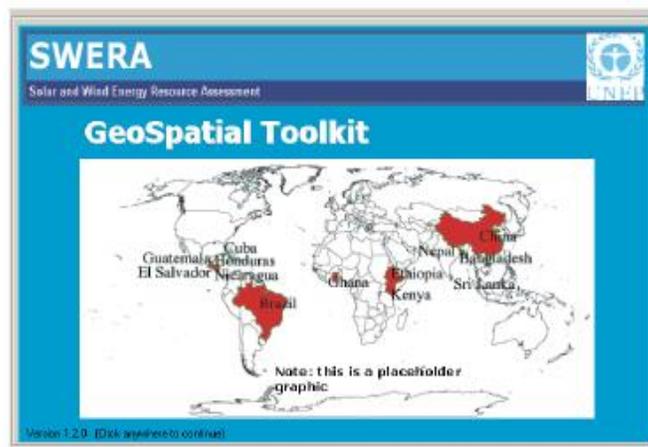
Fuente: SWERA.

18. Herramienta Geoespacial (Toolkit)

Esta herramienta fue desarrollada como parte del proyecto Solar and Wind Energy Resource Assessment -SWERA- y permite conocer el potencial eólico y solar de Guatemala. Entre las características de esta herramienta se encuentran:

- El potencial eólico y solar de Guatemala.
- Permite realizar un análisis básico para la selección óptima de sitios para el aprovechamiento de los recursos solar y eólico.
- Se identifican los lugares con los valores promedios anuales de velocidad de viento más altos, lo que los hace candidatos para el desarrollo de proyectos de energía eléctrica, bombeo de agua, etc.
- Identificación de los sitios para el desarrollo de proyectos solares (fototérmicos y fotovoltaicos).
- Además, de obtener datos de recurso eólico y solar, se pueden obtener, otros datos tales como: elevaciones, límites municipales, áreas protegidas, líneas de transmisión, aeropuertos, carreteras, poblados, etc.
- Es simple de usar, y está disponible sin costo alguno en la Guía del Inversionista. (MEM, Guía del Inversionista 2012)

Figura 8. Herramienta SWERA

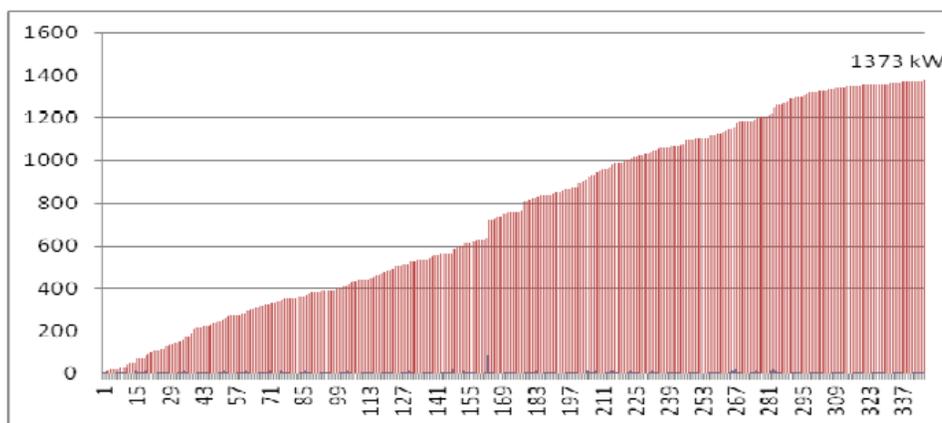


Fuente: Guía del Inversionista

19. Datos Estadísticos

De conformidad con los reportes entregados por la distribuidora, al mes de abril de 2014 se han conectado 3496 UAEE, 344 son solares y 2 son solares-eólicos, para una potencia total de 1,373 kW.

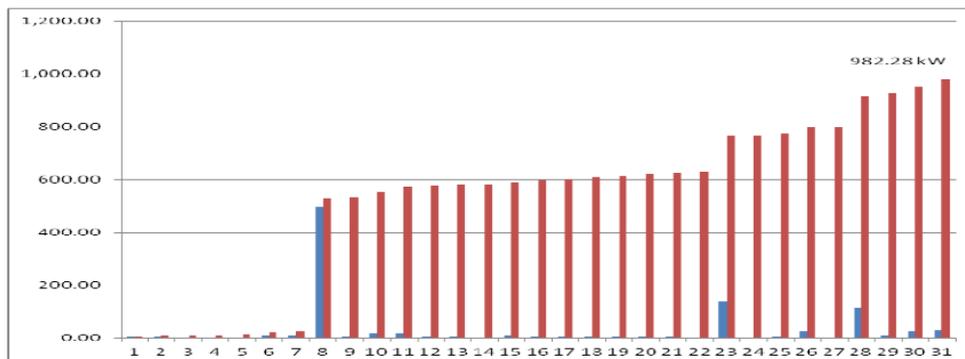
Figura 9. UAEE conectados a EEGSA



Fuente: <http://www.cnee.gob.gt/pdf/normas/docs/GDR/Resumen%20UAEE.pdf>

De conformidad con los reportes entregados por la distribuidora, al mes de abril de 2014 se han conectado 31 UAEE, 29 son solares, 1 Hidráulico y 1 de Biomasa, para un total de 982.28 kW. (Gómez Consuegra Juan Elpidio, 2013)

Figura 10. UAEE conectados a ENERGUATE



Fuente: <http://www.cnee.gob.gt/pdf/normas/docs/GDR/Resumen%20UAEE.pdf>

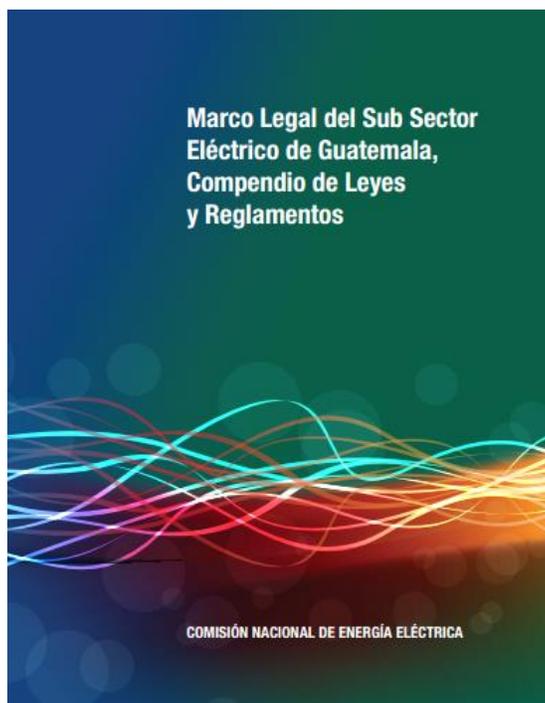
B. Aspectos Legales

1. Ley General de Electricidad

En el Artículo 1 de la Ley General de Electricidad, en su inciso a) menciona que “Es libre la generación de electricidad y no se requiere para ello autorización o condición previa por parte del Estado, más que las reconocidas por la Constitución Política de la República de Guatemala y las leyes del país;”, por lo tanto, podemos generar electricidad en nuestros techos, por medio de paneles solares y poder inyectarlos a la red, ya que la ley, lo permite.

La Ley General de Electricidad en su Artículo 3 establece que el Ministerio de Energía y Minas es el órgano del Estado responsable de formular y coordinar los programas indicativos relativos del subsector eléctrico, actividad que ha sido encomendada a la Dirección General de Energía de este ministerio. (LGE, 2007)

Figura 11. Portada de la Ley General de Electricidad, el Reglamento de la Ley General de Electricidad y el Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista



Fuente: <http://www.cnee.gob.gt/pdf/marco-legal/LEY%20GENERAL%20DE%20ELECTRICIDAD%20Y%20REGLAMENTOS.pdf>

El Usuario Autoprodutor con Excedente de Energía, está catalogado como Generación Distribuida Renovable, es por ello que en el Reglamento de la Ley General de Electricidad, en su artículo 1, en definiciones, indica que “Generación Distribuida Renovable: (Adicionado por el artículo 1, Acuerdo Gubernativo No. 68-2007). Es la modalidad de generación de electricidad, producida por unidades de tecnologías de generación con recursos renovables, que se conectan a instalaciones de distribución cuyo aporte de potencia neto es inferior o igual a cinco Megavatios (5 MW). Para los efectos de este Reglamento se considerarán tecnologías con recursos renovables a aquellas que utilizan la energía solar, eólica, hidráulica, geotérmica, biomasa y otras que el Ministerio de Energía y Minas determine.”

Además también indica que un “Generador Distribuido Renovable: (Adicionado por el artículo 1, Acuerdo Gubernativo No. 68-2007). Es la persona, individual o jurídica titular o poseedora de una central de generación de energía eléctrica que utiliza recursos energéticos renovables y participa en la actividad de Generación Distribuida Renovable.”

2. Norma Técnica de Generación Distribuida Renovable y Usuarios Autoprodutores con Excedentes de Energía – NTGDR –

Esta norma, nos da los lineamientos que debe de cumplir un Usuario Autoprodutor con Excedente de Energía, que en dicha normativa, va de la mano con la Generación Distribuido Renovable, tanto en su inscripción, conexión, mantenimiento y forma de remuneración, ya que no es monetaria, sino en ahorro de energía eléctrica.

En el artículo 36, del capítulo IV, de la NTGDR, explica de la autorización para Usuarios Autoprodutores con Excedentes de Energía e indica que: “...En el caso de Usuarios Autoprodutores que cuenten, dentro de sus instalaciones de consumo, con excedentes de energía renovable para inyectarla al Sistema de Distribución, pero que manifiesten expresamente que no desean participar como vendedores de energía eléctrica, deberán informar al Distribuidor involucrado de tal situación, por medio del formulario correspondiente. Cumplido este requisito podrán operar en esta modalidad. Estos Usuarios no requerirán de autorización alguna; sin embargo, deberán instalar los medios de protección, control y desconexión automática apropiados que garanticen que no podrán inyectar energía eléctrica al Sistema de Distribución ante fallas de éste o

cuando el voltaje de la red de distribución se encuentre fuera de las tolerancias establecidas en las NTSD.” (CNEE, NTGDR, 2014)

Además en el artículo 37 de la NTGDR, indica una inspección que debe realizar una distribuidora de energía eléctrica, puede ser EEGSA o ENERGUATE, dependiendo del lugar de ubicación del Usuario Autoprodutor, en la cual indica que: “El Distribuidor luego de recibida la notificación por parte del interesado, tendrá un plazo de quince (15) días para realizar una inspección técnica de las instalaciones del UAEE con el objetivo de verificar que cumple con lo requerido en esta Norma. Si los resultados de la inspección son positivos, el Distribuidor emitirá una constancia al interesado donde conste que las instalaciones han sido revisadas, y procederá a la instalación –cuando corresponda- del medidor correspondiente, en un plazo no mayor a 28 días de recibida la notificación por parte del interesado.”

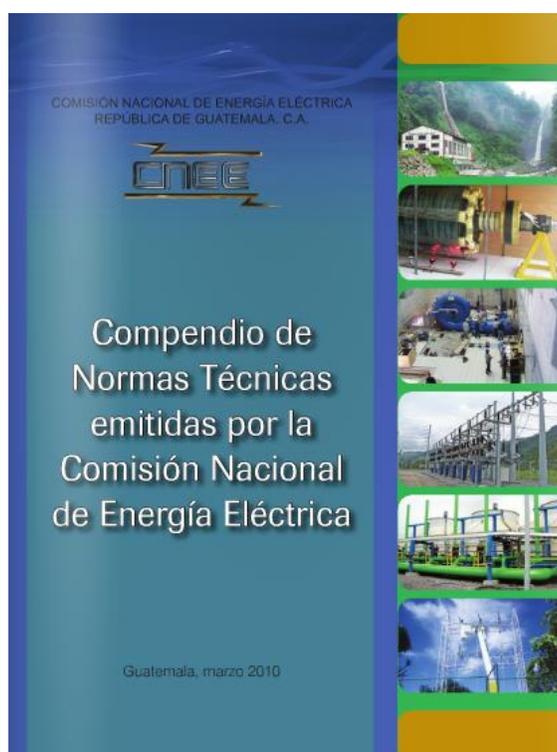
Dentro de la regulación hay algo importante, con respecto a un informe de nuevos Usuarios Autoprodutores con Excedentes de Energía. El artículo 38 de la NTGDR, dice lo siguiente: “...El Distribuidor deberá informar a la CNEE trimestralmente los nuevos UAEE conectados a su red, de conformidad con el formulario habilitado por la CNEE en su sitio web”.

Para el sistema de medición para Usuarios Autoprodutores con Excedentes de Energía, se creó el artículo 39, siempre de la NTGDR, el cual indica que: “El sistema de medición de energía eléctrica de las instalaciones de un Usuario Autoprodutor con Excedentes de Energía, deberá tener la característica de medición, registro y lectura en forma bidireccional. En el caso de Usuarios regulados, el suministro e instalación del medidor respectivo lo cubrirá el Distribuidor; mientras que los Grandes Usuarios son responsables de su sistema de medición”. (CNEE, NTGDR, 2014)

Con respecto de la verificación de la lectura y crédito por energía inyectada al Sistema de Distribución por parte de Usuarios Autoprodutores con Excedentes de Energía (“Net metering”), el artículo 40 de la NTGDR, indica lo siguiente: “...Los Usuarios Autoprodutores con Excedentes de Energía no recibirán ningún tipo de pago por la energía eléctrica inyectada al Sistema de Distribución. Para efectos de la facturación mensual del Usuario, el Distribuidor leerá cada mes los registros del medidor correspondiente; si la medición neta del mes corresponde a un consumo de energía, cobrará dicho consumo al Usuario, de conformidad con la tarifa que le corresponda; por el contrario, si la medición neta corresponde a una inyección de energía del Usuario hacia el Sistema

de Distribución, el Distribuidor se la reconocerá como crédito de energía a favor del Usuario hasta que dicho crédito sea agotado contra el consumo del UAEE; no obstante, el Distribuidor cobrará el Cargo Fijo y los Cargos por Potencia que le sean aplicables a cada Usuario, según la tarifa correspondiente. Para el caso de tarifas sin medición de potencia, el Distribuidor podrá cobrar los Cargos por Distribución correspondientes en función de la energía que entregue al Usuario. Todos los cargos deben ser detallados en la factura”. (CNEE, NTGDR, 2014)

Figura 12. Compendio de Normas Técnicas emitidas por la CNEE, en la cual se encuentra la NTGDR



Fuente: <http://ecoactivate.co/wp-content/uploads/2013/07/Sin-t%C3%ADtulo.png>.

3. Ley de la Tarifa Social para el Suministro de Energía Eléctrica

El objetivo de colocar paneles solares e inyectar a la red el excedente de energía, es llegar a la Tarifa social, la cual está regulada por la Ley de la Tarifa Social para el Suministro de Energía Eléctrica en su artículo 1. Tarifa social. Con la finalidad de favorecer al usuario regulado del servicio de distribución final, más afectado por el incremento de los costos en la producción de la

energía eléctrica, se autoriza la creación de una tarifa especial con carácter social, la que será denominada Tarifa Social para el Suministro de Energía Eléctrica, dirigida a usuarios con consumos de hasta 300 kilovatios hora –kWh–.

4. Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable

En el año 2003, el Gobierno de Guatemala, declaró de Urgencia Nacional e Interés Nacional utilizar energía renovable para producir energía eléctrica por medio de la Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable en su Artículo 1, indicando lo siguiente: “...Se declara de urgencia e interés nacional el desarrollo racional de los recursos energéticos renovables. El órgano competente estimulará, promoverá, facilitará y creará las condiciones adecuadas para el fomento de inversiones que se hagan con ese fin”. (Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable, 2003)

Debido a que se ha vuelto de urgencia nacional generar electricidad por medio de tecnologías de energías renovables, se crearon incentivos fiscales, los cuales los podemos encontrar en el Artículo 5 de la Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable, en el cual indican que: “las Municipalidades, el Instituto Nacional de Electrificación -INDE-, Empresas Mixtas, y las personas individuales y jurídicas que realicen proyectos de energía con recursos energéticos renovables gozarán de los siguientes incentivos:

- a) Exención de derechos arancelarios para las importaciones, incluyendo el Impuesto al Valor Agregado -IVA-, cargas y derechos consulares sobre la importación de maquinaria y equipo, utilizados exclusivamente para la generación de energía en el área donde se ubiquen los proyectos de energía renovable.

Previamente a la importación de la maquinaria y equipo que sean necesarios para desarrollar los proyectos de energía renovable, en cada caso las personas individuales y jurídicas que los realicen deberán solicitar la aplicación de la exención a la Superintendencia de Administración Tributaria -SAT, quien se encargará de calificar y autorizar la importación.

Este incentivo tendrá vigencia exclusiva durante el período de pre-inversión y el período de construcción, el cual no excederá de diez (10) años.

- b) Exención del pago del Impuesto Sobre la Renta. Este incentivo tendrá vigencia exclusiva a partir de la FIE, por un período de diez (10) años. Esta exención únicamente se otorga a las personas individuales y jurídicas que desarrollen directamente los proyectos y solamente por la parte que corresponda a dicho proyecto, ya que la exención no aplica a las demás actividades que realicen.
- c) Exención del Impuesto a las Empresas Mercantiles y Agropecuarias -IEMA-. Este incentivo tendrá vigencia exclusiva a partir de la FIE, por un período de diez (10) años.

Para aprovechar los incentivos indicados en los literales de la a) a la c) anteriores, el interesado deberá presentar al órgano competente la siguiente información:

- La solicitud deberá ser dirigida al Ministerio de Energía y Minas. Durante los períodos de pre inversión y de construcción podrán presentarse ampliaciones a la misma, siguiendo el mismo procedimiento.
- La documentación general del proyecto donde se indique claramente el cronograma de realización del período de pre inversión, del período de construcción y del período de operación.
- Declaración que ha cumplido con lo consignado en la Ley General de Electricidad, en lo que sea aplicable.
- Listado total o parcial de los materiales, equipos y otros asociados a estos períodos, y el tipo del o los incentivos solicitados, especificando el período a que corresponden cada material.

El órgano competente estudiará la solicitud; si es necesario, solicitará ampliación de la información y extenderá una certificación que acredite que se desarrolla un proyecto de fuentes renovables de energía y la lista de los insumos, totales o parciales, que efectivamente serán sujetos de exoneración, en los casos que proceda. (Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable, 2003). El interesado presentará dicha certificación a la Superintendencia de Administración Tributaria -SAT- para que la

citada dependencia emita la resolución de exención en un plazo no mayor de treinta (30) días, contados a partir de la fecha de presentación de la solicitud. La SAT otorgará las exenciones con base en la resolución del órgano competente. Si la solicitud no fuera resuelta y notificada dentro del plazo fijado, la misma se tendrá por resuelta favorablemente.

5. Resolución CNEE-227-2014

La resolución CNEE-227-2014, de fecha 25 de agosto de 2014, la cual fue emitida por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, en la cual realizan la modificación de la NTGDR, menciona lo siguiente:

Un Usuario Autoprodutor con Excedentes de Energía, es el usuario del sistema de distribución que inyecta energía eléctrica a dicho sistema, producida por generación con fuentes de energía renovable, ubicadas dentro de sus instalaciones de consumo, y que no recibe remuneración por dichos excedentes. (CNEE, NTGDR, 2014)

Además un Usuario Autoprodutor con Excedentes de Energía, no es necesario que realice una autorización en el Ministerio de Energía y Minas.

6. Preguntas Sobre UAEE

Estas preguntas, fueron realizadas por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, con el fin de dar respuesta las interrogantes más frecuentes que los usuarios podrían tener, al convertirse en Usuarios Autoprodutores con Excedente de Energía.

¿El Distribuidor debe realizar inspección técnica de mis instalaciones?

Si, El Distribuidor luego de recibida la notificación por parte del interesado, tendrá un plazo de 15 días - hábiles - para realizar una inspección técnica de las instalaciones del UAEE con el objetivo de verificar que cumple con lo requerido en la norma de generación distribuida y Usuarios Autoprodutores.

¿Quién instala el medidor bidireccional?

- Para el caso de Grandes Usuarios (>100 kW), son ellos los responsables de su sistema de medición.
- Si los resultados de la inspección son positivos y si es usuario regulado el Distribuidor procederá a la instalación del medidor correspondiente, en un plazo no mayor a 28 días de recibida la notificación por parte del interesado.

¿Puedo vender mis excedentes de energía?

- No. La normativa establece que los Usuarios autoprodutores con Excedentes de Energía no recibirán ningún tipo de pago por la energía eléctrica inyectada al sistema de distribución

¿Tengo crédito por energía inyectada al sistema de distribución?

- Si la medición neta corresponde a una inyección de energía del Usuario hacia el sistema de distribución, el Distribuidor se la reconocerá como crédito de energía a favor del Usuario

¿Qué tiempo tiene el UAEE para consumir el crédito por energía?

- No tiene un tiempo determinado

¿Si la medición neta corresponde a una inyección de energía del Usuario hacia el sistema de distribución, que cobros realizará el Distribuidor?

- El cargo fijo y los cargos por potencia que le sean aplicables a cada Usuario, según la tarifa correspondiente.
- Para el caso de tarifas sin medición de potencia, el Distribuidor podrá cobrar los Cargos por Distribución correspondientes en función de la energía que entregue al Usuario y los cargos fijos.

¿Para el caso de tarifas sin medición de potencia que Cargos cobra el Distribuidor?

- Para usuarios con tarifas BTS, el Distribuidor podrá cobrar los Cargos por Distribución correspondientes en función de la energía que entregue al Usuario y los cargos fijos. (Preguntas portal CNEE, 2014)

7. Formularios UAEE

Para realizar una solicitud para optar a ser Usuario Autoprodutor de Energía Eléctrica, es necesario cumplir ciertos requisitos, en los literales anteriores se hizo mención a la normativa vigente la cual deben de cumplir estos usuarios.

Figura 13. Formulario para que el Usuario Autoprodutor con Excedentes de Energía informe al distribuidor sobre las instalaciones de generación dentro de sus instalaciones

**FORMULARIO PARA QUE EL USUARIO AUTOPRODUCTOR CON EXCEDENTES DE ENERGÍA
INFORME AL DISTRIBUIDOR SOBRE LAS INSTALACIONES DE GENERACIÓN DENTRO DE SUS
INSTALACIONES**

ESPACIO PARA SELLO DE EMPRESA CON FECHA
DE RECEPCIÓN DE LA SOLICITUD

1. Datos generales del usuario:

Nombre del usuario o representante legal: _____

Razón social de la entidad: _____

Dirección: _____

Municipio: _____ Departamento: _____

Teléfono: _____ Correo electrónico: _____

Número de identificación del usuario ante el Distribuidor:

EEGSA (correlativo): _____

DEOCSA (NIS): _____

DEORSA (NIS): _____

EEM: _____

2. Datos generales del proyecto:

2.1 Fuente de energía renovable (marque la(s) que corresponda(n):

Biomasa Eólica Geotérmica

Hidráulica Solar

2.2 Especificaciones técnicas:

Número de unidades generadoras _____ Potencia total instalada _____ kW

2.3 Medios de protección, control y desconexión automática: Sí No

Describir las características: _____

Manifiesto que NO deseo participar como vendedor de energía eléctrica y solicito realizar la inspección técnica correspondiente y el suministro e instalación del medidor bidireccional respectivo. (En el caso de Usuarios regulados, el suministro e instalación del medidor respectivo lo cubrirá el Distribuidor, mientras que los Grandes Usuarios son responsables de su sistema de medición)

Lugar y Fecha: _____ día _____ mes _____ año _____

DPI (CUI) _____ Firma: _____

Fuente: <http://www.cnee.gov.gt/pdf/normas/docs/GDR/FormularioUAEE.pdf>

Figura 14. Constancia de inspección técnica en instalaciones de un Usuario Autoprodutor con Excedentes de Energía

**CONSTANCIA DE INSPECCION TÉCNICA EN INSTALACIONES DE UN USUARIO AUTOPRODUCTOR
CON EXCEDENTES DE ENERGÍA**

1. Datos generales del usuario:

Nombre del usuario o representante legal: _____

Razón social de la entidad: _____

Dirección: _____

Municipio: _____ Departamento: _____

Teléfono: _____ Correo electrónico: _____

Número de identificación del usuario ante el Distribuidor:

EEGSA (correlativo): _____

DEOCSA (NIS): _____

DEORSA (NIS): _____

EEM: _____

2. Conformidad de la inspección técnica:

El (los) representante(s) del Distribuidor y el (los) representante(s) del UAEE dejan constancia que se ha realizado la inspección técnica en las instalaciones del nuevo UAEE.

Las instalaciones satisfacen los requerimientos mínimos de seguridad para su puesta en operación.

Con esta constancia se satisface lo mandado en el artículo 37 NORMA TÉCNICA DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA RENOVABLE Y USUARIOS AUTOPRODUCTORES CON EXCEDENTES DE ENERGÍA.

Lugar y fecha: _____ día _____ mes _____ año _____

Por el Distribuidor:

Por el UAEE:

(f) _____

(f) _____

Nombre: _____

Nombre: _____

DPI(CUI): _____

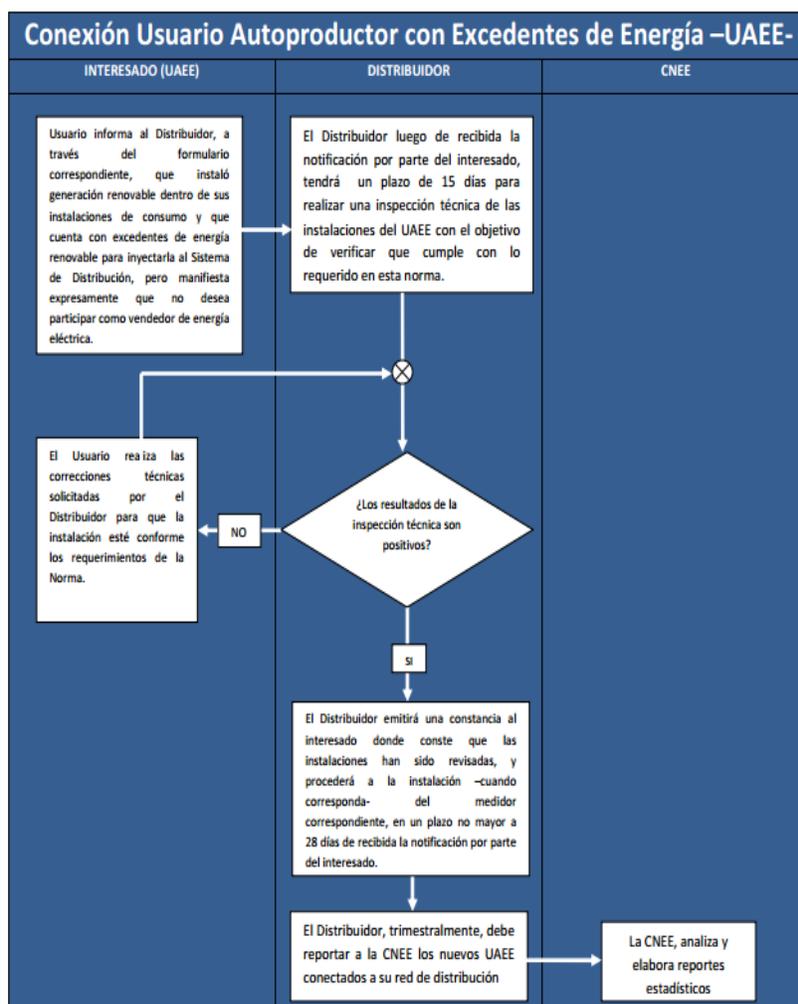
DPI (CUI): _____

Al realizar la inspección por parte de la distribuidora a la cual se conectará, es necesario que los inspectores verifiquen ciertos requisitos y realicen las observaciones pertinentes, es por ello que en la siguiente figura, se puede observar el formulario que deben de llevar para verificar la instalación del Usuario Autoprodutor con Excedente de Energía.

8. Flujograma De Inscripción UAEE

A continuación observaremos un flujograma, el cual nos indica cual es el procedimiento que necesitamos realizar para ser un Usuario Autoprodutor con Excedente de Energía.

Figura 15. Flujo de Conexión Usuario Autoprodutor con Excedente de Energía



Fuente: <http://www.cnee.gob.gt/pdf/normas/docs/GDR/Flujo%20UAEE.pdf>

C. Marco Teórico

1. Sistema Fotovoltaico

Un conjunto de equipos construidos e integrados especialmente para realizar cuatro funciones fundamentales:

- Transformar directa y eficientemente la energía solar en energía eléctrica
- Almacenar adecuadamente la energía eléctrica generada
- Proveer adecuadamente la energía producida (el consumo) y almacenada
- Utilizar eficientemente la energía producida y almacenada

En el mismo orden antes mencionado, los componentes fotovoltaicos encargados de realizar las funciones respectivas son:

- El módulo o panel fotovoltaico
- La batería
- El regulador de carga
- El inversor
- Las cargas de aplicación (el consumo)

En instalaciones fotovoltaicas pequeñas es frecuente, además de los equipos antes mencionados, el uso de fusibles para la protección del sistema. En instalaciones medianas y grandes, es necesario utilizar sistemas de protección más complejos y, adicionalmente, sistemas de medición y sistemas de control de la carga eléctrica generada. (Feijoo Aguilar, Jorge, 2009)

2. Partes del Sistema Fotovoltaico

Los sistemas fotovoltaicos están compuestos por varias partes, sin embargo, existen algunas fundamentales, las cuales no deben de faltar en ninguna instalación, siendo estas las siguientes:

- **Módulos Fotovoltaicos**, La transformación directa de la energía solar en energía eléctrica se realiza en un equipo llamado módulo o panel fotovoltaico. Los módulos o paneles

solares son placas rectangulares formadas por un conjunto de celdas fotovoltaicas protegidas por un marco de vidrio y aluminio anodizado.

Celdas fotovoltaicas, Una celda fotovoltaica es el componente que capta la energía contenida en la radiación solar y la transforma en una corriente eléctrica, basado en el efecto fotovoltaico que produce una corriente eléctrica cuando la luz incide sobre algunos materiales.

Las celdas fotovoltaicas son hechas principalmente de un grupo de minerales semiconductores, de los cuales el silicio, es el más usado. El silicio se encuentra abundantemente en todo el mundo porque es un componente mineral de la arena. Sin embargo, tiene que ser de alta pureza para lograr el efecto fotovoltaico, lo cual encarece el proceso de la producción de las celdas fotovoltaicas.

Una celda fotovoltaica tiene un tamaño de 10 por 10 centímetros y produce alrededor de un vatio a plena luz del día. Normalmente las celdas fotovoltaicas son color azul oscuro. La mayoría de los paneles fotovoltaicos consta de 36 celdas fotovoltaicas.

El Marco de vidrio y aluminio, este tiene la función principal de soportar mecánicamente a las celdas fotovoltaicas y de protegerlas de los efectos degradantes de la intemperie, por ejemplo: humedad y polvo. Todo el conjunto de celdas fotovoltaicas y sus conexiones internas se encuentra completamente aislado del exterior por medio de dos cubiertas, una frontal de vidrio de alta resistencia a los impactos y una posterior de plástico EVA (acetato de vinil etileno).

El vidrio frontal es antirreflejante para optimizar la captación de los rayos solares. El marco de aluminio también tiene la función de facilitar la fijación adecuada de todo el conjunto a una estructura de soporte a través de orificios convenientemente ubicados, con esto se logrará obtener la mayor cantidad de captación de rayos solares.

Tipos de módulos fotovoltaicos, existe en el mercado fotovoltaico una gran variedad de fabricantes y modelos de módulos solares. Según el tipo de material empleado para su fabricación, se clasifican en:

- Módulos de silicio monocristalino: son los más utilizados debido a su gran confiabilidad y duración, aunque su precio es ligeramente mayor que los otros tipos.
- Módulos de silicio policristalino: son ligeramente más baratos que los módulos de silicio monocristalino, aunque su eficiencia es menor.
- Módulos de silicio amorfo: tienen menor eficiencia que los 2 anteriores, pero un precio mucho menor. Además son delgados y ligeros, hechos en forma flexible, por lo que se pueden instalar como parte integral de un techo o pared.

Potencia, la capacidad energética nominal de los módulos fotovoltaicos se indica en vatios-pico (Wp), lo cual indica la capacidad de generar electricidad en condiciones óptimas de operación.

La capacidad real de un módulo fotovoltaico difiere considerablemente de su capacidad nominal, debido a que bajo condiciones reales de operación la cantidad de radiación que incide sobre las celdas es menor que bajo condiciones óptimas. Por ejemplo, un módulo de 55 Wp es capaz de producir 55 W más o menos un 10 % de tolerancia cuando recibe una radiación solar de 1.000 vatios por metro cuadrado (W/m^2) y sus celdas poseen una temperatura de 25 °C. En condiciones reales, este mismo módulo produciría una potencia mucho menor que 55 W.

En el mercado, se pueden encontrar módulos fotovoltaicos de baja potencia, desde 5 Wp; de potencia media, por ejemplo 55 Wp; y de alta potencia, hasta 160 Wp. En aplicaciones de electrificación rural suelen utilizarse paneles fotovoltaicos con capacidades comprendidas entre los 50 y 100 Wp.

La vida útil de un panel fotovoltaico puede llegar hasta 30 años, y los fabricantes generalmente otorgan garantías de 20 o más años. El mantenimiento del panel solamente consiste de una limpieza del vidrio para prevenir que las celdas fotovoltaicas no puedan capturar la radiación solar.

La elección apropiada del tipo y capacidad del módulo fotovoltaico depende de las características propias de la instalación fotovoltaica, tales como radiación solar existente y consumo energético requerido.

Con respecto al funcionamiento de la celda solar fotovoltaica, están formadas generalmente por una junta semiconductor P-N de silicio de gran superficie y reducido espesor (típico: 0,3 mm), similar a la utilizada en los diodos de estado sólido; pero cuando la unión P-N se emplea como generador fotovoltaico, el sentido del flujo de los electrones es opuesto al que se observa cuando se lo usa como rectificador.

En la transición entre las capas P y N (capas con dopaje positivo y negativo respectivamente) se forma por difusión una capa límite en la que se establece una barrera de potencial. Para lograr un buen rendimiento energético, la capa límite deberá encontrarse lo más cerca posible de la superficie expuesta a la luz.

La celda se completa mediante los contactos óhmicos (no rectificadores) en las capas P y N, de reducida resistencia eléctrica para no provocar caídas de tensión adicionales. Se fabrican celdas solares circulares y rectangulares de cerca de 100 mm de lado.

Estas últimas se emplean cuando se requiere un óptimo aprovechamiento del espacio, como en los satélites artificiales; resultando algo más caras que las circulares.

Al incidir la luz sobre la juntura, una parte de la luz se refleja (energía perdida) y la otra penetra en el semiconductor. Los fotones que ingresan con energía suficiente liberan cada uno un par electrón-hueco. Los portadores de carga liberados se propagan por el cristal mediante difusión o bajo la influencia de un campo eléctrico.

Los electrones pueden recombinarse durante su recorrido, pero si un portador minoritario (electrón en la zona P, hueco en la zona N) alcanza la capa límite de la barrera de potencial, queda atraído por el campo eléctrico de esa capa y penetra en la región en que son mayoritarios los portadores de igual signo.

Por otro lado, el campo de la capa límite retiene los portadores mayoritarios en la región en que han sido liberados.

De este modo, cualquiera que sea la región en que queda absorbido el fotón y liberados los portadores de carga, el efecto fotovoltaico produce un desplazamiento de portadores que da

lugar a una diferencia de potencial aprovechable de alrededor de 0,5 V entre los electrodos a circuito abierto. La barrera de potencial impide que el proceso se revierta, aunque puede existir una pequeña corriente de fuga. En circuito cerrado la corriente pasa por la carga del borne P al N, por el exterior de la célula.

Desde el punto de vista eléctrico, las celdas fotovoltaicas pueden compararse con los diodos de silicio normales.

Figura 16. Módulos Fotovoltaicos



Fuente: <http://www.suelosolar.es/newsolares/newsol.asp?id=9374>

- **Baterías,** Debido a que la radiación solar es un recurso variable, en parte previsible (ciclo día-noche), en parte imprevisible (nubes, tormentas); se necesitan equipos apropiados para almacenar la energía eléctrica cuando existe radiación y para utilizarla cuando se necesite. El almacenamiento de la energía eléctrica producida por los módulos fotovoltaicos se hace a través de las baterías. Estas baterías son construidas especialmente para sistemas fotovoltaicos.

Las baterías fotovoltaicas son un componente muy importante de todo el sistema pues realizan tres funciones esenciales para el buen funcionamiento de la instalación:

- Almacenan energía eléctrica en periodos de abundante radiación solar y/o bajo consumo de energía eléctrica. Durante el día los módulos solares producen más energía de la que realmente se consume en ese momento. Esta energía que no se utiliza es almacenada en la batería.
- Proveen la energía eléctrica necesaria en periodos de baja o nula radiación solar. Normalmente en aplicaciones de electrificación rural, la energía eléctrica se utiliza intensamente durante la noche para hacer funcionar lámparas o bombillas así como un televisor o radio, precisamente cuando la radiación solar es nula. Estos aparatos pueden funcionar correctamente gracias a la energía eléctrica que la batería ha almacenado durante el día.
- Proveen un suministro de energía eléctrica estable y que sea adecuado para la utilización de aparatos eléctricos. La batería provee energía eléctrica a un voltaje relativamente constante y permite, además, operar aparatos eléctricos que requieran de una corriente mayor que la que pueden producir los paneles (aún en los momentos de mayor radiación solar). Por ejemplo, durante el encendido de un televisor o durante el arranque de una bomba o motor eléctrico.

Las baterías para sistemas fotovoltaicos generalmente son de ciclo profundo, lo cual significa que pueden descargar una cantidad significativa de la energía cargada antes de que requieran recargarse. En comparación, las baterías de automóviles están construidas especialmente para soportar descargas breves pero superficiales durante el momento de arranque; en cambio, las baterías fotovoltaicas están construidas especialmente para proveer durante muchas horas corrientes eléctricas moderadas. Así, mientras una batería de automóvil puede abastecer sin ningún problema 100 amperios durante 2 segundos, una batería fotovoltaica de ciclo profundo puede abastecer 2 amperios durante 100 horas.

En la siguiente figura, se muestra una batería típica para aplicaciones fotovoltaicas. En su apariencia externa este tipo de baterías no difiere mucho de las utilizadas en automóviles. Sin embargo, internamente las baterías para aplicaciones fotovoltaicas están construidas especialmente para trabajar con ciclos de carga/descarga lentos.

Figura 17. Batería para sistemas fotovoltaicos



Fuente: Manual Sobre Energía Renovable, BUN-CA. P. 9.

Aunque el costo inicial es más bajo, no es recomendable utilizar baterías de automóviles en sistemas fotovoltaicos dado que no han sido construidas para estos fines. Las consecuencias más graves del empleo de batería de automóviles son:

- La vida útil de este tipo de baterías se acorta considerablemente,
- los procesos de carga/descarga se hacen ineficientemente.

Así, el ahorro en costos que puede tener comprar baterías de automóviles (en lugar de baterías fotovoltaicas) se pierde ante la necesidad de reemplazarlas frecuentemente.

La capacidad de la batería se mide en “amperio-hora (Ah)”, una medida comparativa de la capacidad de una batería para producir corriente. Dado que la cantidad de energía que una batería puede entregar depende de la razón de descarga de la misma, los Ah deben ser especificados para una tasa de descarga en particular. La capacidad de las baterías fotovoltaicas en Ah se especifica frecuentemente a una tasa de descarga de 100 horas (C-100).

La capacidad de la batería para un sistema fotovoltaico determinado se establece dependiendo de cuanta energía se consume diariamente, de la cantidad de días nublados que hay en la zona y de las características propias de la batería por utilizar. Además, se recomienda usar, cuando sea posible, una sola batería con la capacidad necesaria. El arreglo de dos o más baterías en paralelo presenta dificultades de desbalance en los

procesos de carga/descarga. Estos problemas ocasionan algunas veces la inversión de polaridad de las placas y, por consiguiente, la pérdida de capacidad de todo el conjunto de baterías.

También se recomienda colocarlas en una habitación bien ventilada y aislada de la humedad del suelo.

Durante el proceso de carga se produce gas hidrógeno en concentraciones no tóxicas, siempre y cuando el local disponga de orificios de ventilación ubicados en la parte superior de la habitación.

Después que las baterías hayan alcanzado su vida útil, deberán ser retiradas y llevadas a centros de reciclaje autorizados (en el caso de algunos proveedores con la venta de la batería se responsabilizan también del retiro y reciclaje). Por ningún motivo deben desecharse en campos abiertos o basureros, pues el derrame de la solución de ácido sulfúrico que contienen ocasiona graves daños al suelo, personas y animales. Finalmente, es importante mantener alejados a los niños de las baterías para evitar cortocircuitos o quemaduras de ácido accidentales.

Al igual de lo que sucede con los módulos fotovoltaicos, se recomienda la ayuda de un conocedor del tema para que sugiera el tipo de batería que más conviene a una instalación fotovoltaica particular. En términos generales, se debe adquirir baterías fotovoltaicas de calidad, que cumplan al menos las especificaciones mínimas.

Con respecto del mantenimiento y de la vida útil, podemos decir que existen diferentes tipos y modelos de baterías requieren diferentes medidas de mantenimiento. Algunas requieren la adición de agua destilada o electrolito, mientras que otras, llamadas “baterías libre de mantenimiento”, no lo necesitan.

Generalmente, la vida útil de una batería de ciclo profundo es entre 3 y 5 años, pero esto depende en buena medida del mantenimiento y de los ciclos de carga/descarga a los que fue sometida. La vida útil de una batería llega a su fin cuando esta "muere súbitamente"

debido a un cortocircuito entre placas o bien cuando ésta pierde su capacidad de almacenar energía debido a la pérdida de material activo de las placas.

Las baterías para aplicaciones fotovoltaicas son elementos bastante sensibles a la forma como se realizan los procesos de carga y descarga. Si se carga una batería más de lo necesario, o si se descarga más de lo debido, ésta se daña. Normalmente, procesos excesivos de carga o descarga tienen como consecuencia que la vida útil de la batería se acorte considerablemente.

Debido a que el buen estado de la batería es fundamental para el funcionamiento correcto de todo el sistema y a que el costo de la batería puede representar hasta un 15-30 % del costo total, es necesario disponer de un elemento adicional que proteja la batería de procesos inadecuados de carga y descarga, conocido como regulador o controlador de carga.

- **El Regulador o Controlador de Carga**, este es un dispositivo electrónico, que controla tanto el flujo de la corriente de carga proveniente de los módulos hacia la batería, como el flujo de la corriente de descarga que va desde la batería hacia las lámparas y demás aparatos que utilizan electricidad. Si la batería ya está cargada, el regulador interrumpe el paso de corriente de los módulos hacia ésta y si ella ha alcanzado su nivel máximo de descarga, el regulador interrumpe el paso de corriente desde la batería hacia las lámparas y demás cargas.

Figura 18. Típico regulador de carga fotovoltaico con sus respectivos bornes de conexión para el módulo, para la batería y para las cargas



Fuente: <http://www.amvarworld.com/>

Existen diversas marcas y tipos de reguladores. Es aconsejable adquirir siempre un regulador de carga de buena calidad y apropiado a las características de funcionamiento (actuales y futuras) de la instalación fotovoltaica. También, se recomienda adquirir controladores tipo serie con desconexión automática por bajo voltaje (LVD) y con indicadores luminosos del estado de carga. Estas opciones permiten la desconexión automática de la batería cuando el nivel de carga de ésta ha descendido a valores peligrosos.

Generalmente, el regulador de carga es uno de los elementos más confiables de todo sistema fotovoltaico, siempre y cuando se dimensione e instale correctamente.

- **El Inversor**, proveer adecuadamente energía eléctrica no sólo significa hacerlo en forma eficiente y segura para la instalación y las personas; sino que, también significa proveer energía en la cantidad, calidad y tipo que se necesita.

El tipo de la energía se refiere principalmente al comportamiento temporal de los valores de voltaje y corriente con los que se suministra esa energía. Algunos aparatos eléctricos, como lámparas, radios y televisores funcionan a 12 voltios (V) de corriente directa, y por lo tanto pueden ser energizados a través de una batería cuyo voltaje se mantiene relativamente constante alrededor de 12 V.

Por otra parte, hay lámparas, radios y televisores que necesitan 120 V ó 110 V de corriente alterna para funcionar. Estos aparatos eléctricos se pueden adquirir en cualquier comercio pues 120 ó 110 son los voltajes con el que operan el 95% de los electrodomésticos en América Central, en los sistemas conectados a la red pública convencional. El voltaje en el tomacorriente, el cual tiene corriente alterna, fluctúa periódicamente a una razón de 60 ciclos por segundo, pero su valor efectivo es equivalente a 120 V.

Los módulos fotovoltaicos proveen corriente directa a 12 ó 24 Voltios por lo que se requiere de un componente adicional, el inversor, que transforme, a través de dispositivos electrónicos, la corriente directa a 12 V de la batería en corriente alterna a 120 V.

Existe una amplia variedad de inversores para aplicaciones domésticas y usos productivos en sitios aislados, tanto en calidad como en capacidad. Con ellos, se pueden utilizar

lámparas, radios, televisores pequeños, teléfonos celulares, computadoras portátiles, y otros.

- Otros elementos en las aplicaciones, finalmente, un sistema fotovoltaico incluye las cargas o aparatos eléctricos que se van a utilizar y que consumen la corriente generada o almacenada. Los ejemplos más comunes son lámparas, radios, televisores y teléfonos celulares para uso doméstico; y bombas y motores, para usos productivos.

La selección de estas cargas es tan importante como la del resto de equipos fotovoltaicos; por ello, hay dos aspectos por considerar cuando se utilizan aparatos que se energizarán a través de un sistema fotovoltaico:

- a. El consumo diario de energía del conjunto de aparatos eléctricos no debe sobrepasar la cantidad de energía diaria producida por el sistema fotovoltaico. Es importante recordar que la disponibilidad diaria de energía eléctrica de los sistemas fotovoltaicos es variable pues depende de la radiación solar disponible, del estado de carga de la batería y de la capacidad de los equipos fotovoltaicos instalados, especialmente de la capacidad total de los módulos fotovoltaicos. Por lo tanto, la energía disponible es limitada y hay que utilizar racionalmente los aparatos según ésta. Es recomendable hacer uso, en la medida de lo posible, de aparatos modernos de bajo consumo energético y alta eficiencia. Por ejemplo, se descarta el uso de bombillos incandescentes, planchas eléctricas y hornos eléctricos.
- b. La necesidad de utilizar aparatos a 120 V determina la instalación o no de un inversor: Es importante tener en cuenta el tipo de energía que necesitan los aparatos eléctricos que se van a utilizar con el fin de determinar si se necesita o no un inversor. En la decisión hay que tomar en cuenta que el inversor implica un costo adicional del sistema, y que en el mercado se ofrecen varios aparatos electrodomésticos que funcionan a 12 Voltios, por ejemplo: radios de vehículos, lámparas fluorescentes, etc.

La suma instantánea de las potencias individuales de cada uno de los aparatos por emplear no debe ser mayor que la capacidad máxima en vatios (W) del inversor. Se recomienda

utilizar inversores contruidos especialmente para aplicaciones fotovoltaicas y sobredimensionar la capacidad de éstos en un 20-30% para prevenir expansiones futuras en la instalación. Por ejemplo, si se tiene un inversor de 300 W de potencia nominal es posible utilizar simultáneamente un máximo de 20 lámparas de 15 W cada una, o emplear simultáneamente un televisor de 75 W más 15 lámparas de 15 W, o cualquier combinación de aparatos cuya suma de potencias instantáneas sea igual o menor que 300 W.

La utilización de un inversor no imposibilita el uso de aparatos a 12 V de corriente directa. Por lo tanto, una instalación fotovoltaica que disponga de un inversor puede proveer energía tanto a cargas de 12 V como a cargas de 120 V.

3. Aplicaciones en los Sistemas Fotovoltaico

En general, los sistemas fotovoltaicos pueden tener las mismas aplicaciones que cualquier sistema generador de electricidad. Sin embargo, las cantidades de potencia y energía que se pueden obtener de un sistema fotovoltaico están limitadas por la capacidad de generación y almacenamiento de los equipos instalados, especialmente de los módulos y la batería respectivamente, y por la disponibilidad del recurso solar. Técnicamente, un sistema fotovoltaico puede producir tanta energía como se desee; sin embargo desde el punto de vista económico, siempre existen limitaciones presupuestarias en cuanto a la capacidad que se puede instalar.

En América Central los sistemas fotovoltaicos se utilizan principalmente para proveer energía eléctrica para lámparas, radios, reproductoras de cintas, pequeños televisores, teléfonos celulares, bombas de agua, purificadora de agua, refrigeradora de vacunas y equipos profesionales de radiocomunicación.

Dependiendo de su aplicación y de la cantidad y tipo de energía producida, los sistemas fotovoltaicos se pueden clasificar en las siguientes categorías:

- Lámparas portátiles.
- Sistemas individuales de Corriente Directa (CD) para aplicaciones domésticas.
- Sistemas individuales de Corriente Alterna (CA) para aplicaciones domésticas.

- Sistemas centralizados aislados de la red.
- Sistemas centralizados conectados a la red.

4. Sistemas Individuales CD para Aplicaciones Domésticas

La aplicación más frecuente y generalizada de la energía solar fotovoltaica es la electrificación rural de viviendas a través de sistemas individuales CD. Estos sistemas están compuestos, normalmente, por un panel fotovoltaico con una capacidad menor que 100 Wp, un regulador de carga electrónico a 12 V, una o dos baterías con una capacidad total menor que 150 A-h, 2 ó 3 lámparas a 12 V y un tomacorriente para la utilización de aparatos eléctricos de bajo consumo energético diseñados especialmente para trabajar a 12 V CD.

Las características más sobresalientes de este tipo de sistemas son:

a) El voltaje nominal es 12 V de corriente directa:

Esto implica que solamente se puede usar lámparas y aparatos que trabajen a 12 V. Es importante mencionar que, aunque existe una gran variedad de lámparas y electrodomésticos que trabajan a 12 V, en América Central puede ser difícil adquirir este tipo de aparatos en el comercio local, particularmente las lámparas. Normalmente, es necesario contactar a distribuidores de equipos fotovoltaicos para comprarlas y esto representa inconvenientes en tiempos de entrega (pues se deben importar) y de costos más altos (pues son de fabricación especial).

b) El costo comparativo de este tipo de sistema es más accesible para los presupuestos familiares:

Esto debido a que se utiliza exclusivamente para satisfacer necesidades básicas de electrificación (luz, radio y TV), los equipos son de baja capacidad; debido a que el sistema trabaja a 12 V, no se necesita usar un inversor. Por estas razones, el costo inicial del sistema es comparativamente menor y muy atractivo para soluciones básicas de electrificación rural fotovoltaica.

5. Sistemas Individuales CA para Aplicaciones Domésticas

Los sistemas individuales CA se pueden considerar como una ampliación de los equipos y capacidades de un sistema individual CD. La diferencia fundamental que existe entre ambos sistemas es que el primero dispone de un inversor electrónico para transformar la tensión de 12 V

de corriente directa a 120 V de corriente alterna. En cuanto al resto de componentes, ambos sistemas son idénticos.

Los aparatos o cargas que con mayor frecuencia se utilizan con sistemas CA son lámparas fluorescentes de alta eficiencia y bajo consumo, equipos de audio (radios, radiograbadoras y equipos de alta fidelidad), teléfonos celulares, equipos de vídeo (televisores y videograbadoras), computadoras y bombas de agua.

Los sistemas fotovoltaicos CA tienen mayor capacidad de producción de energía (paneles fotovoltaicos de mayor capacidad) y mayor capacidad de almacenamiento (batería de mayor capacidad) que los sistemas fotovoltaicos CD. La experiencia dice que para necesidades de electrificación mínimas – por ejemplo 2 lámparas, 1 radio y 1 TV (blanco y negro -B/N-) un sistema fotovoltaico CD es la solución económica y técnicamente más adecuada y accesible; sin embargo, si las necesidades de electrificación comprenden el uso de más de 2 lámparas, radio-caseteras de mediana potencia, televisores a color, bombas de agua u otro tipo de electrodoméstico, entonces, sería mejor instalar un sistema fotovoltaico CA.

Las características más sobresalientes de este tipo de sistemas son:

- El sistema puede proveer energía tanto a 120 V de corriente alterna como a 12 V de corriente directa:

La consecuencia más importante de esto es que se pueden utilizar lámparas y electrodomésticos a 120 V, los cuales son más comunes, más baratos y más fáciles de adquirir que los aparatos a 12 V; o, se puede utilizar directa y simultáneamente aparatos que naturalmente ya funcionan a 12 V, por ejemplo radios para automóviles, televisores B/N portátiles, etc.

Esta flexibilidad en el uso de aparatos CA y CD es una de las cualidades más importantes de los sistemas individuales CA.

- El costo del sistema es relativamente más alto:

Es lógico que al agregar un componente más (el inversor) al sistema básico CD, los costos iniciales se incrementan. Sin embargo, es importante considerar que el costo de las lámparas y de todos los equipos que funcionan a 120 V es considerablemente menor que el de las lámparas y los equipos que funcionan a 12 V. Por otra parte, actualmente es más fácil adquirir o reemplazar equipos de 120 V en el comercio local que reemplazar equipo de 12 voltios.

Por lo tanto, si bien existe un incremento de costos por el uso del inversor, también existe un ahorro de tiempo y dinero.

6. Pasos para Conectar al Sistema

Para poder instalar este panel solar, debemos de tomar en cuenta los siguientes pasos:

- PASO 1, La inspección previa se realiza con el fin de prever cualquier inconveniente durante la instalación. Durante la misma se ubicara la posición de los equipos, se validara el espacio disponible así como la capacidad de carga de la superficie donde se ubicaran los paneles. También se analiza la viabilidad y distancia de la conexión hacia el panel de distribución.
- PASO 2, Luego de la definición de la fecha de instalación el material se traslada el mismo día de la instalación. Previo al inicio de la instalación, el cliente valida la lista de materiales a suministrar y recibe las garantías del Traslado de Material a Sitio.
- PASO 3, La instalación se realiza siguiendo las recomendaciones de fabricantes reconocidos en base a normas internacionales. Las instalaciones eléctricas se realizarán por electricistas autorizados y con varios años de experiencia en el ramo.
- PASO 4, Previo a la conexión los técnicos validaran todos los parámetros eléctricos para comprobar que se encuentren dentro de lo requerido. Así mismo configuraran el equipo de tal manera que se adapte a las instalaciones existentes del cliente.

- PASO 5, Luego de realizar las pruebas se procederá a conectar el sistema a la distribución eléctrica interna. Y verificando los parámetros eléctricos y el correcto funcionamiento del sistema. El proceso de conexión dura alrededor de 10 días hábiles.
- PASO 6, El proceso de conexión dura alrededor de 10 días hábiles.

7. Cantidad de Energía Eléctrica Producida

La electricidad generada por un sistema fotovoltaico depende fundamentalmente del tipo y cantidad de módulos instalados, de su orientación e inclinación, y de la radiación solar que les llegue, así como de la bondad técnica de la instalación. La potencia nominal (en vatios pico o kilovatios pico) de los módulos nos indica la energía que producirán al medio día de un día soleado, más o menos.

En esas condiciones, un módulo de 40 Wp de potencia nominal produciría 40 Wh (vatio-hora) de energía si durante una hora recibe esa radiación máxima, el resto del día, en que la radiación es menor, la potencia real (y por lo tanto la energía producida) será menor.

8. Ubicación de los Paneles Fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos pueden instalarse en terrazas, tejados y patios; pero eventualmente en las fachadas: en las ventanas, en los balcones, en las paredes y en las cornisas. Un aspecto fundamental en la localización de los módulos es asegurar que no existen obstáculos, al menos durante las horas centrales del día (vegetación, nieve, edificios, elementos constructivos, otros módulos, etc.)

La inclinación óptima de los módulos fotovoltaicos depende de la latitud del lugar donde se van a instalar, (lo que implica una inclinación entre 5° y 10° menos que la latitud) y de la época del año en la que se quiera maximizar la producción (lo normal es colocarlos para que capten el máximo de irradiación anual), aunque lo que se deja de generar por estar inclinados por encima o por debajo de este óptimo representa solo un 0.08% por cada grado de desviación respecto a la iluminación óptima.

En cualquier caso, es recomendable una inclinación superior a los 15° , para permitir que el agua de la lluvia se escurra.

En definitiva, asumiendo "perdidas" (lo que se deja de generar) de hasta un 5-10 % se tiene un gran abanico de posibilidades de orientación e inclinación, y se asegura la instalación de generadores

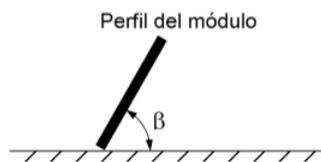
fotovoltaicos en diferentes circunstancias. Pero siempre hay que procurar acercarse lo más posible a las condiciones óptimas de instalación: entre 5° y 10° menos que la latitud.

9. Cálculo de las Pérdidas por Orientación e Inclinación del Generador Fotovoltaico

En esta sección del proyecto, el objetivo es determinar los límites en la orientación e inclinación de los módulos de acuerdo a las pérdidas máximas permisibles por este concepto. Las pérdidas por orientación e inclinación se calculan en función de:

- Ángulo de inclinación β , definido como el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es 0° para módulos horizontales y 90° para verticales.

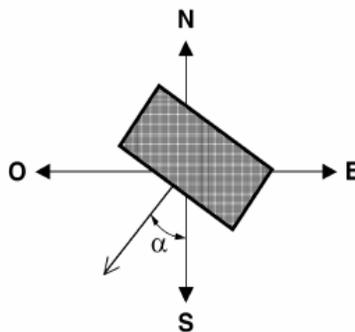
Figura 19. Ángulo de inclinación β



Fuente: Código técnico de la edificación, Sección HE5 Energía solar fotovoltaica, Pg. 19.

- Ángulo de azimut α , definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. Valores típicos 0° para módulos orientados al sur, -90° para módulos orientados al este y 90° para módulos orientados al oeste.

Figura 20. Ángulo de azimut α



Fuente: Código técnico de la edificación, Sección HE5 Energía solar fotovoltaica, Pg. 19

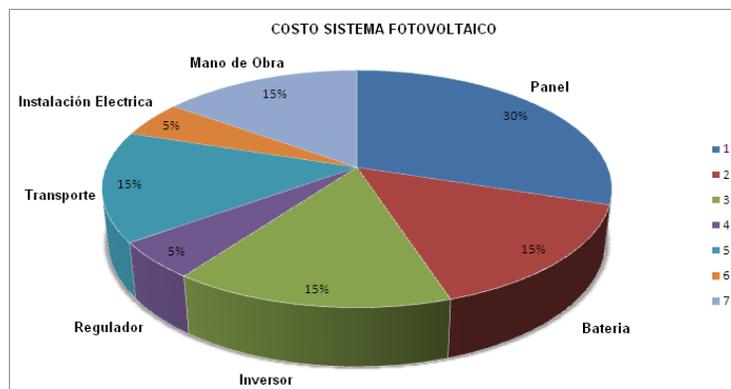
D. Análisis Financiero

1. Costos

La inversión necesaria para adquirir un sistema fotovoltaico depende de varios factores, por ejemplo: los precios internacionales del mercado fotovoltaico, la disponibilidad local de distribuidores e instaladores de equipos fotovoltaicos, la ubicación y demanda energética de los usuarios. Las características particulares de todos los equipos necesarios para satisfacer la demanda energética (en calidad, cantidad y capacidad), la distancia y la facilidad de acceso entre el lugar de venta de los equipos y el lugar donde se instalará el sistema (en cantidad de kilómetros por recorrer en vehículo todo terreno, en vehículo normal, en bestia o caminando), y los márgenes de ganancia de vendedores e instaladores de equipos (generalmente entre el 10- 30%), son factores que determinan en gran medida la cantidad de dinero que el usuario final invertirá para electrificar su vivienda.

El costo inicial total de un sistema en Guatemala, para aplicaciones domésticas se estima entre Q. 9500.00 y Q. 57000.00, el cual incluye los equipos, el transporte y la instalación. De esta cantidad, los montos de mayor relevancia son un 30% correspondiente al módulo fotovoltaico, y un 15% a la batería, al inversor, al transporte y a la mano de obra respectivamente, tal y como se muestra gráficamente siguiente. Sin embargo, la experiencia dice que para viviendas rurales muy alejadas y con vías de acceso deficientes, el costo de transporte suele ascender del 15 al 30% del costo inicial.

Figura 21. Costos de un Sistema Fotovoltaico



Fuente: Elaboración propia

Los costos totales de un sistema fotovoltaico pueden clasificarse en las siguientes categorías:

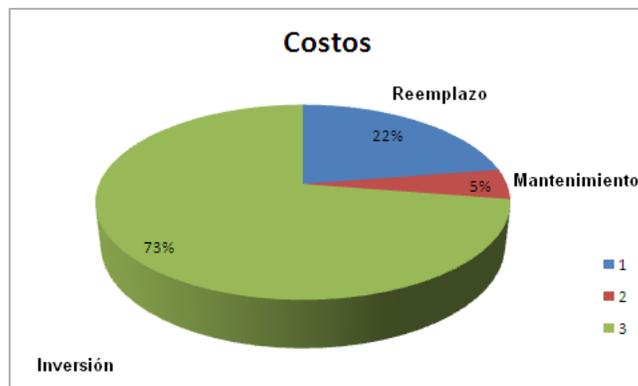
- Costos de inversión
- Costos de mantenimiento
- Costos de reemplazo

Los costos de inversión son aquellos en los que se debe incurrir inicialmente para la compra, transporte e instalación de los equipos fotovoltaicos. Estos costos pueden representar un 70-75 % del costo del sistema a lo largo de toda su vida útil. La vida útil de un sistema fotovoltaico completo, correctamente instalado y con componentes de buena calidad, se estima entre 15 y 20 años 3.

Los costos de mantenimiento y operación son aquellos en los que se debe incurrir durante toda la vida útil de los equipos para conservar en buenas condiciones el sistema fotovoltaico. Normalmente, el mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos no es más que la limpieza adecuada de los equipos, especialmente de los paneles fotovoltaicos, y el reemplazo oportuno del agua de las baterías; por lo tanto, los costos de mantenimiento son muy bajos y representan un 3-5 % del costo total del sistema a lo largo de toda su vida útil.

Los costos de reemplazo son aquellos en los que se debe incurrir cuando las baterías llegan al fin de su vida útil. Generalmente, esto sucede después de 3 - 5 años de uso, pero depende en buena medida del mantenimiento y de los ciclos de carga/descarga a los que fue sometida la batería. Estos costos representan 20 - 27 % de los costos totales del sistema a lo largo de toda su vida útil.

Figura 22. Costos de Mantenimiento, Inversión o Reemplazo de un Sistema Fotovoltaico



Fuente: Elaboración propia

2. Costos de Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares

A continuación se presenta información técnica relativa a los sistemas fotovoltaicos más utilizados, en Guatemala, esto va dependiendo del consumo que el usuario tenga:

El objetivo de colocar paneles solares en el domicilio, es usar energía eléctrica por medio de dichos paneles y el excedente, inyectarlo a la red de la distribuidora y seguidamente que se reintegre lo inyectado.

Además hay que recalcar que cuando un usuario consume menos de 100 kWh al mes, entra en tarifa social, esto quiere decir que existe un subsidio por parte del Instituto Nacional de Electrificación (INDE), aquí es donde un UAEE, debe de estar para pagar menos de factura eléctrica.

En la tabla II, se puede dar cuenta de que un usuario que aproximadamente consumen entre 150 a 200 kWh, y paga entre Q.330.00 y Q.450.00, se le propone un sistema de 500 W, aproximadamente para que pueda entrar a la tarifa social, por lo tanto su consumo será aproximadamente de 69.5 kWh, pagando al mes Q.156.33 y ya no los Q.330.00 que antes de colocar el sistema fotovoltaico pagaba de energía eléctrica. Al mes existirá un ahorro de Q. 1876.00 y los paneles solares tienen una duración aproximadamente de 25 años, por lo que en la vida útil del panel solar, se ahorrará un aproximado de Q. 46,900.00.

Para un usuario con un consumo mayor que el anterior, que tiene un consumo entre 200 a 250 kWh, y paga entre Q.451.00 y Q.562.00, se le propone un sistema de 1000 W, aproximadamente para que pueda entrar a una mejor tarifa, por lo tanto su consumo será aproximadamente de 139.1 kWh, pagando al mes Q.312.94 y ya no los Q.451.00 que antes de colocar el sistema fotovoltaico pagaba de energía eléctrica. Al mes existirá un ahorro de Q. 3755.00 y los paneles solares tienen una duración aproximadamente de 25 años, por lo que en la vida útil del panel solar, se ahorrará un aproximado de Q. 93,881.25.

Para un usuario con un consumo mayor que el anterior, que tiene un consumo entre 251 a 300 kWh, y paga entre Q.565.00 y Q.675.00, se le propone un sistema de 1250 W, aproximadamente para que pueda entrar a una mejor tarifa, por lo tanto su consumo será aproximadamente de 173.8 kWh, pagando al mes Q.391.13 y ya no los Q.565.00 que antes de colocar el sistema fotovoltaico pagaba

de energía eléctrica. Al mes existirá un ahorro de Q. 4693.50 y los paneles solares tienen una duración aproximadamente de 25 años, por lo que en la vida útil del panel solar, se ahorrará un aproximado de Q. 117,337.50.

Para un usuario con un consumo mayor que el anterior, que tiene un consumo entre 300 a 350 kWh, y paga entre Q.680.00 y Q.790.00, se le propone un sistema de 1500 W, aproximadamente para que pueda entrar a una mejor tarifa, por lo tanto su consumo será aproximadamente de 208.6 kWh, pagando al mes Q.469.31 y ya no los Q.680.00 que antes de colocar el sistema fotovoltaico pagaba de energía eléctrica. Al mes existirá un ahorro de Q. 5631.75 y los paneles solares tienen una duración aproximadamente de 25 años, por lo que en la vida útil del panel solar, se ahorrará un aproximado de Q. 140793.75.

Para un usuario con un consumo mayor que el anterior, que tiene un consumo entre 351 a 475 kWh, y paga entre Q.800.00 y Q.999.00, se le propone un sistema de 2000 W, aproximadamente para que pueda entrar a una mejor tarifa, por lo tanto su consumo será aproximadamente de 278.2 kWh, pagando al mes Q.625.88 y ya no los Q.800.00 que antes de colocar el sistema fotovoltaico pagaba de energía eléctrica. Al mes existirá un ahorro de Q. 7510.50 y los paneles solares tienen una duración aproximadamente de 25 años, por lo que en la vida útil del panel solar, se ahorrará un aproximado de Q. 187762.50.

Para un usuario con un consumo mayor que el anterior, que tiene un consumo entre 480 a 600 kWh, y paga entre Q.1000.00 y Q.1350.00, se le propone un sistema de 3000 W, aproximadamente para que pueda entrar a una mejor tarifa, por lo tanto su consumo será aproximadamente de 417.25 kWh, pagando al mes Q.938.81 y ya no los Q.1000.00 que antes de colocar el sistema fotovoltaico pagaba de energía eléctrica. Al mes existirá un ahorro de Q. 11265.75 y los paneles solares tienen una duración aproximadamente de 25 años, por lo que en la vida útil del panel solar, se ahorrará un aproximado de Q. 281643.75.

En la siguiente tabla, se puede analizar los consumos y ahorros que tienen los Usuarios Autoprodutores con Excedente de Energía conectados a la red de distribución de EEGSA, cada uno con su categoría en kWh, así como también se da una recomendación de la potencia que deben de conectar los paneles solares, para que el ahorro sea el que más le convenga al cliente, según el consumo que tiene.

Además hay que recalcar que los paneles solares tienen una vida útil de 25 años, realizando los mantenimientos requeridos por el fabricante, que es una vez al año, por lo que en dicha tabla se observará un ahorro estimado que se tendrá:

Tabla II. Estimado de Consumo y ahorro de UAEE conectados a la red de distribución de EEGSA

Consumo del Cliente				Sistema Propuesto (Watts)	Ahorro Energético			
					Mensual		Anual	25 años - Vida Útil
kWh	Quetzales				kWh	Quetzales	Quetzales	Quetzales
150	200	Q330.00	Q450.00	500	69.5	Q156.33	Q1,875.96	Q46,899.00
200	250	Q451.00	Q562.00	1000	139.1	Q312.94	Q3,755.28	Q93,882.00
251	300	Q565.00	Q675.00	1250	173.8	Q391.13	Q4,693.56	Q117,339.00
300	350	Q680.00	Q790.00	1500	208.6	Q469.13	Q5,629.56	Q140,739.00
351	475	Q800.00	Q999.00	2000	278.2	Q625.88	Q7,510.56	Q187,764.00
480	600	Q1,000.00	Q1,350.00	3000	417.25	Q938.81	Q11,265.72	Q281,643.00

Fuente: Elaboración Propia

3. Consumo Aproximado de un UAEE

Se analizaron varias facturas de Usuarios Autoprodutores con Excedente de Energía, conectados a EEGSA, logrando tener un promedio aproximado de usuarios que consumían entre 150 a 200 kWh al mes, logrando la siguiente tabla de consumo, que al compararla con la tabla II, se puede dar cuenta que existe un ahorro en más del 50% de su consumo en kWh al tener conectado un sistema fotovoltaico, por un año:

Tabla III. Análisis por un año del promedio de consumo de un UAEE

Meses	kWh	Pago
Enero	74	Q81.70
Febrero	76	Q83.67
Marzo	88	Q94.92
Abril	74	Q81.80
Mayo	30	Q31.23
Junio	83	Q90.29
Julio	54	Q63.05

Agosto	59	Q67.79
Septiembre	67.25	Q75.29
Octubre	67.25	Q75.29
Noviembre	67.25	Q75.29
Diciembre	61.65	Q70.60
TOTAL		Q890.92

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente tabla, se da a conocer los datos que se obtuvieron de un Usuarios Autoprodutores con excedente de energía conectado a EEGSA:

Tabla IV. Estimado de Consumo y ahorro de UAEE conectados a la red de distribución de EEGSA

No. de Contador	Numerador	Fecha de Lectura	Motiv. lectura	Asignación múltiple	Clase de lectura	Status de lectura	Valor del contador leído
Q-00393	1	12/09/2014	01		01	7	560
Q-00393	2	12/09/2014	01		01	1	3.41
Q-00393	3	12/09/2014	01		01	7	104
Q-00393	1	13/08/2014	01		01	7	470
Q-00393	2	13/08/2014	01		01	1	3.84
Q-00393	3	13/08/2014	01		01	1	91
Q-00393	1	14/07/2014	01		01	7	396
Q-00393	2	14/07/2014	01		01	1	2.82
Q-00393	3	14/07/2014	01		01	1	76
Q-00393	1	12/06/2014	01		01	7	324
Q-00393	2	12/06/2014	01		01	1	3.45
Q-00393	3	12/06/2014	01		01	1	58
Q-00393	3	13/05/2014	01		01	1	48
Q-00393	1	13/05/2014	01		01	7	231
Q-00393	2	13/05/2014	01		01	1	3.18
Q-00393	3	11/04/2014	01		01	1	27
Q-00393	1	11/04/2014	01		01	7	180
Q-00393	2	11/04/2014	01		01	1	2.76
Q-00393	3	13/03/2014	01		01	1	11
Q-00393	1	13/03/2014	01		01	7	90
Q-00393	2	13/03/2014	01		01	1	4.01
Q-00393	1	13/02/2014	21	X	01	7	0
Q-00393	2	13/02/2014	21	X	01	1	0.00
Q-00393	3	13/02/2014	21	X	01	1	0

Fuente: EEGSA

4. Variables Financieras

La vida útil de un panel solar, dependerá de cómo el usuario lo mantenga, si lo mantiene con su respectivo mantenimiento es aproximadamente de 25 años, este dato, fue el que se utilizó para realizar todos los cálculos necesarios en el análisis financiero, el dato del mantenimiento ya está ingresado dentro de los gastos que se tomaron en cuenta en cada año, para que el análisis financiero fuera lo más exacto posible.

Se analizaron varios factores y usuarios que no contaban con sistemas fotovoltaicos en sus domicilios, ya que se necesitaba saber aproximadamente cuanto sería el consumo de energía eléctrica si no se contaba con este sistema, por lo tanto, se analizó los promedios de datos de usuarios conectados a la red de distribución de EEGSA, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla V. Consumo de Energía Eléctrica, SIN colocar un sistema fotovoltaico

Año	Costo de la Planilla de Luz sin paneles solares	Materiales y Mano de Obra	Total Servicio Público Sin Panel Solar
1	3960	2500	6460
2	3960	0	3960
3	3960	0	3960
4	3960	0	3960
5	3960	0	3960
6	3960	0	3960
7	3960	0	3960
8	3960	0	3960
9	3960	0	3960
10	3960	0	3960
11	3960	0	3960
12	3960	0	3960
13	3960	0	3960
14	3960	0	3960
15	3960	0	3960
16	3960	0	3960
17	3960	0	3960
18	3960	0	3960
19	3960	0	3960
20	3960	0	3960

21	3960	0	3960
22	3960	0	3960
23	3960	0	3960
24	3960	0	3960
25	3960	0	3960
GASTO TOTAL			101500

Fuente: Elaboración Propia

Desde el punto de vista financiero, la implementación de una acción de un sistema fotovoltaico se considera viable siempre y cuando el valor presente de los costos de inversión, energía, operación, y mantenimiento, sea menor que el valor presente de los costos de energía de operación y mantenimiento de la tecnología a sustituir.

Para realizar el análisis financiero debemos de determinar:

El valor actual neto o VAN, es uno de varios métodos que se utilizan para evaluar la posible rentabilidad de un proyecto. El VAN mide la cantidad total que se prevé que aumentará una inversión en el valor presente de sus flujos de efectivo potenciales y el costo inicial. Se puede calcular el VAN de una un proyecto para ayudar a determinar si es proyecto es rentable

El siguiente cuadro muestra el costo del sistema Fotovoltaico incluyendo Inversión total, instalación, mantenimiento anual, costo de la planilla de luz, determinado en 25 años.

Tabla VI. Consumo de Energía Eléctrica, CON un sistema fotovoltaico

Año	Inversión Total	Instalación	Mantenimiento Anual	Costo de la Planilla de Luz CON paneles solares	Gastado en el año con sistema fotovoltaico
1	Q8,700.00	Q800.00	Q580.00	Q890.82	Q10,970.82
2	Q0.00	Q0.00	Q580.00	Q890.82	Q1,470.82
3	Q0.00	Q0.00	Q580.00	Q890.82	Q1,470.82
4	Q0.00	Q0.00	Q580.00	Q890.82	Q1,470.82
5	Q0.00	Q0.00	Q580.00	Q890.82	Q1,470.82
6	Q0.00	Q0.00	Q580.00	Q890.82	Q1,470.82
7	Q0.00	Q0.00	Q580.00	Q890.82	Q1,470.82
8	Q0.00	Q0.00	Q580.00	Q890.82	Q1,470.82
9	Q0.00	Q0.00	Q580.00	Q890.82	Q1,470.82

10	Q0.00	Q0.00	Q580.00	Q890.82	Q1,470.82
11	Q0.00	Q0.00	Q580.00	Q890.82	Q1,470.82
12	Q0.00	Q0.00	Q580.00	Q890.82	Q1,470.82
13	Q0.00	Q0.00	Q580.00	Q890.82	Q1,470.82
14	Q0.00	Q0.00	Q580.00	Q890.82	Q1,470.82
15	Q0.00	Q0.00	Q580.00	Q890.82	Q1,470.82
16	Q0.00	Q0.00	Q580.00	Q890.82	Q1,470.82
17	Q0.00	Q0.00	Q580.00	Q890.82	Q1,470.82
18	Q0.00	Q0.00	Q580.00	Q890.82	Q1,470.82
19	Q0.00	Q0.00	Q580.00	Q890.82	Q1,470.82
20	Q0.00	Q0.00	Q580.00	Q890.82	Q1,470.82
21	Q0.00	Q0.00	Q580.00	Q890.82	Q1,470.82
22	Q0.00	Q0.00	Q580.00	Q890.82	Q1,470.82
23	Q0.00	Q0.00	Q580.00	Q890.82	Q1,470.82
24	Q0.00	Q0.00	Q580.00	Q890.82	Q1,470.82
25	Q0.00	Q0.00	Q580.00	Q890.82	Q1,470.82
VALOR ACTUAL					Q46,270.50

Fuente: Elaboración Propia

El valor actual de dicho proyecto es de Q. 46,270.50 esto nos convendría ya que a diferencia del servicio público se gastaría Q. 101,500.00 en 25 años lo cual existe una diferencia de Q. 55,229.50.

Para determinar la tasa interna de retorno (TIR) es el promedio anual de los rendimientos generados por una inversión en un número específico de años desde que se realiza la inversión. La TIR es un componente del valor presente neto de una inversión y considera sus flujos de efectivo netos, lo cual es una diferencia entre los ingresos y costos proyectados. La TIR es efectiva cuando se utiliza como una herramienta para comparar y analizar varias propuestas de inversión

Si se hubiera utilizado el servicio público durante los 25 años se gastaría Q.101,500.00 a diferencia del sistema fotovoltaico que sería Q. 46,270.50 esto equivale a una tasa de retorno de 54.412% de ahorro.

La recuperación de la inversión es la cantidad de tiempo que tarda una inversión en recuperar sus costos. El cálculo de retorno de la inversión utiliza el costo del proyecto y los flujos de efectivo del proyecto para determinar cuánto tardará el proyecto en recuperar sus costos. Al elegir entre los proyectos de la competencia y utilizando el análisis de retorno de la inversión, la empresa elegirá el

proyecto con el menor período de recuperación. Esto permite a la empresa recuperar sus costos rápidamente y luego empezar a obtener ganancias.

Para determinar tiempo de la inversión tenemos que el Costo de la Inversión es Q.9500.00, el ahorro que vamos a tener en cada año por la utilización del mismo es de Q.2489.18 entonces:

$$\text{Inversión Q.9500.00/ Ahorro Q2489.18} = 3.816517889$$

Un dato interesante es saber que para recuperar el costo de la inversión es necesario únicamente de 3 años y 1 mes.

El análisis costo-beneficio es una herramienta financiera que mide la relación entre los costos y beneficios asociados a un proyecto de inversión con el fin de evaluar su rentabilidad.

Tabla VII. Ahorro y recuperación de la inversión

Año	Diferencia entre Costo de la Planilla de Luz Con y Sin Sistema fotovoltaico	Ahorro por utilizar paneles solares
1	-Q4,510.82	-Q4,510.82
2	Q2,489.18	-Q2,021.64
3	Q2,489.18	Q467.54
4	Q2,489.18	Q2,956.72
5	Q2,489.18	Q5,445.90
6	Q2,489.18	Q7,935.08
7	Q2,489.18	Q10,424.26
8	Q2,489.18	Q12,913.44
9	Q2,489.18	Q15,402.62
10	Q2,489.18	Q17,891.80
11	Q2,489.18	Q20,380.98
12	Q2,489.18	Q22,870.16
13	Q2,489.18	Q25,359.34
14	Q2,489.18	Q27,848.52
15	Q2,489.18	Q30,337.70
16	Q2,489.18	Q32,826.88
17	Q2,489.18	Q35,316.06
18	Q2,489.18	Q37,805.24

19	Q2,489.18	Q40,294.42
20	Q2,489.18	Q42,783.60
21	Q2,489.18	Q45,272.78
22	Q2,489.18	Q47,761.96
23	Q2,489.18	Q50,251.14
24	Q2,489.18	Q52,740.32
25	Q2,489.18	Q55,229.50
	Q55,229.50	

Fuente: Elaboración Propia

Se determina que el beneficio al utilizar el sistema fotovoltaico es de Q.55,229.50 esto demuestra que al utilizar este sistema de energía eléctrica es favorable.

5. Aspectos Ambientales

En muchos casos, se tiene que decidir entre una planta eléctrica diesel o un sistema fotovoltaico para electrificar una vivienda rural. Si se comparan ambas alternativas, es posible obtener un panorama ilustrativo de los efectos positivos y negativos de cada una de ellas, tanto del punto de vista económico, como del punto de vista ambiental.

El costo inicial de una planta eléctrica de combustible es menor que el de un sistema fotovoltaico de la misma capacidad el tiempo de instalación de una planta eléctrica de combustible es menor que el de un sistema fotovoltaico, aunque para las dos alternativas el tiempo es corto y las dificultades de transporte son básicamente las mismas. Además, a nivel local generalmente existen varios distribuidores de plantas eléctricas de combustible.

El abastecimiento periódico de combustible para una planta eléctrica ubicada en un lugar remoto es un problema grande. Las dificultades para transportar el combustible son permanentes. El almacenamiento de combustible, cuando existe, se hace en condiciones peligrosas para la seguridad de las personas y bienes materiales. Los sistemas fotovoltaicos, en cambio, no requieren de ningún suministro de combustible. Los costos, riesgos y peligros relacionados con el uso de combustibles fósiles desaparecen.

Las plantas eléctricas producen ruido cuando operan. Inicialmente esta contaminación sonora suele ser tolerada por el entusiasmo de disponer de energía eléctrica; sin embargo, pronto ésta se hace

intolerable, especialmente para las personas de la tercera edad, enfermos y maestros de escuela. Los sistemas fotovoltaicos no producen ningún sonido molesto cuando operan debido a que no poseen partes y movimientos mecánicos por lo que no ocasionan ningún tipo de contaminación sonora.

Las plantas eléctricas producen humo cuando operan. Si la planta no ha recibido el mantenimiento adecuado, la cantidad de humo producido es considerable y dañina para las personas próximas a ésta. Los sistemas fotovoltaicos no producen humo; sin embargo, durante el proceso de carga las baterías liberan al ambiente hidrógeno en cantidades moderadas. La producción de hidrógeno no es un problema si las baterías se encuentran en una habitación ventilada; en caso contrario, se puede producir una explosión debido a la concentración alta de este gas.

El derrame de la solución de ácido sulfúrico de las baterías representa un peligro para la piel de las personas y para el suelo. En la mayoría de los casos, esta contaminación se produce cuando se abandona irresponsablemente a la intemperie baterías que han cumplido su vida útil. Esta práctica es bastante frecuente en el área rural debido a la falta de programas de educación ambiental y a la falta de recursos para el retiro ecológicamente controlado de las baterías inservibles.

Se puede decir que los sistemas fotovoltaicos poseen impactos ambientales menores que las plantas eléctricas a base de combustibles fósiles. Ellos son una solución amigable con la naturaleza. Sin embargo, el mal uso y manejo de esta tecnología sí puede tener efectos dañinos al medio ambiente. Se sugieren algunas recomendaciones que se deben atender para evitar esto:

- Los sistemas fotovoltaicos deben ser instalados correctamente para evitar su fallo prematuro, de lo contrario ocasionará el abandono de los equipos y su posible deterioro. No tiene sentido invertir en equipo de alta tecnología si éste no será utilizado durante muchos años.
- Debe existir un programa eficaz de retiro y reciclaje de baterías: las baterías fotovoltaicas abandonadas a la intemperie después de cumplir su vida útil ocasionarán contaminación, por lo que es necesario elaborar un programa para el desecho de las baterías.
- Las baterías deben estar instaladas en una habitación especialmente destinada a este propósito: sistemas fotovoltaicos con baterías instaladas en habitaciones utilizadas por personas podrían ocasionar riesgos a la salud y a la seguridad de las personas si no están instaladas en forma segura.

III. JUSTIFICACIÓN

Guatemala, hoy en día, está pasando por una etapa muy importante en la generación de energía eléctrica, ya que está migrando de generar energía eléctrica a través de derivados del petróleo a energías renovables, por ejemplo, Hidroeléctrica, Geotérmicas, Eólicas, Biomasa y Plantas Solares, algo que es importante recalcar es que Guatemala es un país en vías de desarrollo en el cual, la industria, la población, el comercio, la tecnología entre otros factores, es creciente y con este crecimiento el consumo de energía eléctrica también es creciente.

La energía renovable, es mucho más barata que la que se produce por derivados del petróleo, sin embargo, la tarifa de distribución de Energía Eléctrica por parte de las distribuidoras autorizadas en Guatemala (EEGSA y ENERGUATE), no disminuye con respecto de sus precios, ya sea que los mantienen o los aumentan.

La inflación ha ayudado a encarecer a las familias Guatemaltecas y cada año el consumo de energía eléctrica es más oneroso; es por ello que es necesario, disminuir el gasto de la energía eléctrica, ya que en la vida moderna que se lleva, es necesario el uso de aparatos electrónicos sofisticados, que funcionan con energía eléctrica y nos hemos vuelto tan dependientes de aparatos electrónicos, que la energía eléctrica es tal vital como el agua y la factura de energía eléctrica no disminuye sino al contrario aumenta.

Por lo tanto, podemos decir que, según los registros que se tienen de facturas de energía eléctrica en ambas distribuidoras, este servicio, tiende a mantenerse constante o a incrementar pero nunca a disminuir el precio y su demanda.

El estudio financiero que se da a conocer, estudiará y presentará resultados de que tan rentable es implementar un sistema fotovoltaico en los techos de nuestros domicilios para inyectar energía eléctrica a la red de distribución y así que exista una notable disminución en la factura de energía eléctrica.

Los resultados darán a conocer el ahorro que se obtendrá cada año y observar la recuperación de la inversión.

IV. OBJETIVOS

General

Realizar un Análisis Financiero para Usuarios Autoprodutores con Excedentes de Energía por medio de Paneles Solares.

Específicos

1. Estimar la cantidad de consumo de energía eléctrica, para producir e inyectar la misma energía eléctrica, a modo que el pago en la factura sea lo menor posible.
2. Realizar el estudio técnico con respecto de la conexión de un usuario Autoprodutor con Excedentes de Energía.
3. Observar el comportamiento de la recuperación de la inversión de los Paneles Solares con respecto del pago en la factura de energía eléctrica.
4. Demostrar que es factible la realización del proyecto.
5. Determinar los requerimientos mínimos para el correcto funcionamiento del sistema propuesto.

V. METODOLOGÍA

A. TIPO DE ESTUDIO

Para la realización del análisis financiero, el tipo de estudio a utilizar en la investigación es el descriptivo de laboratorio o gabinete, ya que se recopilará información con la que cuenten las distribuidoras con respecto de los usuarios que anteriormente no contaban con un sistema fotovoltaico en sus domicilios y que migraron a un sistema fotovoltaico en sus domicilios y posteriormente inyectaron energía eléctrica a la red de distribución.

Se realizará un análisis de la información recolectada, y se utilizará los indicadores financieros TIR, VAN, B/C, PRI, para verificar que el proyecto es rentable. Posteriormente con los resultados que se obtengan por medio de los indicadores financieros se describirá el significado de cada uno de ellos y cuál es su importancia y significado en dicho estudio financiero.

B. UNIVERSO

En Guatemala, las políticas de Gobierno, han ayudado a electrificar el país, de hecho ya está decretado como urgencia nacional la electrificación del país, debido a que es necesario poder contar con este servicio.

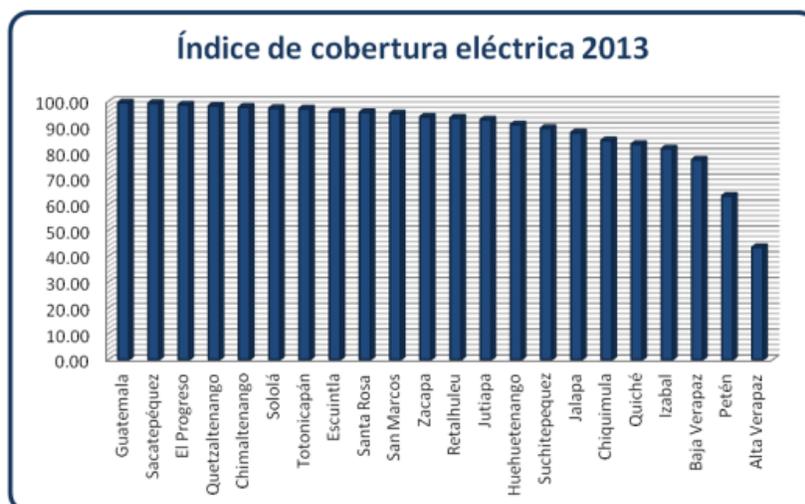
Por lo tanto, se puede decir que el universo para la realización de este trabajo, son todos los usuarios de Guatemala, que cuenten con el servicio de energía eléctrica en sus hogares, ya que ellos podrán utilizar paneles solares como una segunda opción para generar energía eléctrica y consumirla en sus domicilios y luego inyectar a la red de distribución el excedente de energía, por lo tanto se realizaron los análisis correspondientes para recopilar la información necesaria.

El Ministerio de Energía y Minas, por medio de la Dirección General de Energía, es la encargada de levantar indicadores de cobertura eléctrica en todo el país, por lo tanto, en la siguiente tabla se da a conocer los resultados presentados del índice de cobertura eléctrica en el país, por Departamento, desde el departamento que tiene la menor cobertura eléctrica, que es Alta Verapaz con un 43.491% hasta la que tiene mayor cobertura eléctrica, que es Guatemala, con un 99.531% de cobertura eléctrica.

Tabla VIII. Índice de Cobertura Eléctrica 2013 en el País de Guatemala

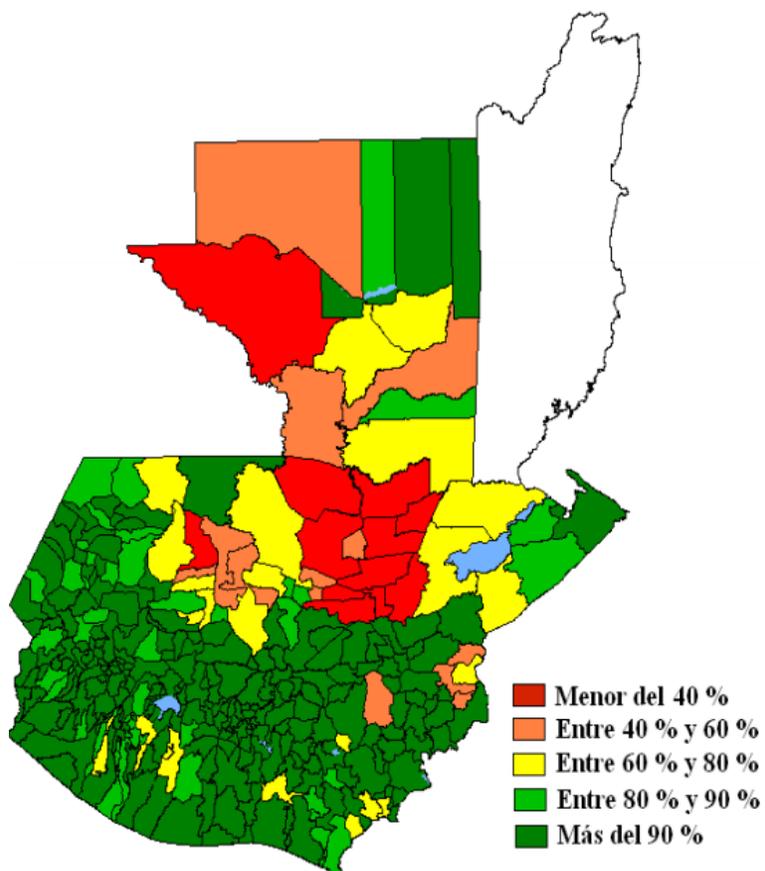
ÍNDICE DE COBERTURA ELÉCTRICA 2013			
Departamento	Viviendas	Usuarios	ÍNDICE
ALTA VERAPAZ	204,536	88,954	43.491%
BAJA VERAPAZ	60,732	47,043	77.460%
CHIMALTENANGO	120,785	118,158	97.825%
CHIQUIMULA	79,054	67,114	84.896%
EL PROGRESO	37,812	37,343	98.750%
ESCUINTLA	164,713	158,198	96.045%
GUATEMALA	744,598	741,159	99.531%
HUEHUETENANGO	219,767	200,051	91.029%
IZABAL	98,498	80,482	81.709%
JALAPA	68,391	60,161	87.966%
JUTIAPA	104,825	97,439	92.954%
PETEN	135,943	86,220	63.424%
QUETZALTENANGO	166,729	163,906	98.307%
QUICHE	180,565	150,724	83.474%
RETALHULEU	64,242	60,196	93.702%
SACATEPEQUEZ	66,723	66,267	99.316%
SAN MARCOS	198,005	188,714	95.308%
SANTA ROSA	80,332	76,980	95.828%
SOLOLA	81,262	79,152	97.404%
SUCHITEPEQUEZ	113,998	102,235	89.682%
TOTONICAPAN	94,415	91,815	97.246%
ZACAPA	50,454	47,437	94.020%
ÍNDICE A NIVEL NACIONAL	3,136,380	2,809,748	89.586%

Fuente: <http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2012/06/Cobertura-El%C3%A9ctrica-2013.pdf>

Figura 23. Grafica de Índice cobertura eléctrica 2013, por Departamento.

Fuente: <http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2012/06/Cobertura-El%C3%A9ctrica-2013.pdf>

Figura 24. Mapa de Cobertura Eléctrica 2013



Fuente: <http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2012/06/Cobertura-El%C3%A9ctrica-2013.pdf>

C. MUESTRA

En Guatemala, se hace mención de que existen 2 distribuidoras, EEGSA y ENERGUATE, sin embargo, en la investigación se trabajaron únicamente con usuarios EEGSA y específicamente en el Departamento de Guatemala.

Además es importante recalcar que solo en el Departamento de Guatemala, al mes de abril del año 2014 se han conectado 3496 Usuarios Autoprodutores de Energía Eléctrica, a base de tecnología fotovoltaica y en el resto del país únicamente 29 Usuarios Autoprodutores de Energía Eléctrica también a base de tecnología fotovoltaica eso quiere decir que el mayor interés se encuentra ubicado en la capital.

En la siguiente tabla se dan a conocer los índices de cobertura eléctrica 2013 en el Departamento de Guatemala, dividida en sus municipios.

Tabla IX. Índice de Cobertura Eléctrica 2013 en el Departamento de Guatemala

Índice de cobertura eléctrica 2013				
Departamento	Municipio	Viviendas	Usuarios	Índice
Guatemala	Guatemala	227,098	227,071	99.99%
Guatemala	Santa Catarina Pinula	21,063	21,025	99.82%
Guatemala	San José Pinula	17,005	16,975	99.83%
Guatemala	San José del Golfo	1,346	1,335	99.17%
Guatemala	Palencia	13,997	13,943	99.62%
Guatemala	Chinuaula	29,589	29,380	99.29%
Guatemala	San Pedro Ayampuc	17,200	17,136	99.63%
Guatemala	Mixco	111,504	111,300	99.82%
Guatemala	San Pedro Sacatepéquez	9,769	9,669	98.98%
Guatemala	San Juan Sacatepéquez	51,616	51,127	99.05%
Guatemala	San Raimundo	7,013	7,001	99.83%
Guatemala	Chuarrancho	3,016	2,997	99.37%
Guatemala	Fraijanes	10,617	10,547	99.34%
Guatemala	Amatitlán	25,808	25,796	99.95%
Guatemala	Villa Nueva	123,408	122,197	99.02%
Guatemala	Villa Canales	34,474	34,385	99.74%
Guatemala	San Miguel Petapa	40,076	39,275	98.00%
Guatemala		744,598	741,159	99.54%

Fuente: <http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2012/06/Cobertura-El%C3%A9ctrica-2013.pdf>

D. VARIABLES

Para poder alcanzar los objetivos planteados en la investigación, definitivamente, existen varios factores variables, que serán de relevancia en el análisis financiero, además afectarán su resultado, es por ello que se presenta un listado de variables, que afectarán dicho análisis financiero.

- Costo del equipo fotovoltaico (paneles solares y sus equipos)
- Consumo de energía eléctrica en un domicilio
- Horas-actividad eléctrica en un domicilio
- Cantidad de materiales para la instalación

- Instalación de equipos
- Precio de la energía eléctrica
- Costos de mantenimiento

E. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la realización de recolección de datos, se habló con personal de EEGSA, ya que ellos eran quienes llevaban las estadísticas de los Usuarios Autoprodutores con Excedente de Energía en Guatemala, así como el historial del consumo de cada UAEE, tanto antes y después de la instalación del panel solar fotovoltaico, ya que era la información necesaria para hacer una estadística promedio del consumo de un UAEE.

F. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE LOS DATOS

El primer paso, fue conseguir los datos, ahora para en análisis de datos, se utilizaron herramientas informáticas, como el programa de Office Excel, dicho programa, fue de gran ayuda en la realización de los cálculos.

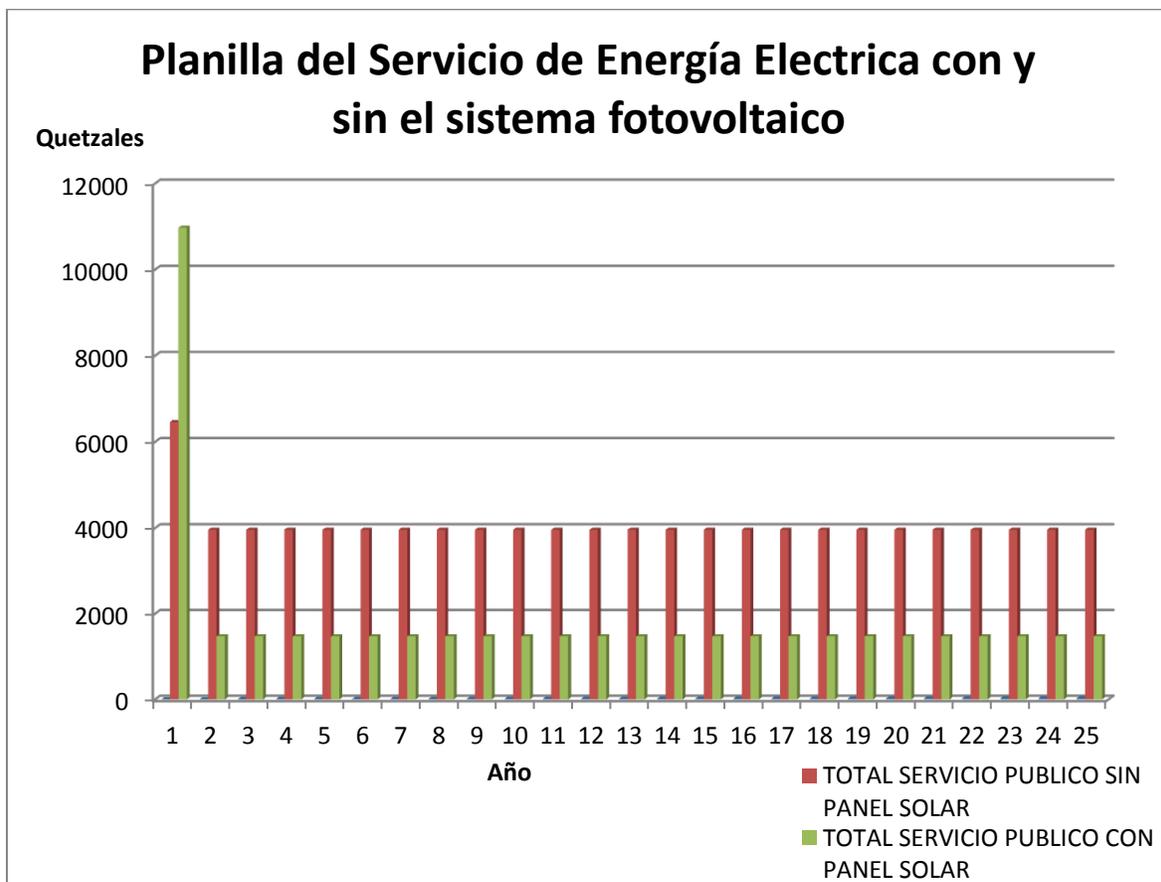
Se realizaron los siguientes métodos, para realizar el análisis financiero:

- Análisis Costo-Beneficios
- Valor Presente Neto del Proyecto
- Tasa interna de Retorno

VI. RESULTADOS

Se realizó un análisis financiero, dando como resultado la siguiente gráfica, que muestra una comparación del comportamiento de lo que se debía de pagar en energía eléctrica por año, en un total de 25 años que es la vida útil de los paneles solares, desde el año 1, hasta el año 25. Las líneas rojas, muestran el pago que se debía de realizar sin colocar paneles solares, mientras que las líneas verdes, muestran el pago que se debía de realizar ya con el sistema fotovoltaico instalado.

Figura 25. Planilla del Servicio de Energía Eléctrica con y sin el sistema fotovoltaico

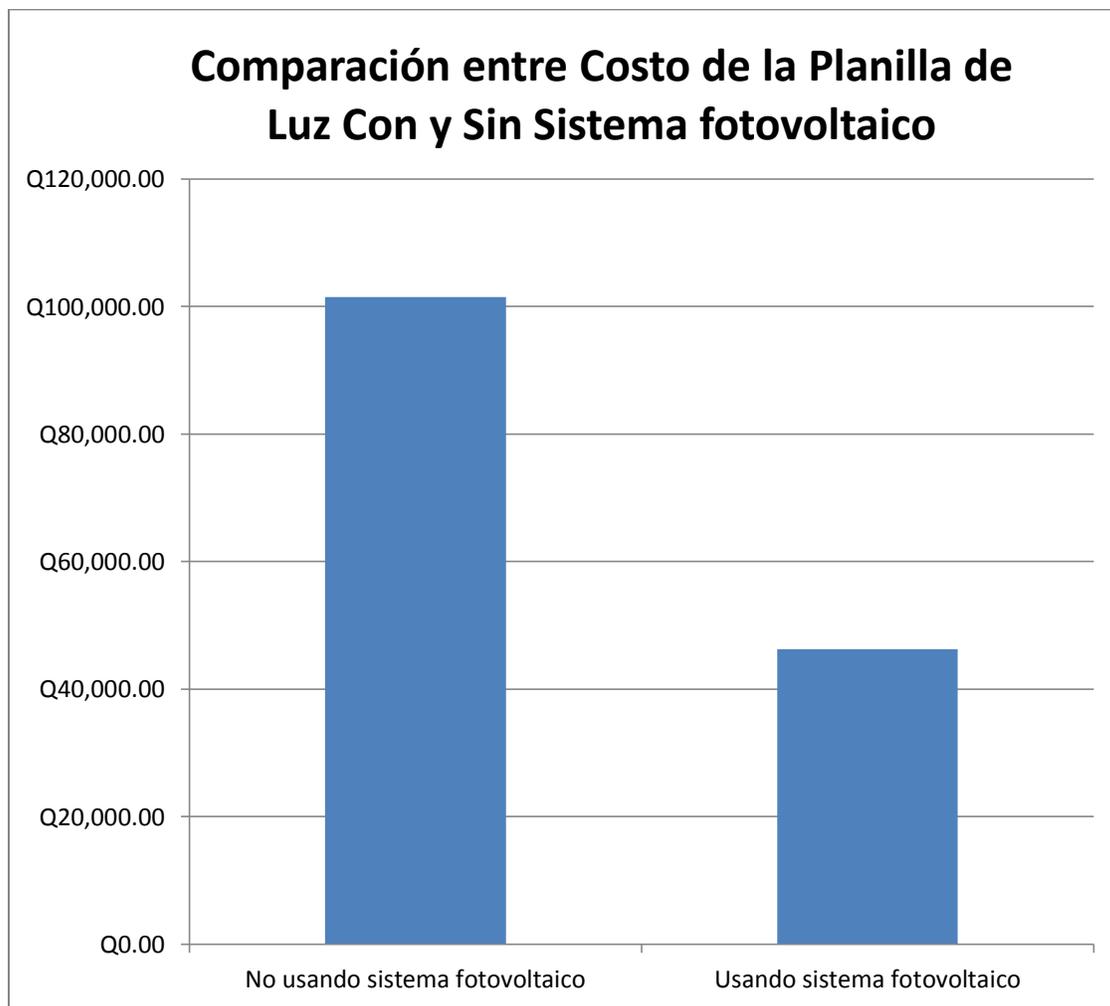


Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, después de haber analizado cada año, en la siguiente gráfica, se presenta el resultado total de la gráfica anterior, ya que aquí se realiza una comparación entre el pago que se realizaría en 25 años de un domicilio que utilice sistema fotovoltaico y que no lo utilice. No usando

el sistema fotovoltaico en 25 años se pagaría un total de Q. 101,500.00 y usando el sistema fotovoltaico se pagaría un total de Q. 46,270.50, por consumo de energía eléctrica.

Figura 26. Comparación entre costo de la planilla de luz con y sin sistema fotovoltaico. –Pagos Totales-



Fuente: Elaboración propia.

Se estimó el consumo de energía eléctrica, de los usuarios autoprodutores con excedente de energía, abastecidos por EEGSA, dando como resultado la siguiente tabla que muestra el consumo del cliente, inicialmente sin paneles solares y luego, con el sistema propuesto con paneles solares, específico para cada usuario, según su consumo.

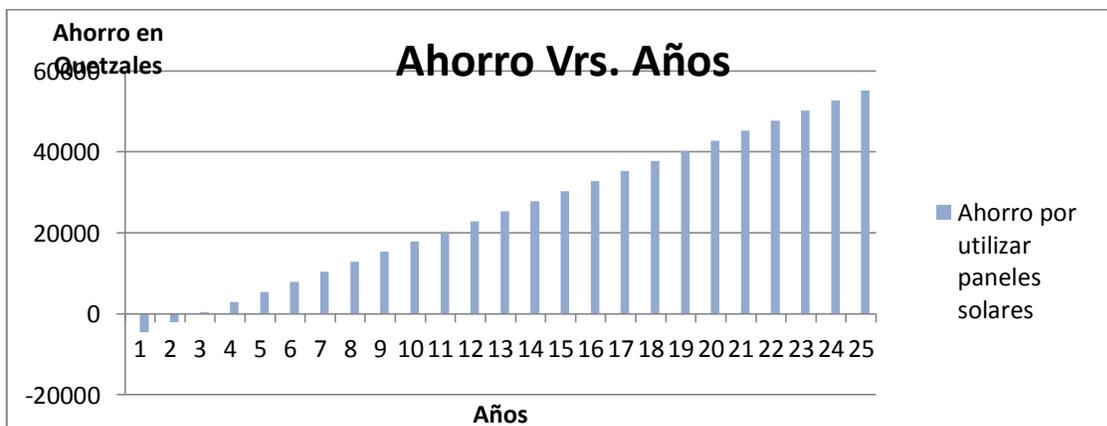
Tabla X. Consumo del Cliente con y sin paneles solares

Consumo del Cliente		
Sin paneles solares	Con paneles Solares	
kWh	kWh	
150	200	69.5
200	250	139.1
251	300	173.8
300	350	208.6
351	475	278.2
480	600	417.25

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó un estudio técnico, el cual dio como resultado la viabilidad del proyecto en los domicilios de guatemaltecos, así como se dio a conocer los aspectos legales que debía de cumplir un usuario para inyectar energía eléctrica a la red de distribución.

Se observó el comportamiento de la recuperación de la inversión del sistema fotovoltaico dando como resultado que a partir del tercer año y un mes se recupera la inversión, por lo inicia el ahorro por usar el sistema fotovoltaico, ya que a los 25 años, hemos tenido un ahorro de Q.55,229.50, a que si no hubiéramos utilizado el sistema fotovoltaico.

Figura 27. Tabla comparativa de los ahorros percibidos en cada año.

Fuente: Elaboración propia.

Se demostró por medio de la gráfica anterior, que la realización del proyecto es factible, ya que se tiene un ahorro desde el tercer año y posteriormente, todos los años siguientes se ahorra en el consumo de energía eléctrica.

Se determinaron los requerimientos mínimos para el correcto funcionamiento de un sistema fotovoltaico por medio de los formularios de EEGSA para conectarse a la red, ya que en dichos formularios, indican lo mínimo que debe de contar este sistema para su conexión.

VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- El análisis financiero realizado, demostró que el proyecto de instalar paneles solares para inyectar energía eléctrica a la red de distribución, es todo un éxito en los domicilios guatemaltecos.
- Al estimar el consumo de energía eléctrica de un cliente de EEGSA, se determinó que si no utiliza un sistema fotovoltaico, como segunda opción para generar energía eléctrica en su domicilio e inyectar a la red de distribución su excedente generado, en 25 años, que es la vida útil de los paneles solares, tendrían que pagar Q. 101,500.00, por lo tanto por año pagaría aproximadamente Q. 3960.00 y si ese mismo cliente usara un sistema fotovoltaico, pagaría en 25 años a EEGSA, Q. 46,270.50 por año se tendría que pagar aproximadamente Q. 890.82, por mantenimiento al año debe de pagar Q. 580.00 y de instalación pagaría Q. 9500.00 al instalar el sistema fotovoltaico; de lo anterior, podemos decir que el beneficio al utilizar el sistema fotovoltaico es de Q.55,229.50 esto demuestra que al utilizar este sistema de energía eléctrica es favorable y muy rentable.
- El estudio técnico abarca temas como la correcta instalación de los paneles solares en los usuarios autoprodutores con excedente de energía, abastecidos por EEGSA, así como el análisis del consumo de energía eléctrica de dichos usuarios, para posteriormente recomendar un sistema fotovoltaico adecuado para los usuarios.
- Al observar la recuperación de la inversión, para determinar si el proyecto es rentable y viable, analizando la figura 27, se puede observar que desde del 3er año ya no tenemos perdida; para recuperar el costo de la inversión es necesario únicamente de 3 años y 1 mes.
- Definitivamente se demostró que es factible en Guatemala el negocio de colocar paneles solares e inyectar a la red de distribución el excedente de energía, ya que desde el año 2008 hasta abril de 2014, se han conectado 3496 Usuarios Autoprodutores con excedente de energía a base de paneles solares, haciendo un total de 1,373 kW, esto debido a que la recuperación de la inversión es en un tiempo corto relativamente.
- Se determinaron los requerimientos mínimos para el correcto funcionamiento del sistema fotovoltaico debido a la información proporcionada por EEGSA.

VIII. CONCLUSIONES

- Se realizó un Análisis Financiero para Usuarios Autoproductores con Excedentes de Energía por medio de Paneles Solares, obteniendo que es un proyecto altamente rentable para los usuarios del departamento de Guatemala.
- Se estimó la cantidad de consumo aproximado de energía eléctrica, para los Usuarios del Departamento de Guatemala, y se determinó que al insertar un sistema fotovoltaico para inyectar el excedente de energía a la red de distribución el pago en la factura de energía eléctrica estaría en tarifa social, y con esto, se logra una recuperación más rápida de la inversión.
- Se realizó un estudio técnico con respecto de la conexión de un usuario Autoproducer con Excedentes de Energía, se analizaron los requerimientos mínimos del sistema fotovoltaico y los pasos que debía de cumplir para la instalación, así como los aspectos legales a los cuales debía de regirse.
- En el análisis financiero, se determinó la recuperación de la inversión de los Paneles Solares con respecto del pago en la factura de energía eléctrica.
- Se determinó que es factible la realización del proyecto de colocar un sistema fotovoltaico para inyectar energía eléctrica a la red de distribución.
- Se determinó los requerimientos mínimos para el correcto funcionamiento del sistema fotovoltaico propuesto.

IX. RECOMENDACIONES

- A los usuarios que están conectados a la red de distribución de EEGSA, se recomienda que tomen en cuenta colocar paneles solares de energía eléctrica en sus domicilios, ya que el ahorro es más del 50% a seguir conectados sin paneles solares.
- Se recomienda a los Usuarios Autoproductores con Excedentes de Energía por medio de Paneles Solares, que el equipo que adquieran, sea de estándares altos, ya que podría inyectar energía con mala calidad a la red de distribución y podría quemar los equipos electrónicos de las personas que consuman esa energía.
- A los usuarios de EEGSA, se les recomienda que no realicen consumos innecesarios de energía eléctrica y que cambien sus luminarias fluorescentes o incandescentes a luminarias led, para que el ahorro sea mayor.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Comisión Nacional de Energía Eléctrica. (2008) *Norma Técnica Para la Conexión, Operación, Control y Comercialización de la Generación Distribuida Renovable –NTGDR- y Usuarios Autoproductores con Excedentes de Energía*, <http://www.cnee.gob.gt/estudioselectricos/Normas%20Tecnicas/08%20NTGDR.pdf>
- Ministerio de Energía y Minas. (1996). *Ley General de Electricidad*, <http://www.cnee.gob.gt/pdf/marco-legal/LEY%20GENERAL%20DE%20ELECTRICIDAD%20Y%20REGLAMENTOS.pdf>
- Ministerio de Energía y Minas. (1996). *Reglamento de la Ley General de Electricidad*, <http://www.cnee.gob.gt/pdf/marco-legal/LEY%20GENERAL%20DE%20ELECTRICIDAD%20Y%20REGLAMENTOS.pdf>
- Ministerio de Energía y Minas. (1996). *Ley de Tarifa Social para el Suministro de Energía Eléctrica*, <http://www.cnee.gob.gt/pdf/marco-legal/LEY%20GENERAL%20DE%20ELECTRICIDAD%20Y%20REGLAMENTOS.pdf>
- Ministerio de Energía y Minas. (1996). *Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable*, <http://www.cnee.gob.gt/pdf/marco-legal/LEY%20GENERAL%20DE%20ELECTRICIDAD%20Y%20REGLAMENTOS.pdf>
- Cobarg, C. C. (2001). *Energía solar - Bases y aplicaciones*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- Ministerio de Energía y Minas. (2012). *Guía del Inversionista*. Guatemala.
- Comisión Nacional de Energía Eléctrica. (2014). *Estadísticas Energéticas*. Guatemala. http://www.cnee.gob.gt/wp/?page_id=586
- Díaz, O. (2005). *Diseño de un sistema fotovoltaico residencial con capacidad para venta de energía a la red de distribución*. Tesis de Licenciatura. Universidad de San Carlos De Guatemala. Guatemala.

- Juan Elpidio Consuegra (2013). *Inserción de Generación Distribuida en la Red de Distribución Eléctrica de Guatemala. Tesis de Licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.*
- Carta, J. Calero, R. Colmenar, A. Castro, M. (2009) *Centrales de Energía Renovables. Generación eléctrica con energías renovables. Pearson Educación S.A: España, Madrid.*
- Solgaltex. (2014). Energía Solar Térmica, Consultado en: 17/07/2014
http://www.sogaltexsolar.com/colectores_planos_o_tubos_de_vacio.htm
- Román, P. (2014). *Energía Solar térmica, Consultado en 16/07/2014*
<http://www.slideshare.net/geopaloma/energa-solar-trmica>
- Instituto para la diversificación y ahorro de la energía, IDEA. (2014). *Energía Solar Térmica. Consultado en 16/07/2014.*
<http://www.idae.es/index.php/mod.pags/mem.detalle/id.28/reلمenu.46>
- Cano, H. (2010). *Energía Solar y sus aplicaciones, Guatemala*
- Punter, Amy. (2002) *Solar ThermalEnergy. (En Línea) Consultado (16/07/2014) Disponible en:*
<http://practicalaction.org/solar-thermal-energy-1>
- Coyoy, (2013) *Se Hizo la Luz... Solar. Agencia Guatemalteca de Noticias (AGN) recuperado 25/11/2013. http://www.agn.com.gt/index.php/reportajes-especiales/item/6911-y-se-hizo-la-luzsolar*
- Estrada, Esteban (2013). *Guatemala con potencial para generar electricidad limpia. Agencia Guatemalteca de Noticias (AGN). Consultado en 16/07/2014.*
<http://www.agn.com.gt/index.php/reportajes-especiales/item/4180-guatemala-con-potencial-para-generar-electricidad-limpia>
- Tipos de Colectores (2002) Guatemala. *Consultado en 16/07/2014.*
<http://www.luxxol.com/2011/06/9-colectores-de-concentracion.html>

Centro de Estudios de la Energía Solar. (2000). *La energía solar: aplicaciones prácticas*. Sevilla: Promotora General de Estudios.

Barda, Walter. (2012). *Radiación Solar Media Diaria de Guatemala*. Recuperado el 26/11/2013. <http://walterbardalesrecursoshidricos.blogspot.com/2012/05/radiacion-solar-media-diaria-de.html>

Comisión Nacional de Energía Eléctrica. (2014) *Guatemala*. Consultado en 16/07/2014. <http://www.cnee.gob.gt/pdf/normas/docs/GDR/FAQ-UAEE.pdf>

SWERA. SWERAMAPS. [En línea]. (2014). Consultado en 16/07/2014. <http://maps.nrel.gov/SWERA>.

XI. ANEXOS