

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
LICENCIATURA EN INGENIERÍA QUÍMICA INDUSTRIAL

**PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA E INYECCIÓN HACIA LA RED  
DISTRIBUIDORA DE ENERGÍA ELÉCTRICA PROVENIENTE DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS  
EN LOS EDIFICIOS TEC, A, B, C, D, E Y F DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
TESIS DE GRADO

**MARIO ANDRES LETONA EMBEITA**  
CARNET 10836-08

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, NOVIEMBRE DE 2014  
CAMPUS CENTRAL

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
LICENCIATURA EN INGENIERÍA QUÍMICA INDUSTRIAL

**PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA E INYECCIÓN HACIA LA RED  
DISTRIBUIDORA DE ENERGÍA ELÉCTRICA PROVENIENTE DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS  
EN LOS EDIFICIOS TEC, A, B, C, D, E Y F DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE  
INGENIERÍA

POR  
**MARIO ANDRES LETONA EMBEITA**

PREVIO A CONFERÍRSELE  
EL TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO INDUSTRIAL EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, NOVIEMBRE DE 2014  
CAMPUS CENTRAL

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.  
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO  
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: DR. CARLOS RAFAEL CABARRÚS PELLECCER, S. J.  
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.  
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS  
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

DECANO: MGTR. JOSE CARLOS RICARDO VELA SCHIPPERS  
VICEDECANO: ING. CARLOS ENRIQUE GARCIA BICKFORD  
SECRETARIA: MGTR. KAREN GABRIELA MORALES HERRERA  
DIRECTOR DE CARRERA: DR. MARIO RENE SANTIZO CALDERON

## **NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

LIC. MAXIMILIANO LAINFIESTA HERRERA

## **TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**

MGTR. ROBERTO GUSTAVO REYES MELÉNDEZ  
ING. SALVADOR ALEJANDRO TUNA AGUILAR  
LIC. JOSE IGNACIO ARAUZ AVILA

Guatemala 11 de agosto de 2014

Facultad de Ingeniería  
Ingeniería Química Industrial  
Universidad Rafael Landívar  
Presente

Yo, Maximiliano Lainfiesta, Ingeniero Ambiental, con número de colegiado 3964 como Asesor de Tesis autorizo la entrega a las autoridades de Facultad de Ingeniería de la Universidad Rafael Landívar de la Tesis “Proyecto de generación de energía eléctrica e inyección hacia la red distribuidora de energía eléctrica proveniente de módulos fotovoltaicos en los edificios TEC, A, B, C, D, E y F de la Universidad Rafael Landívar.” que pertenece al alumno Mario Andrés Letona Embeita con número de Carnet 1083608

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Maximiliano Lainfiesta', with a large, sweeping flourish underneath.

Ing. Maximiliano Lainfiesta  
INGENIERO AMBIENTAL  
COLEGIADO NO. 3964



Universidad  
Rafael Landívar  
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE INGENIERÍA  
No. 0219-2014

### Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante MARIO ANDRES LETONA EMBEITA, Carnet 10836-08 en la carrera LICENCIATURA EN INGENIERÍA QUÍMICA INDUSTRIAL, del Campus Central, que consta en el Acta No. 02140-2014 de fecha 15 de octubre de 2014, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA E INYECCIÓN HACIA LA RED  
DISTRIBUIDORA DE ENERGÍA ELÉCTRICA PROVENIENTE DE MÓDULOS  
FOTOVOLTAICOS EN LOS EDIFICIOS TEC, A, B, C, D, E Y F DE LA UNIVERSIDAD  
RAFAEL LANDÍVAR**

Previo a conferírsele el título de INGENIERO QUÍMICO INDUSTRIAL en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 18 días del mes de noviembre del año 2014.



**MGTR. KAREN GABRIELA MORALES HERRERA, SECRETARIA  
INGENIERÍA  
Universidad Rafael Landívar**

## DEDICATORIA

### **A DIOS**

Gracias Padre. Solo Tú sabes el por qué permitiste que comenzara este camino, con tropiezos al inicio pero de tu mano quisiste que concluyera esta experiencia. Sin ti, nada de esto fuese posible.

### **A DON BOSCO**

Gracias San Juan Bosco y al Colegio Salesiano Don Bosco porque los valores que me inculcaron desde niño me forjaron como un buen Cristiano y honrado Ciudadano. Este logro también es de Ustedes!!!

### **A LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

Muchísimas gracias a la URL por la beca completa que me brindaron. Fue una oportunidad única y una experiencia maravillosa en mi vida.

### **A ANDREA EMBEITA Y JORGE LETONA**

Gracias mama, gracias papa!! El apoyo que me han dado y la creencia en mí me impulsaron a ir más allá en este camino. Gracias por tantos años de sacrificio, de consejos, por estar en las buenas y en las malas junto a mí y aún en los momentos más difíciles no dejaron de creer en mí. LOS AMO!

### **A MI FAMILIA**

Gracias Abuela Gloria. Tú me diste el impulso para comenzar el camino en URL. Gracias por cumplir más que un papel de Abuela en mi vida. Gracias Abuela María porque todo ese apoyo que muchas veces no se ve, tú me lo has dado a lo largo de los años y para mí es sumamente especial. Nena, gracias porque cumplo el papel de hermano mayor. Espero que con este ejemplo sea motivación para ti a seguir el exitoso camino en los estudios que ya has emprendido. Gracias tía Carla, tío Mario, tía Anabella, Laura, Pedro porque son parte de este logro!! LOS AMO!

### **A ADRIANA MORALES**

Gracias mi amor porque me acompañaste casi en la totalidad de mi carrera. Me apoyaste en los momentos más duros del estudio y me diste aliento para seguir adelante. Gracias porque esta tesis no la hubiese formulado jamás sin tu apoyo. Este logro también es tuyo. TE AMO!

### **A LA FAMILIA GRAJEDA IRIGOYEN**

Gracias Gustavo, Daiann, Carmen, Gusi, Guillermo. Ustedes desde el día en que los conocí me he sentido como un miembro más de su familia. Gracias por todo el apoyo y cariño genuino que me han brindado. Los llevo en el corazón todo el tiempo. Definitivamente ustedes son parte fundamental de este éxito.

### **A LA FAMILIA LACAYO FUENTES**

Gracias Rudy, Lucky, Ana Isabel y Chepe. Ustedes me han tratado siempre como uno más de la familia. Gracias por estos años de amistad y apoyo incondicional que me han dado. Ustedes son clave en este logro!!

### **A MIS ETERNOS AMIGOS**

Mau, este momento lo visionamos hace muchos años. Gracias por el apoyo incondicional. Rafa y Luis Carlos. Muchas personas llegaron a nuestras vidas y muchas otras se fueron a lo largo de estos años de Universidad. Gracias por estar desde el principio y por el gran apoyo que me han brindado. Este logro también es de ustedes. Luis García y Diego García. Gracias por estar a mi lado de una forma sincera y brindarme una amistad invaluable. Gracias "memo" porque vos también has contribuido en este logro; tus consejos y apoyo me sirvieron de guía.

## RESUMEN

Guatemala es un país que posee enorme recurso hídrico, geotérmico y solar para poder generar energía eléctrica de manera renovable. Años atrás estos recursos no se explotaban de manera adecuada para ser aprovechables. Hoy en día el tema de producción de energía eléctrica por medio de hidroeléctricas es un tema aún lleno de varios intereses políticos y privados. Sin embargo cada vez van floreciendo esta clase de proyectos. La generación eléctrica por medio del aprovechamiento de la energía solar es un tema, en nuestro país, nuevo aunque según el artículo del Señor Richard Aitkenhead Castillo publicado en “El Periódico” el día Lunes 5 de mayo de 2014 figura el título “Energía solar, la nueva opción renovable. Aquí el Señor Aitkenhead menciona que en el departamento de Zacapa existe ya una planta “que con cerca de 20 mil paneles solares integrados y con una capacidad de cinco megavatios de energía, se convierte en la planta solar de mayor tamaño en la región centroamericana”.

Es por esta razón que el presente proyecto de ingeniería se centra en la posibilidad que los edificios Tec, “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F” ubicados en las instalaciones de Campus Central de la Universidad Rafael Landívar de Guatemala puedan generar su propia energía eléctrica por medio de módulos fotovoltaicos conectados a la red distribuidora de energía eléctrica, inyectando el excedente de producción, si este existe, a la red y así poder generar un ahorro en los costos operativos de esta institución educativa y contribuir con el medio ambiente Guatemalteco ya que los edificios Tec, “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F” se convertirían en un ente productor de energía eléctrica renovable.

Para el efecto se procedió a investigar la cantidad de energía eléctrica que estos edificios consumía anualmente desde los años 2010 al 2013. Para el año 2013 se encontró que se consumieron 1,260,144.13kWh lo cual se traduce en un gasto de Q.2,094,912.73 para ese año. Al ya saber la cantidad de energía que estas instalaciones consumen se procedió a calcular la cantidad de módulos fotovoltaicos que se necesitan para suplir esta cantidad de energía resultando 2,802 módulos fotovoltaicos de 250Wp cada uno. Esta cantidad de módulos fotovoltaicos se cotizó por un valor total de Q.11,208,000.00, y

Q.47,500.00 por una tierra física para el sistema tal y como se puede ver en el Anexo 9.5, páginas 91 y 99; respectivamente. Se realizó un estudio sobre el espacio físico para la instalación de los módulos fotovoltaicos resultando que estos se pueden instalar en todos los techos de los edificios TEC, "C", "D", "E" y "F" y una porción en el parqueo de este edificio a manera de techo para el mismo. Este techo se cotizó por Q.208,000.00 según indica la página 94. Luego se procedió a realizar un estudio financiero para una posible implementación del proyecto, evaluando tres posibles escenarios: pesimista, más esperado y optimista; resultando que para el escenario más esperado la inversión inicial se recupera en 6.85 años con una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 16.58% y un Valor Actual Neto (VAN) de Q5,774,644.29 por lo que se puede concluir que el proyecto es viable desde el punto de vista técnico y financiero para una posible implementación.



# ÍNDICE

## 1. MARCO I INTRODUCCIÓN

|   |    |
|---|----|
| 1.1. Introducción General.....                                    | 12 |
| 1.2. Marco teórico.....   | 14 |
| 1.2.1. Energía Renovable .....                                    | 14 |
| • Clasificación de la Energía Renovable.....                      | 14 |
| • Energía Renovable Contaminante.....                             | 14 |
| • Energía Renovable No Contaminante.....                          | 15 |
| • Tipos de energía renovable no contaminante.....                 | 15 |
| • Energía Eólica.....   | 15 |
| • Energía Geotérmica.....   | 16 |
| • Energía Hidráulica.....   | 17 |
| • Energía Solar.....  | 19 |
| • El Sol.....   | 20 |
| • Estructura Solar.....   | 22 |
| • Núcleo.....   | 22 |
| • Zona Radiante.....  | 22 |
| • Zona Convectiva.....  | 22 |
| • Fotósfera.....  | 22 |
| • Cromósfera.....   | 23 |
| • Corona Solar.....   | 23 |
| • Heliósfera.....   | 23 |
| • Radiación Solar.....  | 24 |
| • Acimut.....   | 26 |
| 1.2.2. Panel Fotovoltaico.....                                    | 29 |
| • Efecto Fotovoltaico.....  | 30 |
| • Materiales que están constituidas las celdas fotovoltaicas..... | 33 |
| • Celdas de Silicio Amorfo.....                                   | 33 |
| • Celdas de Silicio Monocristalino.....                           | 33 |

|  |           |
|--|-----------|
| • Celdas de Silicio Policristalino.....  | 33        |
| 1.2.3. Aplicaciones de la Energía Solar Fotovoltaica.....                                    | 34        |
| • Inyección a la Red.....  | 35        |
| • Sistemas que se conectan a la Red.....   | 36        |
| • Elementos que conforman un sistema de inyección conectada<br>a la red.....                 | 38        |
| • Módulo Fotovoltaico.....   | 38        |
| • Inversor de corriente.....   | 40        |
| • Vatihorímetro Bidireccional.....   | 42        |
| 1.2.4 Definición de fórmulas.....  | 43        |
| <b>2. MARCO II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>   | <b>45</b> |
| 2.1. Objetivos.....  | 46        |
| 2.1.1. Objetivo general.....   | 46        |
| 2.1.2. Objetivos específicos.....  | 46        |
| 2.2. Hipótesis.....  | 46        |
| 2.3. Variables.....  | 47        |
| 2.4. Definición de variables.....  | 47        |
| 2.5. Alcances y limitaciones.....  | 48        |
| 2.6. Aporte.....   | 48        |
| <b>3. MARCO III METODOLOGÍA.....</b>   | <b>49</b> |
| 3.1. Unidades de análisis y sujetos.....   | 49        |
| 3.2. Instrumentos.....   | 49        |
| 3.3. Procedimiento.....  | 50        |
| <b>4. MARCO IV RESULTADOS.....</b>   | <b>51</b> |
| 4.1 Historial energía consumida por los edificios Tec, “A”, “B”, “C”,<br>“D”, “E” y “F”..... | 51        |
| 4.2 Resultados para el dimensionamiento de los paneles solares.....                          | 52        |
| 4.3 Resultados para el dimensionamiento y cantidad de inversores                             |           |

|  |           |
|--|-----------|
| de corriente a utilizar.....   | 52        |
| 4.4 Resultado para la cantidad de energía que producen los paneles Solares.....  | 53        |
| 4.5 Resultados para el área que ocupan los paneles solares.....  | 53        |
| 4.6 Resultados para el análisis financiero.....  | 54        |
| <b>5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>   | <b>58</b> |
| <b>6. CONCLUSIONES.....</b>  | <b>64</b> |
| <b>7. RECOMENDACIONES.....</b>   | <b>65</b> |
| <b>8. REFERENCIAS BIBLOGRÁFICAS.....</b>   | <b>66</b> |
| <b>9. ANEXOS.....</b>  | <b>70</b> |
| 9.1 Cálculos para la determinación de la cantidad de paneles solares según año analizado.....  | 71        |
| 9.2 Dimensionamiento y cantidad de inversores de corriente y paneles fotovoltaicos a utilizar.....   | 75        |
| 9.3 Energía producida por los paneles y gráficas comparativas sobre energía consumida por edificio Tec vs energía producida por paneles. Análisis mensual..... | 82        |
| 9.4 Disposición física de las instalaciones.....   | 90        |
| 9.5 Cotizaciones.....  | 91        |
| 9.6 Análisis financiero.....   | 104       |
| 9.7 Resolución CNEE No. 171-2008, Artículo 37 de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica de Guatemala”.....  | 121       |
| 9.8 Historial de recibos extendidos por COMEGSA a Universidad Rafael Landivar por consumos de energía eléctrica, años 2010-2013.....                           | 122       |
| 9.9 Glosario.....  | 130       |

## MARCO I INTRODUCCIÓN

### 1.1. Introducción General

Guatemala es un país que cuenta con diversas fuentes para generación de energía eléctrica. Según el documento `Memoria – Reunión regional sobre generación de electricidad a partir de biomasa´ de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura FAO; el país posee disponibles 10,890MW en recurso hidroeléctrico, 700MW en recurso geotérmico, y 328,690,840 MWh/año potenciales para generar energía solar según National Renewable Energy Laboratory. Sin embargo, solamente se utiliza 424.6MW en recurso hidrológico. Además, en el año 2010, el 32.8% de la energía eléctrica es generada por medio de la quema de combustibles fósiles, según El Banco Mundial.

La Universidad Rafael Landívar es una Institución no Gubernamental y no Lucrativa dedicada a la formación de profesionales que generen un cambio positivo en la situación de Guatemala. Los edificios Tec, “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F” están ubicados en las instalaciones de Campus Central, ocupando un área aproximada de 3,902.90 m<sup>2</sup>. (Google Earth). Esto se traduce a que posee una alta demanda respecto a energía eléctrica ya que sus actividades comienzan desde las 7:00 A.M. y cesan hasta las 10:00 P.M.

El consumo de energía eléctrica que demanda el Tec es de aproximadamente 1,260,144.13 kWh por año (Dirección de infraestructura y servicios generales de URL) lo cual significa un gasto de operación enorme y un impacto negativo hacia el medio ambiente por la emisión de CO<sub>2</sub>, 291 toneladas métricas de CO<sub>2</sub>/año (United States Environmental Protection Agency, 2013), que la generación de esta energía causa para el funcionamiento de este complejo.

Es por esto que nace la iniciativa de encontrar una solución a este impacto que la Universidad Rafael Landívar causa en el medio ambiente así como en su presupuesto anual. En este estudio se evaluará la posibilidad económica de la instalación de módulos fotovoltaicos en los edificios Tec, “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F” para la inyección de energía eléctrica a la red distribuidora de energía eléctrica.

Esto generaría la disminución de la huella de carbono que produce Universidad Rafael Landívar, siendo esta más amigable con el medio ambiente, y la disminución en el gasto mensual de energía eléctrica.

## 1.2. Marco Teórico

### 1.2.1. Energía Renovable

Es aquella que su fuente no se agota o es demasiado grande como para aseverar que se termina. .

Desde que el hombre evoluciona, la energía renovable ha sido utilizada desde tiempos antiguos. Por ejemplo, se ha navegado a vela y los molinos de viento. Cuando James Watt inventa la máquina de vapor la energía renovable se ve marginada ya que se utiliza en gran cantidad los motores térmicos y eléctricos. Sin embargo, alrededor de los años 1970, la energía renovable se consideró como una alternativa a las grandes contaminaciones que producen las fuentes derivadas del petróleo, sin mencionar la gran cantidad de tiempo que se requiere para la formación del mismo. (Velasco, 2009)

- Clasificación de la Energía Renovable
- Energía Renovable Contaminante

La energía renovable contaminante proviene de la materia orgánica, la cual es utilizada como biocombustible. Es importante recalcar que la incidencia negativa de la energía renovable contaminante versus la energía no renovable de fuentes fósiles es la misma ya que ambas emiten dióxido de carbono y causan el efecto invernadero. La biomasa está catalogada como energía renovable contaminante ya que proviene de vegetales que se están plantando constantemente. (Velasco, 2009)

- Energía Renovable no Contaminante
- Tipos de energía renovable no contaminante: la energía renovable que no produce contaminación al medio ambiente se divide en:

- Energía eólica

Tiene como ente generador el viento. Este es producido debido a la radiación solar que el Planeta Tierra absorbe de manera que las diferentes condiciones geográficas crean diferenciales de presiones, causando así el viento.

La idea de ésta energía surge con el fin de aprovechar los grandes movimientos del viento. Para el efecto, se instalan turbinas que con el pasar del viento se mueven y producen energía eléctrica. El conjunto de estas turbinas se conoce como parque eólico. La capacidad de generación de estas turbinas comprende entre 10 y 100kW. Una ventaja de la implementación de los parques eólicos es que se reducen los costos debido a que el agrupamiento de las turbinas brinda la energía desde un solo punto, reduciendo así la cantidad de líneas transportadoras de energía. (De Juana, 2003)

Imagen No.1: Energía Eólica



Imagen obtenida: Galt Energy (2014)

- Energía geotérmica

Al aprovechar el calor interno de la capa terrestre se obtiene la energía geotérmica. Este calor proviene de los gradientes de temperatura que existen en la Tierra. Además, algunas rocas en el subsuelo se encuentran a altas temperaturas por lo que el calor fluye hacia el agua que se encuentra al mismo nivel. El calor puede ser aprovechado naturalmente ya que este fluye por medio de aguas termales, geiseros, o bien, por medio de vapor de agua. También es posible bombear el agua desde el interior hasta la superficie.

Según la profundidad en la que se encuentre el yacimiento térmico así será la temperatura a la que se encuentra el agua para ser aprovechada la energía geotérmica:

En las cercanías de la zona activa de la corteza terrestre el agua alcanza hasta 400°C. Por esta razón, el agua se aprovecha como vapor, este se conduce por medio de tubería hacia una turbina, la cual genera electricidad. La fuente de calor de esta clase de yacimientos térmicos son campos magmáticos que se encuentran alrededor de 15km de profundidad a 600°C. Además, para que el manto acuífero tenga lugar, las rocas deben tener cierto grado de permeabilidad y el terreno debe ser agrietado.

Ahora bien, existen mantos acuíferos que se encuentran a temperaturas menos elevadas, alrededor de 85 y 150°C. A estas temperaturas el vapor es menos aprovechable y por ende se necesita de un líquido volátil para la utilización del vapor. Este líquido al tener un punto de ebullición menor al del agua, se evapora con la temperatura del agua que se obtiene de estos mantos y conjuntamente con el vapor de agua hacen trabajar las turbinas para poder producir electricidad.



Las turbinas giran debido al agua caliente y el vapor de agua. Estas centrales no utilizan combustibles fósiles en la generación de electricidad por lo que la energía geotérmica contribuye a reducir las emisiones hacia la atmósfera. Por esta razón, las centrales geotérmicas no requieren ser construidas en lugares aislados y son una opción muy verde para la generación de energía eléctrica. (Panorama Energético, 2010)

Imagen No.2: Energía Geotérmica

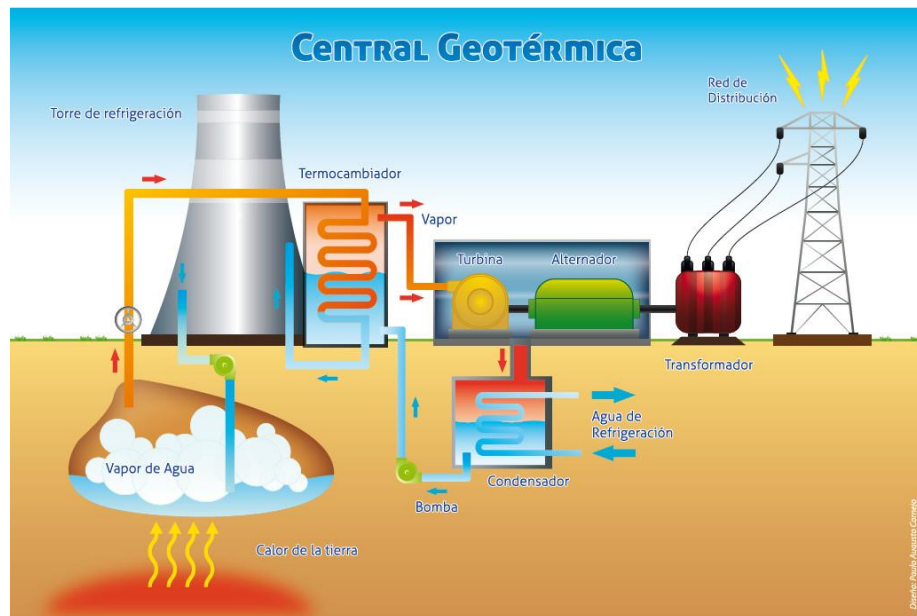


Imagen obtenida: Foro consultivo, científico y tecnológico (2014)

- **Energía hidráulica:**

Cuando se aprovecha la fuerza que posee el agua y se convierte en energía eléctrica, moviendo una turbina, se le conoce como energía hidráulica.

El mecanismo es el siguiente:

El agua se encuentra a cierta altura, esto quiere decir que posee energía potencial. Aquí el agua está en una presa y por la caída del agua, se convierte la energía potencial en cinética; moviendo turbinas de generadores que están en el punto más bajo y así obteniendo energía eléctrica.

Según la situación geográfica en donde se construya la planta hidroeléctrica así se utilizará el agua. Si la hidroeléctrica se encuentra al nivel del agua pues la turbina aprovecha toda la energía que el caudal de agua provee para la generación de energía eléctrica. En esta clase de hidroeléctricas es posible construir reservorios para el almacenamiento de agua cuando la demanda de energía es menor y así utilizarla cuando la demanda se ve incrementada. Algunas otras plantas hidroeléctricas son instaladas por debajo del nivel de un reservorio o bien de algún lago natural. La diferencia de altura hace que la energía potencial del agua se convierta en cinética y así pueda mover turbinas generadoras. El diseño de otras plantas hidroeléctricas se basa en dos reservorios de agua; uno inferior y otro superior aprovechando el mayor desnivel posible. Esto es para que cuando la demanda de energía eléctrica es menor a la esperada, el agua se bombea hacia el tanque superior y en el momento que la demanda sea mayor se utiliza el agua almacenada en este tanque para momentos de carga máxima.

De lo anteriormente descrito, se puede inferir que una planta hidroeléctrica es factible instalarla en ríos con cauces poco variables para evitar la construcción de reservorios de agua. La principal desventaja que presentan las plantas hidroeléctricas es la necesidad de invertir fuertes sumas de dinero en la construcción de las mismas; sin mencionar el impacto que genera muchas veces en el medio ambiente por la inundación de valles y construcción de reservorios de agua, así como el desalojo de los pobladores de la zona. (Sanz, 2008)

Imagen No.3: Energía Hidráulica

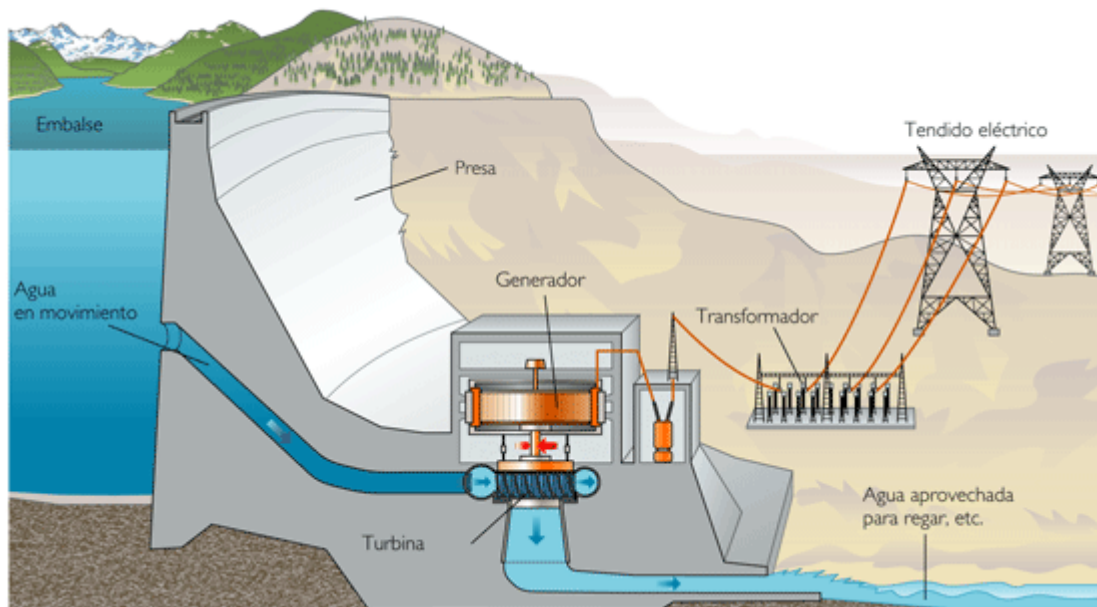


Imagen obtenida: APS Maroc. (2014)

- Energía solar:

Es el aprovechamiento de la radiación electromagnética que proviene del sol.

En la actualidad, la radiación solar puede ser captada por medio de dispositivos llamados celdas fotovoltaicas. Además, la energía solar está catalogada como energía renovable no contaminante.

Las ventajas de la energía solar son las siguientes:

- Escaso impacto ambiental.
- No produce residuos que perjudiquen al medio ambiente.
- Después de ser instalada, el único costo es el de mantenimiento.
- No se depende de ningún suministro, más que la energía del sol.

Las desventajas de la Energía solar son las siguientes:

- Existen sistemas que poseen baterías que contienen químicos nocivos.
- Si la energía requerida es muy grande, el ecosistema en donde se instalan los paneles fotovoltaicos se puede ver afectado.
- El impacto visual puede ser negativo si no se lleva a cabo una instalación estética.

Imagen No.4: Energía Fotovoltaica



Imagen obtenida: Revista eólica y del vehículo eléctrico. (2014)

- El Sol

Es una estrella que se encuentra en el Sistema Solar, específicamente en su centro. Es una de las 10 estrellas que se supone puede existir en nuestra galaxia. Es el proveedor de toda la energía solar a la Tierra, por ende, es el responsable de todas las formas de vida en el planeta, determina el clima y la meteorología.

La distancia desde el planeta Tierra hasta el sol es de alrededor 149,600,000 kilómetros. Posee forma esférica con un radio de 700,000km. Su composición es de 75% hidrógeno, 24% helio y

un 1% de otros elementos. Debido a que es el astro con mayor brillo determina el día y la noche.

La energía que irradia la aprovechan los seres fotosintéticos, dando así vida al planeta Tierra.

La vida promedio del sol es de 11 mil millones de años. Actualmente este astro tiene una vida media de 4,650 millones de años. Sus orígenes datan de la formación a partir de nubes de gas y polvo de residuos de estrellas anteriores. Como el sol se encuentra en una fase estable, seguirá quemando hidrógeno durante 5,000 millones de años más hasta que llegue el día en el que el Sol agote todo el hidrógeno en su región central, convirtiéndose en helio; se expandirá a tal punto que sobrepasará la órbita terrestre, extinguiendo cualquier forma viviente en el planeta Tierra. (Astromía, 2012)

Imagen No.5: Ciclo de vida del sol

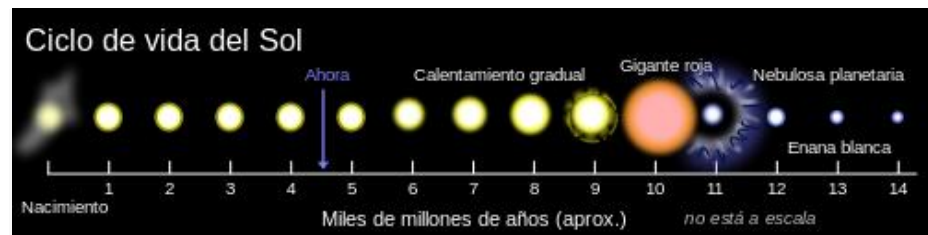


Imagen obtenida: The origin of elements. (2014)

El Sol posee su propia fuerza gravitatoria, por lo que todo el material por el que está compuesto es atraído hacia el centro del mismo.

- Estructura Solar

- Núcleo

En el núcleo se llevan a cabo las reacciones nucleares dentro del Sol lo cual le proporciona energía al mismo. El centro se compone de aproximadamente 49% hidrógeno, 49% helio y 2% de catalizadores nucleares. La temperatura en este lugar es de 15 millones de grados Kelvin. (Astromía, 2012)

- Zona Radiante

La temperatura en esta zona oscila aproximadamente entre 7 a 2 millones de grados Kelvin. Se cree que en esta zona se crea el campo magnético del Sol. (Astromía, 2012)

- Zona Convectiva

Esta región está encima de la zona radiante. Por lo tanto, el transporte de energía se realiza por convección, los afluentes de calor emanan de manera turbulenta y no constante. (Astromía, 2012)

- Fotosfera

En esta zona es donde se emite la luz visible del Sol y se considera la superficie del mismo. Un fotón tarda 10 días en atravesar la zona radiante y un mes en atravesar la zona convectiva. Ahora bien, para poder llegar a la superficie terrestre tarda solamente 8.5 minutos. Esto es debido a que al salir de la fotosfera, el fotón no posee obstáculos como dentro del Sol. (Astromía, 2012)

- Cromosfera

Es la capa exterior de la fotosfera y no puede ser divisada a simple vista. Su tamaño aproximado es de 10,000 kilómetros. Al momento de un eclipse solar, esta puede ser visible en un tono rojo. (Astromía, 2012)

- Corona Solar

Esta capa solar posee temperaturas que se encuentran en los rangos de los millones de grados Kelvin, un enigma para la ciencia. En esta zona corren altas ondas electromagnéticas y rayos X que emite el Sol. (Astromía, 2012)

- Heliosfera

Esta región comprende desde la parte externa del Sol hasta más allá de Plutón, es decir, todo lo que se encuentre bajo la influencia del viento solar. La Heliosfera se encarga de proteger al Sol de tormentas magnéticas. (Astromía, 2012)

Imagen No.6: Estructura del Sol

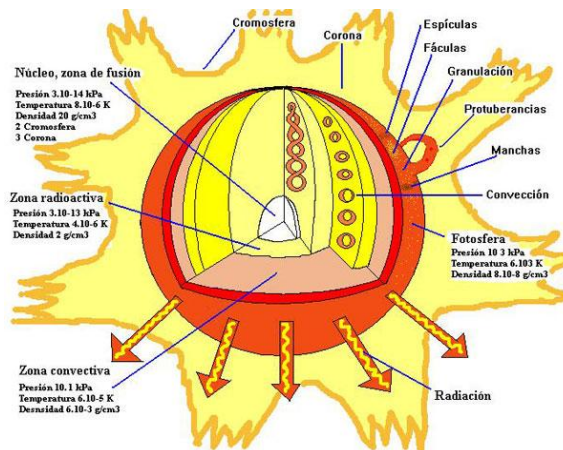


Imagen obtenida: Esquema solar. (2014)

- Radiación Solar

Las radiaciones electromagnéticas que se emiten por el Sol se llaman radiación solar.

Ahora bien, la atmósfera Terrestre no es calentada directamente por la radiación solar sino que por medio de la reflexión, que es el cambio de dirección de un rayo de luz cuando este no traspasa una superficie, de la radiación en el suelo y la superficie de los mares.

Esta energía solar produce cierta temperatura en la superficie terrestre y es trabajo de la atmósfera reducir la diferencia entre las temperaturas del día y de la noche para que estos cambios no sean extremadamente bruscos.

Aproximadamente el 47% de la radiación solar incide sobre la superficie terrestre. El 53% que resta es reflejada al exterior espacial o se absorbe en la atmósfera.

En términos de energía solar, la cantidad de energía que recibe una superficie de área expresada en metros cuadrados se denomina irradiancia y es expresada como  $W/m^2$ ; donde W es una medida de potencia y  $m^2$  es una medida de área. (P. Ramírez, Karina, 2009)

- Tipos de Radiación Solar:

- Radiación Directa: este tipo de radiación es el que no sufre ninguna desviación en la atmósfera
- Radiación Difusa: este tipo de radiación sufre cambios en su dirección por la reflexión y difusión de la atmósfera en general.



- Radiación Reflejada: esta radiación se recibe por la reflexión del suelo y otras superficies. También llamada Albedo.
- Radiación Global: es la suma de la radiación directa y la radiación difusa.
- Radiación Total: es la suma de la radiación directa, radiación difusa y radiación reflejada. (P. Ramírez, Karina, 2009)

Imagen No.7: Tipos de radiación solar

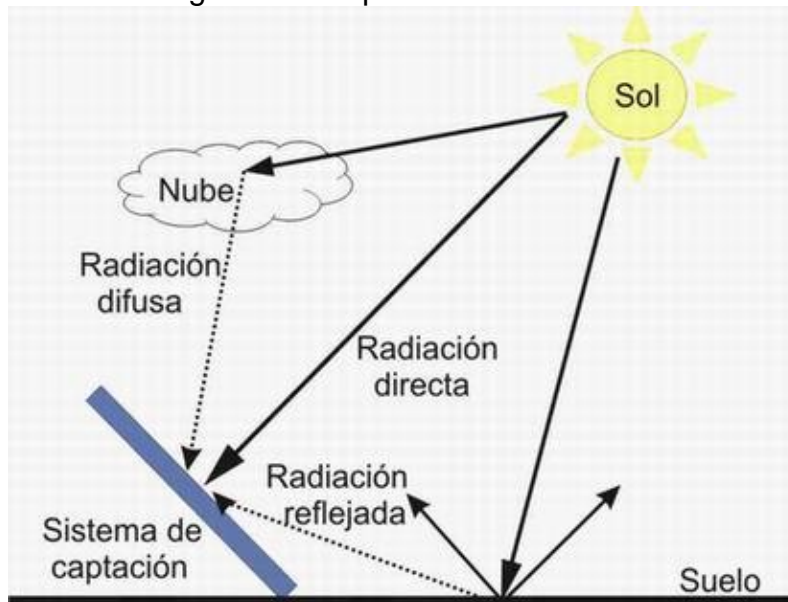


Imagen obtenida: Plus formación. (2014)

Ahora bien, las proporciones de radiación directa, difusa y reflejada dependen de las siguientes condiciones:

- Condiciones meteorológicas: si se tiene un día nublado, el mayor porcentaje de radiación es difusa.

- Inclinación respecto al plano horizontal: si la superficie está completamente horizontal, esta recibe la máxima cantidad de radiación difusa y la mínima cantidad de radiación reflejada.
- Presencia de superficies reflectantes: las superficies claras aumentan la radiación reflejada.

Imagen No.8: Radiación solar disponible según el clima



Imagen obtenida: SEA Ecotecnias. (2014)

- Acimut

Acimut es el ángulo formado por una alineación y la dirección de una meridiana, medido en el Norte y en el sentido del avance de las agujas del reloj. (García Martín, 1994)

La nomenclatura mayormente aceptada para analizar radiación solar en aplicaciones de energía solar es en sentido de las agujas del reloj partiendo del Norte; es decir, el Este es 90°, Sur es 180°, y Oeste es 270°. Esta nomenclatura la utiliza el Laboratorio Nacional para la Energía Renovable, NREL por sus siglas en inglés, para el cálculo de las posiciones solares. (SWERA, 2014)

Este proyecto de Ingeniería utilizó la herramienta SWERA maps (Solar and Wind Energy Resource Assessment) para poder obtener la irradiancia solar que recibe la URL campus central expresada en Horas Sol Pico

Imagen No. 9: Datos para la irradiancia solar mensual en la URL campus central

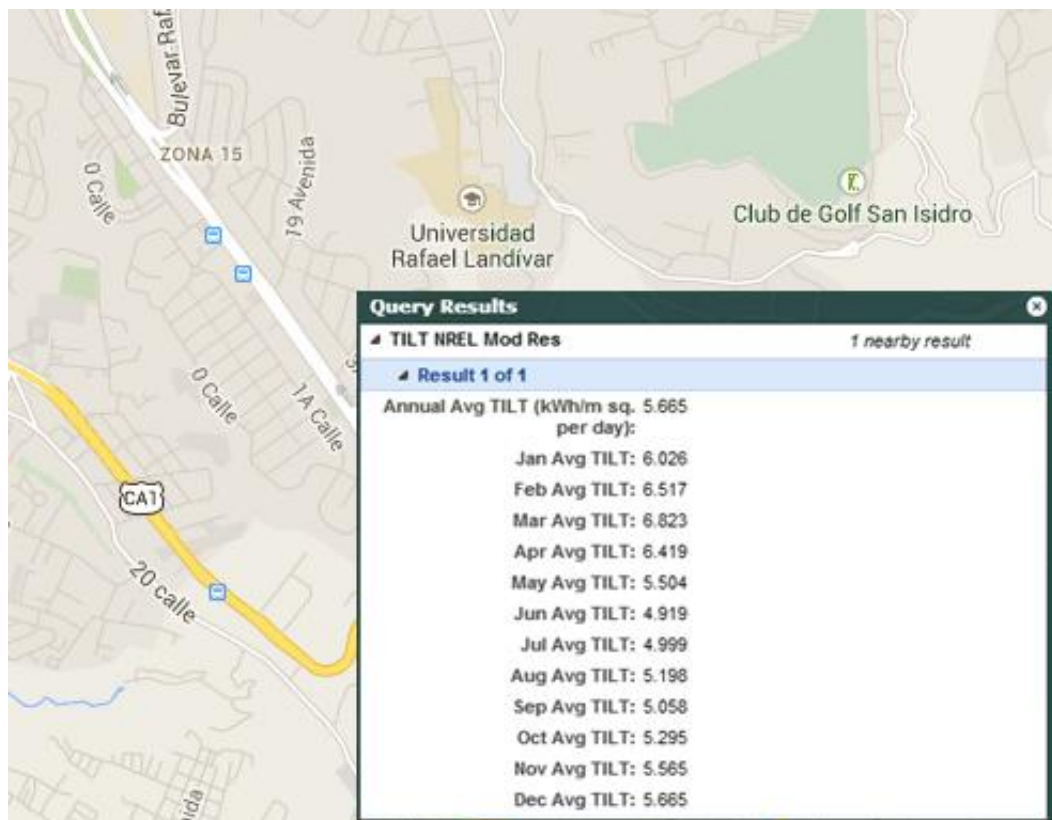


Imagen obtenida: SWERA (2014)

Es importante mencionar que el Sol sale de diferentes ubicaciones a través del año. Por esta razón se dice que existe un solsticio y un equinoccio:

- Solsticio: “ocurre cuando el Ecuador se halla más alejado del Sol, es decir, que cualquiera de los polos se halla más cerca del Sol. En el hemisferio Norte el solsticio de verano es el 21 de junio, mientras el de invierno es el 21 de diciembre” (INSIVUMEH, 2014). En el solsticio de verano el sol sale  $23.5^{\circ}$  hacia el Sur del Este. En el solsticio de invierno el sol sale  $23.5^{\circ}$  hacia el Norte del Este. (Fundación CIENTEC, 2007)
- Equinoccio: “ocurre cuando los dos polos terrestres se encuentran a igual distancia del Sol, siendo la cantidad de luz solar igual en ambos hemisferios. El equinoccio de primavera ocurre el 20 de marzo y el de otoño el 23 de septiembre.” (INSIVUMEH, 2014). En los dos equinoccios el Sol sale por el Este y se pone por el Oeste. (Fundación CIENTEC, 2007)

Imagen No.10: Solsticios y Equinoccios

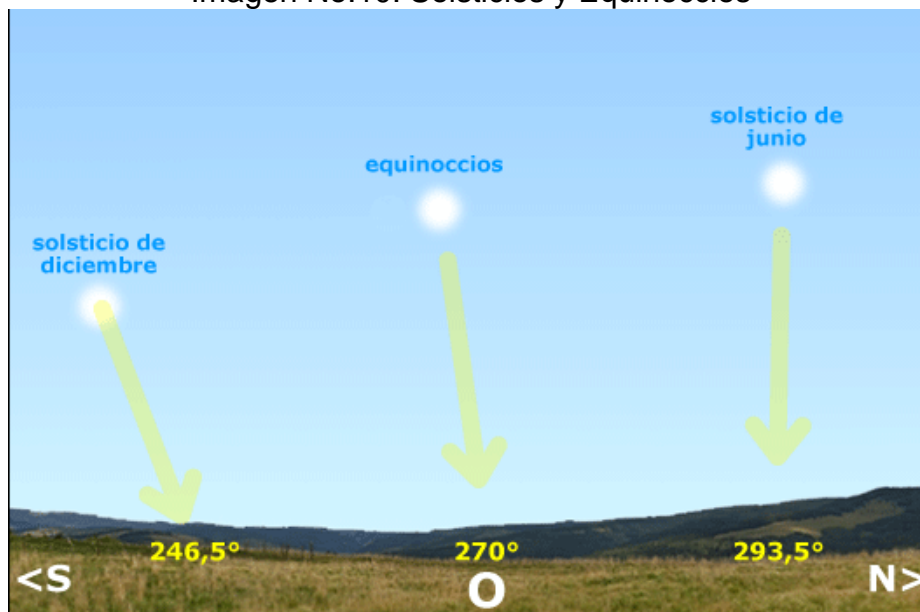


Imagen obtenida: CIENTEC. (2014)

## 1.2.2 Panel Fotovoltaico

El nombre común que se le da a estos dispositivos es panel solar o celda fotovoltaica. Dentro de los mismos existen celdas fotovoltaicas que poseen la tarea de producir electricidad debido a la radiación solar.

En 1839 Becquerel descubre cómo se genera un gradiente de potencial al sumergir dos electrodos en un electrolito, generando así el efecto fotovoltaico. En 1973, W. Smith descubrió que existe una diferencia en la conducción del selenio por efectos de la luz, acuñando el efecto fotoconductor.

Más adelante se estableció que al aumentar la intensidad de radiación sobre la superficie del metal existe mayor disponibilidad de liberar electrones pero que también existe una frecuencia límite en la cual no se emiten más fotoelectrones, no importando que se incremente la radiación.

En el año 1940 se comenzó la construcción de fotoceldas de selenio con un rendimiento de tan solo 1%. Por esta razón se decidió crear un transistor de germanio con resultados mejores hasta descubrir que el silicio es menos sensible a las diferencias de temperatura. Con este elemento se inventa, en el año 1954 la celda fotovoltaica de silicio.

Las radiaciones que inciden sobre los metales pueden ser:

- Fotoemisivas: este tipo de emisión es debido a que los electrones se liberan del mismo metal.
- Fotoconductor: las emisiones fotoconductoras modifican la conductividad del metal.
- Fotovoltaico: esta emisión crea una fuerza interna en el metal y es la base de las celdas fotovoltaicas. Su principio se basa en que se genera corriente directamente proporcional al flujo que recibe.  
(Mendez y Cuervo, 2007)

- Efecto fotovoltaico

“El efecto fotovoltaico se descubrió por primera vez en 1839 por el físico francés Alexandre-Edmond Becquerel. Sus estudios fueron fundamentales para el desarrollo del aprovechamiento de la energía fotovoltaica.”(Fernandez, 2011).

En 1883 el norteamericano Charles Fritts construyó la primera celda solar con una eficiencia de 1%. La base de esta celda fue selenio como semiconductor.

Ahora bien, el efecto fotovoltaico es el proceso mediante el cual una celda fotovoltaica convierte los fotones, comúnmente llamados luz solar, en energía eléctrica, en electricidad. Ahora bien, un fotón es la partícula que porta todas las formas de radiación electromagnética, como por ejemplo la luz visible, los rayos gamma, luz ultravioleta.

La celda fotovoltaica absorbe ciertos fotones lo cual hace que estos transfieran su energía hacia los electrones de la celda, generando electricidad.

Generalmente, las celdas fotovoltaicas están construidas por un material semiconductor, como el silicio. (Se hará mayor detalle en la siguiente sección). El efecto fotovoltaico es una propiedad que poseen ciertos materiales semiconductores que su base son el silicio. Su constitución es la siguiente: Dos materiales (P y N) con distinta conductividad:

- Zona P: impurezas de boro en silicio. Esta zona es positiva ya que el Boro posee un electrón menos que el silicio.
- Zona N: impurezas de fósforo en silicio. Esta zona es negativa ya que el fósforo posee un electrón más que el silicio. (Mendez y Cuervo, 2007)

Si se cierra el circuito y se somete a la radiación solar se crea corriente de la zona N hacia la zona P; generándose así el efecto fotovoltaico. La siguiente figura lo muestra:

Imagen No.11: Efecto fotovoltaico

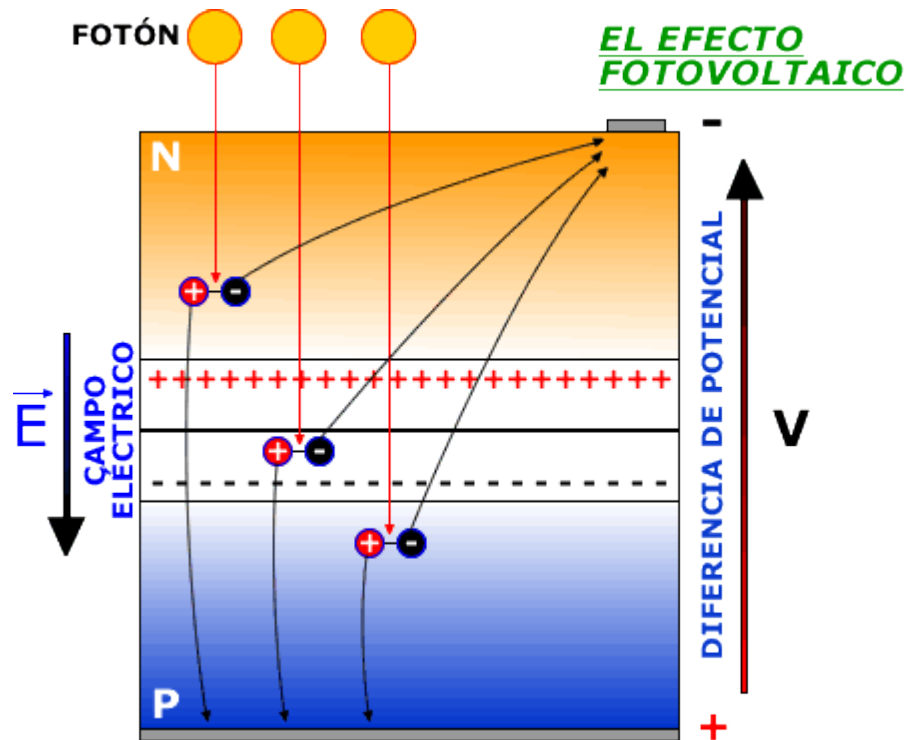


Imagen obtenida: Efecto fotovoltaico. (2014)

- Materiales que están constituidas las celdas fotovoltaicas

Las celdas fotovoltaicas están construidas en base de semiconductores. Un material semiconductor se comporta como un material conductor y uno no conductor a la vez. En los materiales semiconductores existe una banda de conducción; la cual es un intervalo de energías permitiendo tener aceleraciones de electrones, creando así, corriente eléctrica. A su vez, existe, también, una banda de valencia, la cual es el nivel mayor de energía en donde se

encuentran los electrones. La banda conductora de electrones posee cantidad escasa de electrones debido a que la distancia entre la banda de valencia y la banda conductora de electrones es muy pequeña. Por esta razón, el material semiconductor, al ser expuesto a mayor temperatura, se ve aumentada la conductividad ya que la energía térmica suministrada es lo suficientemente fuerte para que los electrones salten a la banda de conducción.

Por lo tanto, las celdas fotovoltaicas están construidas de materiales semiconductores ya que los fotones que se encuentran en la luz del sol poseen energía similar a los electrones ligados en estos materiales.

Imagen No.12: Módulos Fotovoltaicos



Imagen obtenida: Risparmio. (2014)

Una celda fotovoltaica convierte inmediatamente la luz solar en energía eléctrica. Los distintos materiales que están constituidos las celdas fotovoltaicas son: (Mendez y Cuervo, 2007)



- Celdas de Silicio Amorfo

Esta clase de paneles solares en su composición poseen mucho desorden. Su proceso de fabricación es sencillo y de bajo costo. Si existe baja radiación solar, este tipo de celdas son eficientes; sin embargo posee bajo rendimiento comparado con las otras clases de celdas fotovoltaicas.

- Celdas de Silicio Monocristalino

Posee buen rendimiento debido a que su composición es uniforme. Sin embargo es de difícil fabricación.

- Celdas de Silicio Policristalino

El silicio policristalino obtiene su nombre de 'policristalino' debido a que la solidificación del silicio no se lleva a cabo en un único cristal sino que en múltiples de ellos. Son más económicos que los paneles de silicio monocristalino. Esta clase de celdas fotovoltaicas son ampliamente utilizadas.

Básicamente, un panel se forma por el encapsulamiento en serie de celdas con material semiconductor dentro. El encapsulamiento se lleva a cabo por medio de polímeros. Para combatir la humedad se utiliza vinil o alguna resina de silicón.

Como se mencionó anteriormente, el panel convierte la energía solar en energía eléctrica; la potencia de salida está determinada por el rendimiento de la celda fotovoltaica, la carga, irradiancia solar y temperatura de trabajo del material por el que está constituida la celda.

Los paneles, para su funcionamiento, necesitan además de celdas fotovoltaicas, fusibles, cables conductores, pararrayos y corriente a tierra, así como se puede observar en la siguiente figura:

Imagen No.13: Diagrama fotovoltaico

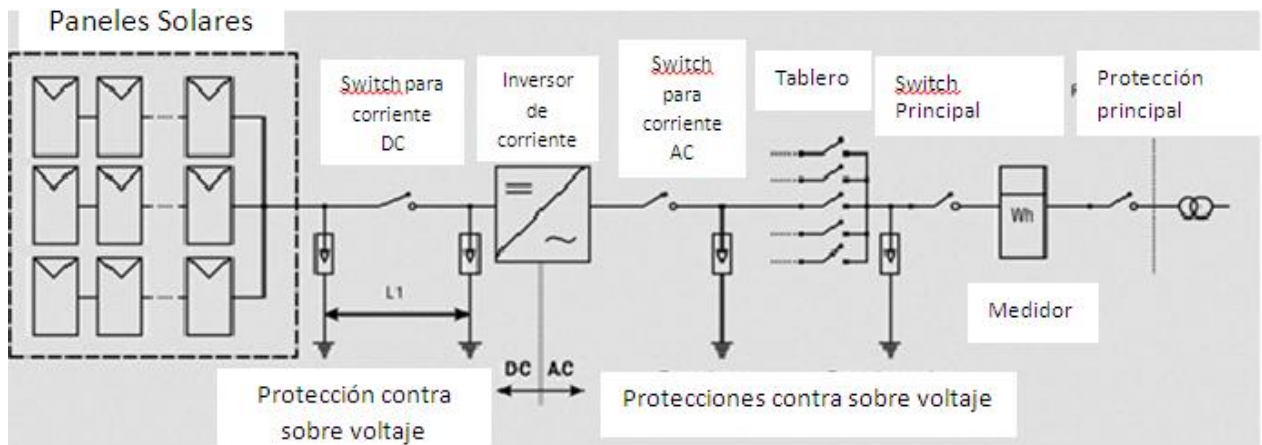


Imagen obtenida: PhotoVoltaic Solar Systems. (2014)

Los módulos fotovoltaicos pueden ser colocados en serie o en paralelo. Si se colocan en serie, el voltaje se ve incrementado. Al ordenar los paneles en paralelo, la corriente se ve incrementada.

### 1.2.3 Aplicaciones de la Energía Solar Fotovoltaica

Una aplicación bastante utilizada es para sistemas individuales domésticos. Estos sistemas generalmente se componen por un panel fotovoltaico con potencia pico menor, que es la potencia que este puede generar, de 100W, un regulador a 12V, baterías para almacenar energía (aunque los nuevos sistemas no poseen baterías y es parte de este trabajo de tesis), un inversor de corriente y una serie de tomacorrientes para la utilización de los aparatos electrónicos.

Los aparatos electrónicos domésticos utilizan corriente alterna y por esta razón es que se utiliza un inversor de corriente del panel fotovoltaico, ya que el panel genera corriente directa DC. Entonces, el inversor convierte la corriente directa en alterna.

El sistema fotovoltaico puede proveer corriente alterna, por medio de un inversor de corriente, 115/230V así como corriente directa en 12V. Esto quiere decir que se posee la facilidad de utilizar aparatos electrónicos que trabajen con corriente alterna en 115/230V y electrodomésticos que trabajen a corriente directa y 12 V. Sin embargo, los aparatos en corriente alterna son más fáciles de conseguir y mucho más comunes y avanzados tecnológicamente que los aparatos de corriente directa de 12V.

Por lo tanto, los paneles fotovoltaicos pueden ser utilizados para electrificar poblaciones de personas, usos domésticos en una sola vivienda para poder cubrir necesidades como; electrodomésticos, equipos de bombeo, iluminación.

Los módulos fotovoltaicos, además de ser utilizados domésticamente, se instalan en centros hospitalarios, iglesias y centros de estudio.

- Inyección a la Red

La generación de energía eléctrica por medio de módulos fotovoltaicos para su posterior aporte a la Red distribuidora de Energía Eléctrica es la nueva tendencia sobre la utilización de los módulos fotovoltaicos. El objetivo de la inyección a la red es la generación de la energía eléctrica en el módulo fotovoltaico y luego ser distribuida hacia los usuarios por medio de la red gubernamental o particular. Estos sistemas no solamente se limitan a grandes instalaciones sino que también se utilizan en domicilios e industrias.

Las conexiones típicas para estas instalaciones son monofásicas si se está trabajando hasta 5kW. Para instalaciones mayores a este valor se utiliza conexión trifásica.

Ahora bien, un módulo fotovoltaico que inyecta energía eléctrica a la red posee la ventaja que el excedente de energía lo brinda hacia la red por lo que las tarifas eléctricas son mucho más reducidas. De hecho, no

solamente los beneficios son económicos sino que también se contribuye con el medio ambiente ya que se está utilizando energía limpia, es decir, energía renovable que no contamina el Planeta Tierra. (Guatemala Solar, 2010)

- Sistemas que se conectan a la Red

Esta clase de sistemas proveen energía a la red ya que inyectan a la misma la energía eléctrica cuando existe producción mayor al consumo requerido. Por esta razón, no se deben hacer acondicionamientos extras a las instalaciones en donde van a ser utilizados los paneles fotovoltaicos.

Estos sistemas fotovoltaicos varían en dimensiones, desde aplicaciones urbanas instalados en los techos de casas y edificios hasta grandes plantas productoras de energía. También, estos módulos fotovoltaicos son utilizados como cubiertas para edificios y complejos industriales para aprovechar la incidencia del sol y así generar energía limpia.

Los sistemas que están conectados a la red eléctrica no necesitan de baterías ni de regulador de voltaje ya que la conexión es directa. Simplemente necesitan inversores de voltaje para poder variar la corriente directa, la cual se genera en el módulo fotovoltaico, a corriente alterna, la cual utilizan la mayoría de aparatos y electrodomésticos hoy en día.

Los inversores de corriente conectados a la red, deben poseer la misma corriente (corriente alterna), misma secuencia de fase, tensión y frecuencia por el simple hecho de estar conectados a la red de distribución eléctrica.

Estas características hacen que el inversor transforme la energía que se producen en los módulos fotovoltaicos, de 12V, 24V, etc. en corriente alterna 110V o 220V y de esta manera poder suplir las necesidades de energía eléctrica en el recinto y además poderla inyectar a la red de distribución. (Guatemala Solar, 2010)

A continuación se muestra un esquema de cómo se conectan los módulos fotovoltaicos a un domicilio así como a la red para poder inyectar energía eléctrica a la misma

Imagen No.14: Sistema fotovoltaico conectado a la Red

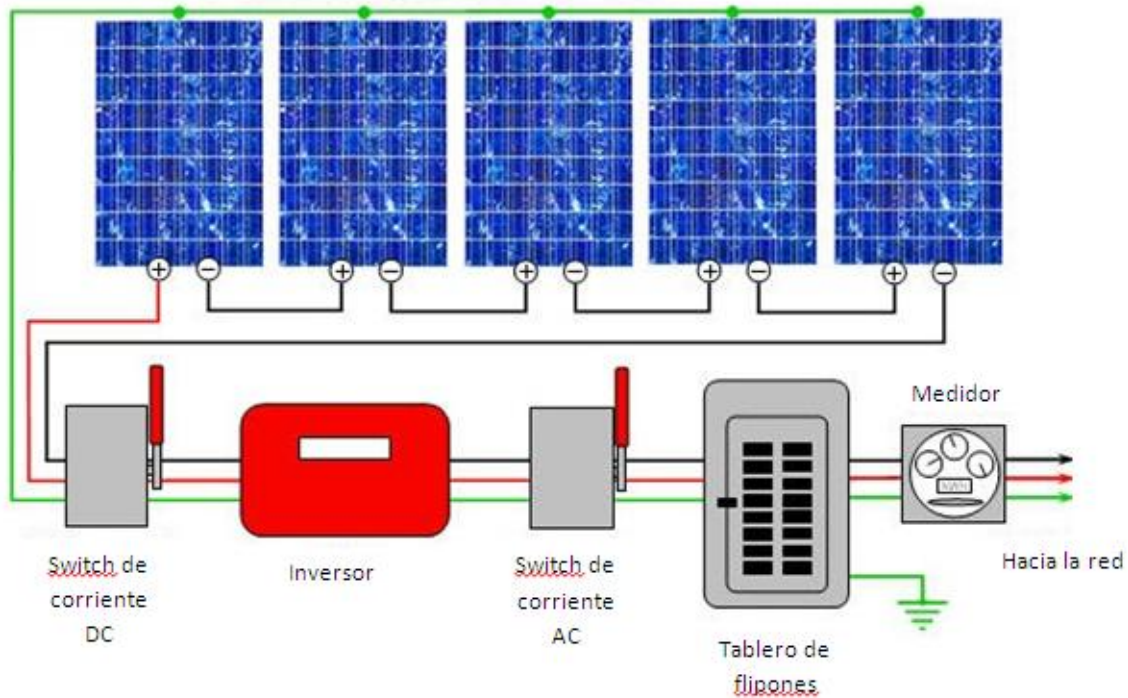


Imagen obtenida: Amber Windows. (2014)

Ahora bien, a nivel mundial existen dos modalidades de conexión a la red: Medición neta y Medición bruta.

Medición Bruta: en algunos países del mundo, no es el caso de Guatemala, se utilizan dos contadores eléctricos totalmente independientes. Existe un contador de salida que mide cuanta energía produce el sistema fotovoltaico y un contador de entrada que mide cuanta energía consume la edificación. Normalmente se cuenta con una tarifa incentivo 'feed in tariff' que ofrece mayor precio por el kWh inyectado que por el kWh consumido. Esta es la razón por la cual hay que utilizar 2 contadores independientes.

Imagen No.15: Sistema con conexión a la red medición bruta

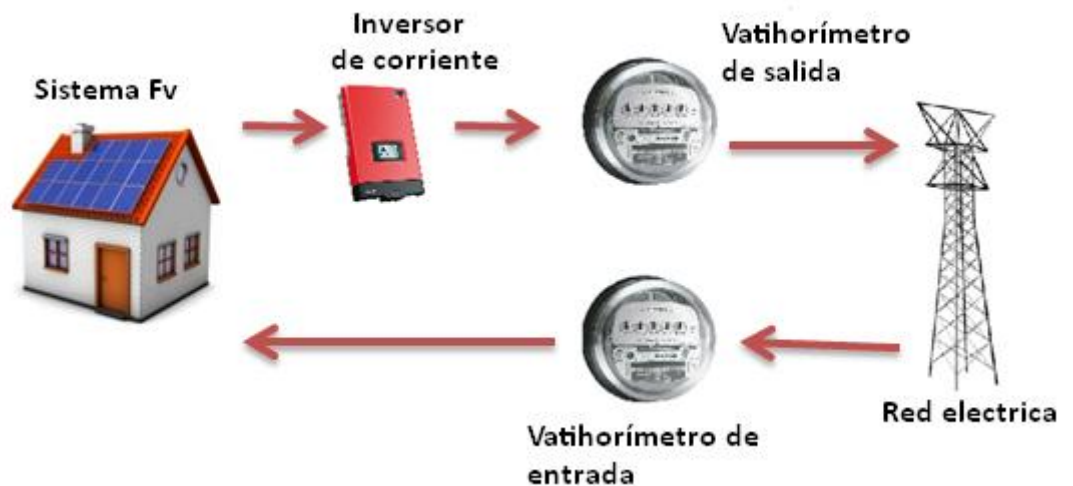


Imagen obtenida: ISRATEC Guatemala. (2014)

Medición Neta: en Guatemala se utiliza el concepto de "medición neta" esto quiere decir que la energía producida por el sistema fotovoltaico se inyecta a un punto entre el contador eléctrico y las cargas. La energía producida por el sistema fotovoltaico puede fluir en cualquiera de las dos direcciones: Hacia la Carga o Hacia la Red. Si hay cargas conectadas la energía va a ayudar a suministrar estas cargas. Si no hay cargas o la producción de energía es elevada, la energía eléctrica va a fluir hacia la

red. “Solo vamos a pagar a la red distribuidora de energía eléctrica la energía utilizada menos la energía producida” (Resolución CNEE No. 171-2008, Artículo 37 de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica de Guatemala)

Imagen No.16: Sistema con conexión a la red medición neta

ESQUEMA SISTEMA CONECTADO A RED

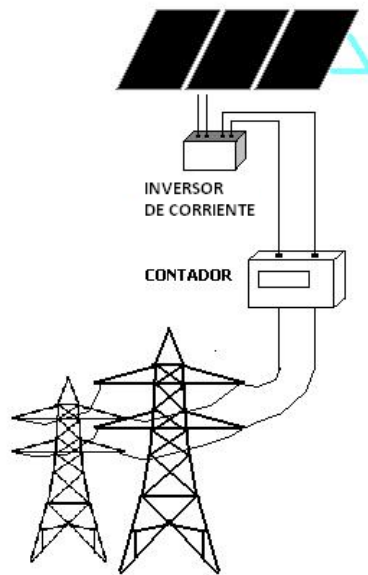


Imagen obtenida: Sitio solar (2014)

- Elementos que conforman un sistema de inyección conectada a la Red
- Módulo Fotovoltaico

Un módulo fotovoltaico convierte la energía solar en energía eléctrica ya que, como se mencionó anteriormente, está constituido por semiconductores que llevan a cabo este proceso.

Imagen No.17: Módulo fotovoltaico



Imagen obtenida: Guatemala Solar. (2014)

- Inversor de corriente

Un inversor de corriente transforma la energía eléctrica generada por los módulos fotovoltaicos desde voltaje de corriente directa ( $V_{CD}$ ) a voltaje de corriente alterna ( $V_{AC}$ ) para así pueda ser aprovechada por los domicilios, industrias, etc y así mismo ser inyectada a la red.

Existen dos tipos de inversores de corriente:

- Inversores en línea: este tipo de inversores de corriente están conectados a la red distribuidora de energía eléctrica y se utilizan para instalaciones de menor capacidad, de hasta 35kW. Se llaman en línea ya que permiten conectar varias líneas de módulos fotovoltaicos hacia ellos. (Cenergy Maxpower, 2014)



Imagen No.18: Inversor de corriente en línea



Imagen obtenida: Guatemala Solar. (2014)

- Inversores centralizados: este tipo de inversores de corriente están conectados a la red distribuidora de energía eléctrica y se utilizan para instalaciones desde 50kW a 1MW. (Cenergy Maxpower, 2014)

Imagen No.19: Inversor de corriente centralizado



Imagen obtenida: [SMA Solar Technology](#). (2014)

- Vatímetro Bidireccional

Es un dispositivo que mide el consumo eléctrico en un recinto. El vatímetro bidireccional suma el consumo eléctrico que se tiene en el recinto a la vez que resta la energía que el sistema fotovoltaico conectado a la red produce. Al final del ciclo, generalmente a fin de mes, el contador bidireccional proporcionará el balance entre lo que se consume de la red eléctrica y lo que se inyecta a la misma.

Imagen No.20: Vatímetro bidireccional



Imagen obtenida: Guatemala Solar. (2014)

Un sistema fotovoltaico que inyecta energía eléctrica a la red no utiliza baterías para la acumulación ni modifica las conexiones eléctricas del recinto ya que los módulos fotovoltaicos se conectan directo a la red eléctrica del lugar y la distribuidora de la energía eléctrica debe realizar el cambio de vatímetro unidireccional a bidireccional.

### 1.2.3 Definición de fórmulas

“La definición de kWh se utiliza para calcular el consumo o producción energética de un equipo. Un kWh se define como la cantidad de energía producida por un aparato de 1kW en una hora. Por lo tanto hay una relación entre el consumo o producción energéticos y la potencia del aparato. La relación se muestra en la siguiente fórmula:

Fórmula No.1:

**Producción energética= Potencia \* Tiempo”** (Introducción a la terminología de las Energías Renovables, 2007)

En la fórmula No.1, si la potencia se formula en kW y el tiempo en horas, la producción energética será en kWh.

Partiendo de la fórmula No.1 se dice que:

Potencia = kWp

kWp= Kilo Watt-Pico es una medida de potencia energética normalmente asociada a las células fotovoltaicas. El valor de kWp está acuñado en base a un sistema fotovoltaico que funciona de manera continua con una potencia de 1kW/m<sup>2</sup> a una temperatura de 25°C. (Roldán, José, 2011)

Tiempo = HSP

HSP= Se entiende como hora solar pico a la radiación solar que se recibe en un captador solar en un tiempo de una hora, con una irradiancia igual a 1kWh/m<sup>2</sup>. Este término se expresa en horas. (Roldán, José, 2011)

Entonces, para definir la fórmula que expresa la cantidad de energía que produce un panel solar se tiene que:

Fórmula No.2:

**Energía= kWp\*HSP**

Ahora bien, la fórmula No.2 aplica a condiciones estándar de laboratorio. Al momento de realizar las instalaciones fotovoltaicas no existen estas condiciones de laboratorio por lo que a la fórmula anterior se debe agregar un factor de corrección, comúnmente llamado “factor de rendimiento”. (Solar Technology AG, 2010)

Factor de Rendimiento (Fr): “El coeficiente de rendimiento (en inglés performance ratio) es una magnitud, independiente del lugar de ubicación, de la calidad de una instalación fotovoltaica y, por ello, constituye a menudo también un factor de calidad. El coeficiente de rendimiento indica en porcentaje y expresa la relación entre el rendimiento real y el rendimiento nominal de la instalación fotovoltaica. De esta forma indica qué proporción de la energía está realmente disponible para la alimentación tras haber descontado las pérdidas energéticas (p. ej. debido a pérdidas térmicas y a pérdidas por cableado) y el consumo propio para la operación.” (Solar Technology AG, 2010)

Por lo tanto, la fórmula que indica la producción energética de los paneles solares es:

Fórmula No.3

$$\text{Energía} = \text{kWp} * \text{HSP} * \text{Fr}$$

## 2. MARCO II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Un tema de suma importancia es la contaminación que día a día nosotros, los seres humanos, causamos al planeta debido a la gran cantidad de desechos que se generan en las actividades que llevan a cabo ya sean industriales o domésticas. La inconsciencia que sufrimos los países en vías de desarrollo es enorme ya que las políticas de regulación medio ambientales no son tomadas en cuenta y fácilmente evadidas. En el mes de abril del año 2012, Cervecería Centroamericana habló de invertir \$265 millones de dólares para la generación de electricidad. En la nota de “Siglo 21” resaltaba lo siguiente: “...la Hidroeléctrica Poza Verde, en Pueblo Nuevo Viñas, Santa Rosa, produce 14MW, pero con un nuevo aporte de capital se ampliará para llegar a aportar 30MW (ver anexo 9.9 página 124)... además, se trabaja en la construcción de una carbonera en Escuintla, con el cual se espera generar unos 90MW a finales del año”. Adicional a esto, el 27 de febrero de 2013 Prensa Libre publica una nota llamada “Plan Energético para el 2027 busca bajar precios. Política prevé reducir uso de leña y bunker”. En esta noticia se puede observar la matriz energética de Guatemala, la cual refleja que el 56.8% de las fuentes de energía de los guatemaltecos es la leña, generando contaminación. La política energética hace hincapié en reducir el uso de bunker para la generación de energía eléctrica; sin embargo no se le da el lugar necesario al recurso renovable que Guatemala posee para poder generar mucha más energía eléctrica de manera renovable. Es notorio que si bien, se fomenta la ampliación de hidroeléctricas, Guatemala es un país que no aprovecha la capacidad de las mismas para disminuir la generación de energía eléctrica que proviene de carboneras, plantas que su medio generador de energía es la quema de combustibles fósiles, los cuales generan un alto impacto negativo al medio ambiente de los guatemaltecos.

De lo expuesto anteriormente nace el siguiente cuestionamiento: ¿Es factible que la Universidad Rafael Landívar, siendo una institución que forma profesionales de bien y éxito para Guatemala, sea pionera en utilizar y generar una opción de energía amigable con el ambiente y el guatemalteco?

## **2.1.OBJETIVOS**

### **2.1.1. Objetivo General:**

- Determinar la posibilidad técnica y económica para la implementación de módulos fotovoltaicos en los edificios Tec, “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F” para la utilización de energía solar producida por medio de módulos fotovoltaicos en esta institución así como distribución del excedente producido de energía eléctrica hacia la red distribuidora de energía eléctrica.

### **2.1.2. Objetivos Específicos:**

- Determinar la cantidad de paneles fotovoltaicos requeridos para cumplir con la demanda del proyecto.
- Determinar el tipo de inversores y su dimensionamiento para cumplir con la demanda del proyecto.
- Determinar la ubicación física de los módulos fotovoltaicos para su instalación y funcionamiento en los edificios Tec, “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F”
- Determinar la Tasa Interna de Retorno (TIR).
- Determinar el Valor Actual Neto del proyecto.
- Determinar el período de retorno a la inversión.
- Determinar si el proyecto es viable para una posible implementación.

## **2.2.HIPÓTESIS**

Hipótesis alterna: las instalaciones en donde están ubicados edificios Tec, “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F” y sus alrededores poseen la superficie necesaria para poder instalar un sistema fotovoltaico capaz de suplir la demanda energética de estos edificios.

Hipótesis nula: las instalaciones en donde están ubicados edificios Tec, “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F” y sus alrededores no poseen la superficie necesaria para poder instalar un sistema fotovoltaico capaz de suplir la demanda energética de estos edificios

### **2.3. VARIABLES**

2.3.1. Cantidad de energía eléctrica utilizada en los edificios Tec, “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F”

2.3.2. Tarifa en la que se encuentra los edificios Tec, “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F” según COMEGSA

2.3.3. Radiación solar en los edificios Tec, “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F”

### **2.4. DEFINICIÓN DE VARIABLES**

2.4.1. Cantidad de energía eléctrica que utiliza el edificio Tec, A, B, C, D, E y F

- a. *Conceptual*: la energía eléctrica es el resultante de la concentración en una región o espacio concreto de partículas, tales como los electrones, cargadas de electricidad y que fluyen por un material conductor. (Programa internacional de educación ambiental UNESCO-PNUMA, 1996)
- b. *Operacional*: es la cantidad de energía eléctrica que se utiliza en las operaciones mensuales o anuales en este recinto de trabajo debido a las actividades que demandan su uso.

2.4.2. Tarifa en la que se encuentra el edificio Tec, A, B, C, D, E y F según la empresa distribuidora de energía eléctrica, en este caso: COMEGSA

- a. *Conceptual*: es el costo de las actividades que hacen referencia al suministro y consumo de energía eléctrica por los consumidores. (Ola, 2010)

- b. *Operacional:* es el costo que tiene que pagar la Universidad Rafael Landívar por la utilización de energía eléctrica que implican sus distintas actividades en los edificios Tec, “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F”

#### 2.4.3. Radiación Solar en el edificio Tec, A, B, C, D, E y F

- a. *Conceptual:* son las radiaciones electromagnéticas que el sol emite y son captadas por la atmósfera terrestre (P. Ramírez, Karina, 2009)
- b. *Operacional:* La radiación solar en los edificios Tec, “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F” es la energía que se aprovechará por los módulos fotovoltaicos para producir energía eléctrica.

### 2.5. ALCANCES Y LIMITACIONES

En este proyecto de ingeniería se deseaba evaluar la posibilidad de la instalación de un sistema solar fotovoltaico en los edificios Tec, “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F” para poder disminuir el consumo de energía eléctrica, la mayor cantidad posible. Además, estos edificios se convertirían en entes emisores de energía eléctrica renovable por medio de la inyección de la misma a la red de COMEGSA.

El principal limitante es el aspecto económico ya que se debe evaluar el retorno sobre la inversión de la compra e instalación del sistema solar fotovoltaico.

### 2.6. APORTE

A la Universidad Rafael Landívar, ya que si el retorno sobre la inversión es óptimo, la Universidad se convertiría en un ente emisor de energía eléctrica renovable; sin mencionar el ahorro que se puede obtener al utilizar energía solar en sus operaciones diarias.



A la sociedad guatemalteca ya que con la implementación de este proyecto se reduciría la emisión de CO<sub>2</sub> al medio ambiente. También, al inyectar energía eléctrica renovable a la red, supliría a los ciudadanos de Guatemala de energía limpia; fomentando así las opciones energéticas amigables con el país.

### **3. MARCO III METODOLOGÍA**

#### **3.1. UNIDADES DE ANÁLISIS Y SUJETOS**

La unidad de análisis en este proyecto de ingeniería es la cantidad de energía eléctrica que se consume diariamente en las instalaciones de los edificios “Tec”, “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F” así como la determinación del tiempo que tarda en retornar la inversión de la instalación de los equipos fotovoltaicos para su debida operación.

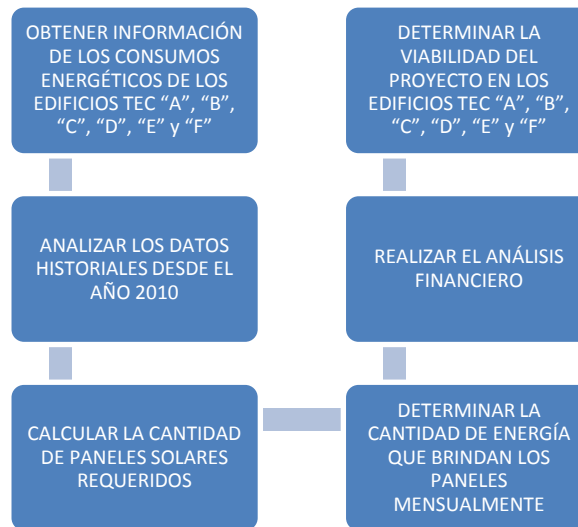
#### **3.2. INSTRUMENTOS**

Se utilizaron los siguientes paquetes de computo:

- a. Google Earth: este instrumento fue utilizado para poder observar las instalaciones de la Universidad desde una vista aérea y así mismo poder determinar distancias aproximadas.
- b. RETscreen: este software dimensiona instalaciones fotovoltaicas. Se utilizó para poder comparar parámetros calculados vs parámetros que el software indica. Sin embargo no aplicaba en muchos casos.
- c. Draft Sight: es un programa que se utiliza para poder realizar planos. En este proyecto de ingeniería se utilizó para poder realizar un diagrama de las instalaciones fotovoltaicas.
- d. Conext Desinger: es un programa de la casa Schneider Electric. Se utilizó para poder determinar qué tipo de inversor de corriente se necesitaba para este proyecto.

### 3.3. PROCEDIMIENTO

Las actividades que se llevaron a cabo para realizar el estudio proyecto de ingeniería son las siguientes



Posición solar respecto los edificios TEC, "A", "B", "C", "D", "E" y "F" de la URL

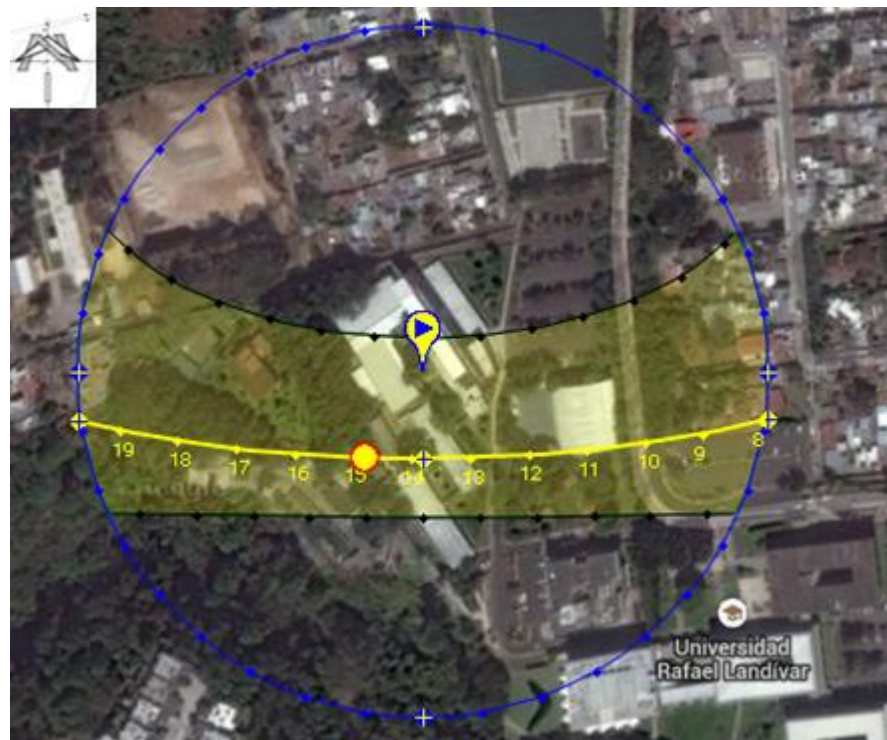


Imagen obtenida: Sun Earth Tools. (2014)

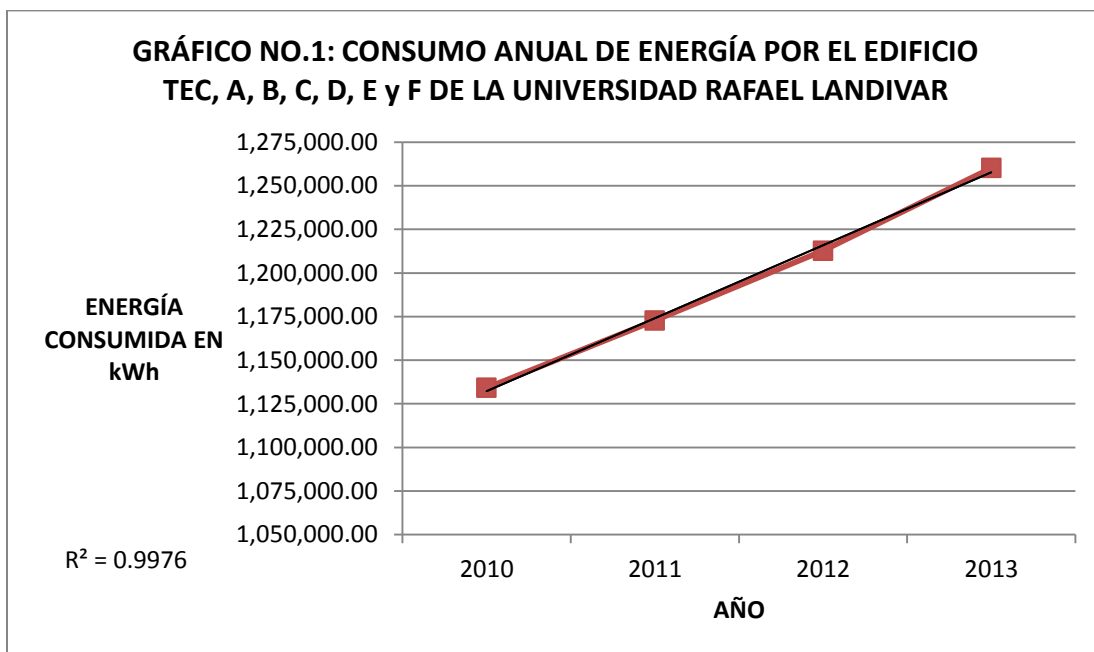
## 4. MARCO IV RESULTADOS

### 4.1. Historial energía consumida por los edificios Tec, "A", "B", "C", "D", "E" y "F"

Tabla No.1: Energía consumida (en KWh) anualmente por los edificios Tec, "A", "B", "C", "D", "E" y "F"

| AÑO  | ENERGÍA CONSUMIDA (EN KWh)<br>ANUALMENTE POR LOS<br>EDIFICIOS TEC, "A", "B", "C",<br>"D", "E" y "F" |
|------|---|
| 2010 | 1,134,113.64  |
| 2011 | 1,172,679.7   |
| 2012 | 1,212,729.33  |
| 2013 | 1,260,144.13  |

Fuente: Datos proporcionados por Dirección de Infraestructura y Servicios Generales de URL. (2014)



Fuente: Datos proporcionados por Dirección de Infraestructura y Servicios Generales de URL. (2014)

## 4.2. Paneles solares

Tabla No.2: Paneles solares requeridos según año operativo de TEC

| <b>AÑO</b> | <b>PANELES SOLARES</b> |
|------------|------------------------|
| 2010       | 2,522                  |
| 2011       | 2,608                  |
| 2012       | 2,697                  |
| 2013       | 2,802                  |

Para cálculos sobre la cantidad de paneles solares por año ver Anexo 9.1

Nota: Se realizaron cálculos sobre la cantidad de los paneles solares que hubiesen tenido que ser instalados desde el año 2010 hasta el 2013. Esto debido a la tendencia en el aumento de la demanda de energía eléctrica en los edificios Tec, “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F”

**Se utilizarán 2,802 paneles solares de 250Wp (Watt Pico) cada uno para un sistema de 700,500Wp en las instalaciones de los edificios Tec, “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F”**

## 4.3 Dimensionamiento y cantidad de inversores de corriente a utilizar

Tabla No.3: Características operativas de los inversores de corriente

|   |          |
|---|----------|
| VOLTAJE EN CADA CIRCUITO DE ENTRADA AL INVERSOR DE CORRIENTE (CORRIENTE DC) | 606V     |
| AMPERAJE EN CADA CIRCUITO DE ENTRADA DEL INVERSOR DE CORRIENTE              | 16.5A    |
| POTENCIA EN CADA CIRCUITO DE ENTRADA DEL INVERSOR DE CORRIENTE              | 4,999.5W |
| POTENCIA TOTAL EN CADA INVERSOR DE CORRIENTE                                | 9,999W   |
| PANELES FOTOVOLTAICOS POR CADA INVERSOR DE CORRIENTE                        | 40       |
| CANTIDAD DE INVERSORES DE CORRIENTE DE 10,000W CADA UNO A UTILIZAR          | 70       |

Fuente: Ficha técnica inductor de corriente, Anexo 9.2

Nota: Cada inductor posee dos circuitos de entrada

#### 4.4 Energía que producen los paneles

Tabla No.4: Energía que producen los paneles en KWh año 2013

| MES        | HORAS SOL PICO (HSP)(SWERA, 2014) | ENERGÍA CONSUMIDA DE LA RED POR EL EDIFICIO TEC EN KWH | ENERGÍA PRODUCIDA POR LOS PANELES EN KWH |
|------------|-----------------------------------|--|--|
| ENERO      | 6.026                             | 94943.68   | 112074.8457                              |
| FEBRERO    | 6.517                             | 98287.93   | 113386.9432                              |
| MARZO      | 6.823                             | 96755.69   | 126897.8878                              |
| ABRIL      | 6.419                             | 117808.55  | 115532.9756                              |
| MAYO       | 5.504                             | 108816.3   | 102366.404                               |
| JUNIO      | 4.919                             | 105751.96  | 88535.08441                              |
| JULIO      | 4.999                             | 98536.49   | 92974.13767                              |
| AGOSTO     | 5.198                             | 109169.28  | 96675.24857                              |
| SEPTIEMBRE | 5.058                             | 114059.47  | 91036.88899                              |
| OCTUBRE    | 5.295                             | 128269.12  | 98479.30766                              |
| NOVIEMBRE  | 5.565                             | 112941.13  | 100162.1762                              |
| DICIEMBRE  | 5.665                             | 74804.53   | 105360.7701                              |
| TOTAL      |                                   | 1,260,144.13   | 1,243,482.67                             |

Nota: Cálculos sobre la energía producida por paneles y gráficas comparativas ver Anexo 9.3

#### 4.5 Área que ocupan los paneles

Cantidad de paneles fotovoltaicos a utilizar: 2,802

Área superficial ocupada por cada panel fotovoltaico: 1.62m<sup>2</sup> (Ver Anexo 9.2)

**Área superficial total = (2,802)(1.62m<sup>2</sup>)= 4,539.24m<sup>2</sup>**

## 4.6 Análisis financiero

Tabla No.5: Indicadores financieros del proyecto

|  | ESCENARIO PESIMISTA | ESCENARIO MÁS ESPERADO | ESCENARIO ÓPTIMO    |
|--|---------------------|------------------------|---------------------|
| AÑO 0 (INVERSIÓN INICIAL EN QUETZALES) | -11,463,500.00      | -11,463,500.00         | -11,463,500.00      |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 1            | 1,213,763.01        | 1,711,792.36           | 1,808,938.11        |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 2            | 1,335,139.31        | 1,882,971.60           | 1,989,831.92        |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 3            | 1,468,653.25        | 2,071,268.76           | 2,188,815.12        |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 4            | 1,615,518.57        | 2,278,395.64           | 2,407,696.63        |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 5            | 1,777,070.43        | 2,506,235.20           | 2,648,466.29        |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 6            | 1,954,777.47        | 2,756,858.72           | 2,913,312.92        |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 7            | 2,150,255.22        | 3,032,544.59           | 3,204,644.21        |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 8            | 2,365,280.74        | 3,335,799.05           | 3,525,108.63        |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 9            | 2,601,808.81        | 3,669,378.96           | 3,877,619.50        |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 10           | 2,861,989.69        | 4,036,316.85           | 4,265,381.45        |
| <b>TASA INTERNA RETORNO (TIR)</b>      | <b>9.24%</b>        | <b>16.58%</b>          | <b>17.88%</b>       |
| <b>VALOR ACTUAL NETO (VAN)</b>         | <b>759,373.76</b>   | <b>5,774,644.29</b>    | <b>6,752,924.42</b> |

Nota: en la Tabla No.18 de la sección 9.6 “Análisis financiero” muestra que se varió el factor de rendimiento para cada escenario financiero evaluado. En la sección “Discusión de Resultados” se especifica la razón por la cual se tomó esta decisión.

Para el escenario Pesimista se tomó un factor de rendimiento de los módulos fotovoltaicos del 60%.

Para el escenario Más Esperado se tomó un factor de rendimiento de los módulos fotovoltaicos del 87%.

Para el escenario Optimista se tomó un factor de rendimiento de los módulos fotovoltaicos del 95%.

Tabla No.6: Tiempo retorno a la inversión escenario pesimista

| <b>ESCENARIO PESIMISTA</b>             |                |                     |  |                   |
|--|----------------|---------------------|--|-------------------|
|  | CASH FLOW      | FACTOR DE DESCUENTO | CASH FLOW CON FACTOR DE DESCUENTO APLICADO | VALOR ACTUAL      |
| AÑO 0 (INVERSIÓN INICIAL EN QUETZALES) | -11,463,500.00 | 0.08                | -11,463,500.00                             | -11,463,500.00    |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 1            | 1,213,763.01   | 0.925926            | 1,123,854.64                               | -10,339,645.36    |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 2            | 1,335,139.31   | 0.857339            | 1,144,666.76                               | -9,194,978.60     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 3            | 1,468,653.24   | 0.793832            | 1,165,864.29                               | -8,029,114.30     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 4            | 1,615,518.57   | 0.735030            | 1,187,454.37                               | -6,841,659.93     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 5            | 1,777,070.42   | 0.680583            | 1,209,444.27                               | -5,632,215.66     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 6            | 1,954,777.47   | 0.630170            | 1,231,841.39                               | -4,400,374.28     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 7            | 2,150,255.21   | 0.583490            | 1,254,653.26                               | -3,145,721.01     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 8            | 2,365,280.73   | 0.540269            | 1,277,887.58                               | -1,867,833.43     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 9            | 2,601,808.81   | 0.500249            | 1,301,552.17                               | -566,281.26       |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 10           | 2,861,989.69   | 0.463193            | 1,325,654.99                               | <b>759,373.73</b> |

### **Retorno de la inversión (escenario pesimista): 9.43 AÑOS**

Esto se evidencia ya que el beneficio antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones (EBITDA) para el año No. 10 es positivo y si se divide el valor actual del proyecto del año anterior entre el EBITDA del año actual dará como resultado la fracción exacta de tiempo en el que el valor actual neto es igual a cero, es decir retorno a la inversión.

Tabla No.7: Tiempo retorno a la inversión escenario más esperado

| <b>ESCENARIO MÁS ESPERADO</b>          |                |                     |  |                   |
|--|----------------|---------------------|--|-------------------|
|  | CASH FLOW      | FACTOR DE DESCUENTO | CASH FLOW CON FACTOR DE DESCUENTO APLICADO | VALOR ACTUAL      |
| AÑO 0 (INVERSIÓN INICIAL EN QUETZALES) | -11,463,500.00 | 0.08                | -11,463,500.00                             | -11,463,500.00    |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 1            | 1,711,792.36   | 0.925926            | 1,584,992.93                               | -9,878,507.07     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 2            | 1,882,971.60   | 0.857339            | 1,614,344.65                               | -8,264,162.43     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 3            | 2,071,268.76   | 0.793832            | 1,644,239.92                               | -6,619,922.51     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 4            | 2,278,395.63   | 0.735030            | 1,674,688.81                               | -4,945,233.70     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 5            | 2,506,235.19   | 0.680583            | 1,705,701.56                               | -3,239,532.14     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 6            | 2,756,858.71   | 0.630170            | 1,737,288.63                               | -1,502,243.52     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 7            | 3,032,544.59   | 0.583490            | 1,769,460.64                               | <b>267,217.12</b> |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 8            | 3,335,799.04   | 0.540269            | 1,802,228.43                               |                   |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 9            | 3,669,378.95   | 0.500249            | 1,835,603.03                               |                   |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 10           | 4,036,316.84   | 0.463193            | 1,869,595.68                               |                   |

### **Retorno de la inversión (escenario más esperado): 6.85 AÑOS**

Esto se evidencia ya que el beneficio antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones (EBITDA) para el año No. 7 es positivo y si se divide el valor actual del proyecto del año anterior entre el EBITDA del año actual dará como resultado la fracción exacta de tiempo en el que el valor actual neto es igual a cero, es decir retorno a la inversión.



Tabla No.8: Tiempo retorno a la inversión escenario optimista

| <b>ESCENARIO ÓPTIMO</b>                |                |                     |  |                   |
|--|----------------|---------------------|--|-------------------|
|  | CASH FLOW      | FACTOR DE DESCUENTO | CASH FLOW CON FACTOR DE DESCUENTO APLICADO | VALOR ACTUAL      |
| AÑO 0 (INVERSIÓN INICIAL EN QUETZALES) | -11,463,500.00 | 0.08                | -11,463,500.00                             | -11,463,500.00    |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 1            | 1,808,938.11   | 0.925926            | 1,674,942.69                               | -9,788,557.31     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 2            | 1,989,831.92   | 0.857339            | 1,705,960.15                               | -8,082,597.15     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 3            | 2,188,815.11   | 0.793832            | 1,737,552.01                               | -6,345,045.15     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 4            | 2,407,696.62   | 0.735030            | 1,769,728.90                               | -4,575,316.25     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 5            | 2,648,466.29   | 0.680583            | 1,802,501.65                               | -2,772,814.60     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 6            | 2,913,312.92   | 0.630170            | 1,835,881.31                               | -936,933.29       |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 7            | 3,204,644.21   | 0.583490            | 1,869,879.12                               | <b>932,945.83</b> |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 8            | 3,525,108.63   | 0.540269            | 1,904,506.51                               |                   |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 9            | 3,877,619.49   | 0.500249            | 1,939,775.15                               |                   |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 10           | 4,265,381.44   | 0.463193            | 1,975,696.91                               |                   |

### **Retorno de la inversión (escenario optimista): 6.50 AÑOS**

Esto se evidencia ya que el beneficio antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones (EBITDA) para el año No. 7 es positivo y si se divide el valor actual del proyecto del año anterior entre el EBITDA del año actual dará como resultado la fracción exacta de tiempo en el que el valor actual neto es igual a cero, es decir retorno a la inversión

## 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente proyecto de ingeniería aborda la posibilidad de que los edificios Tec, “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F” ubicados en las instalaciones de Campus Central URL Guatemala puedan generar su propia electricidad a través de módulos fotovoltaicos y suplir la demanda diaria de todas sus actividades así como inyectar a la red distribuidora de energía eléctrica el excedente generado por los módulos; convirtiéndose de esta manera, los edificios Tec, “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F”, en entes generadores de electricidad renovable.

Por esta razón se procedió a investigar el historial de consumo energético de estos edificios para los años 2010, 2011, 2012 y 2013 (Dirección de Infraestructura y Servicios Generales de URL); obteniendo, para el último año en mención un consumo de 1,260,144.13 kWh año, según la Tabla No.1 de la Sección de Resultados, mostrando un aumento del 10% respecto al año 2010 tal y como se puede observar en el Gráfico No.1 de la Sección de Resultados. Se cree que el aumento en el consumo energético de los edificios Tec, “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F” se debe a que se asignaron mayor cantidad de cursos en la jornada vespertina y nocturna para aprovechar la capacidad instalada del edificio. Otro factor determinante en el aumento de la energía eléctrica se atribuye a que en ese período de tiempo se comenzó la construcción de una nueva planta en el quinto piso de los edificios Tec, “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F” así como la instalación de un nuevo sistema de soldadura en el laboratorio de ingeniería.

El análisis del historial en el consumo energético de los edificios Tec, “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F” arrojó como resultado la evidente necesidad de módulos fotovoltaicos en el lugar así como un aumento en la demanda de los mismos a través del tiempo. Como se puede observar en la Tabla No.2 de la sección de resultados, en el año 2010 se hubiesen requerido 2,522 módulos fotovoltaicos de 250Wp cada uno. Sin embargo en el año 2013 se necesitarían 2,802 módulos fotovoltaicos de 250Wp cada uno. Como se mencionó anteriormente, la demanda energética en estos edificios ha crecido a través de los últimos cuatro años. Esto se evidencia al evaluar el coeficiente de regresión lineal para la

curva de consumos de energía eléctrica del Gráfico No.1; dando como resultado  $R=0.999$ . Esto significa que es probable que estas instalaciones aumenten su consumo energético. Sin embargo, se tomó la decisión de evaluar la posibilidad técnica y económica de este proyecto de ingeniería según la demanda del último año, 2013, ya que sobre dimensionar el sistema fotovoltaico en este momento, sin tener seguridad en el aumento de la demanda energética y sin mencionar que la construcción del último piso del edificio Tec Landivar terminó a finales del año 2013, significa mayor inversión económica, que si no es utilizada, la Universidad Rafael Landívar únicamente estaría regalando energía eléctrica a la empresa distribuidora de energía sin obtener beneficio económico de vuelta. Por esta razón en el año 2014 se necesitarían 2,802 módulos fotovoltaicos de 250Wp cada uno en estas instalaciones educativas instalados a un acimut  $180^{\circ}$  a  $15^{\circ}$  de inclinación ya que los paneles solares deben ser instalados a la misma latitud del lugar, en el caso de Guatemala,  $14.5^{\circ}$  para que así se pueda aprovechar la mayor radiación solar a través del año. (Optimum Tilt of Solar Panels, 2014).

Al ya tener dimensionados la cantidad de módulos fotovoltaicos a utilizar se procedió a determinar la cantidad de inversores de corriente en el sistema solar. Los inversores de corriente son parte fundamental en el dimensionamiento del sistema fotovoltaico ya que los paneles solares producen energía eléctrica de corriente directa y los inversores de corriente la replican a energía eléctrica de corriente alterna. Como se puede observar en la Tabla No.3 de la Sección de Resultados, se necesitan 70 inversores de corriente para poder suplir la demanda energética de los edificios Tec, "A", "B", "C", "D", "E" y "F". Se eligieron inversores de corriente de la casa Schneider Electric de 10,000W cada uno debido a la cantidad de energía a producir. Según la tabla No.4 de la Sección de Resultados, anualmente los edificios Tec, "A", "B", "C", "D", "E" y "F" consume 1,260,144.13 kWh y los paneles solares producen 1,243,482.67 kWh, siendo una diferencia de tan solo 16,661.46 kWh por año que los módulos fotovoltaicos no producen. Estos números a primera vista reflejan que los paneles solares suplen casi en su totalidad la demanda energética anual de este recinto. Sin embargo, si se analiza la Tabla No.20, página 108, el crédito que COMEGSA brinda a los edificios Tec, "A", "B", "C", "D", "E" y "F" es aprovechable los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo y

junio; siendo utilizado el crédito solamente los meses de abril, mayo y junio. Esto se debe a que según la ley de Guatemala, COMEGSA otorga crédito sobre el excedente de electricidad producida hasta tres meses (Anexo 9.7), venciendo el mismo trimestralmente y existe excedente de producción de energía eléctrica en enero, febrero y marzo; siendo requerido la utilización del crédito hasta abril. A partir del mes de julio existe déficit en la producción y ya no se tiene respaldo de los créditos anteriores por lo que ya no son 16,661.46 kWh anuales que los módulos fotovoltaicos no suplen a los edificios Tec, “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F” sino que realmente son 83,926.32 kWh año por razones del aprovechamiento del crédito.

Como ya se tiene determinada la cantidad de módulos fotovoltaicos a utilizar así como la cantidad de inversores de corriente y la cantidad de energía que los paneles anualmente pueden suplir a los edificios en estudio, se procedió a hacer un análisis sobre el espacio físico disponible para la instalación de los módulos fotovoltaicos. Como se puede observar en el Anexo 9.4 ‘Disposición física de las instalaciones’ los módulos fotovoltaicos pueden ser instalados en los techos de los edificios TEC, “C”, “D” “E” y “F” con un área superficial utilizable aproximada de 3,902.90 m<sup>2</sup>, según el software Google Earth, y la sección de Resultados 4.5 “Área que ocupan los módulos fotovoltaicos”, muestra que cada módulo posee un área de 1.62 m<sup>2</sup> y se utilizarán 2,802 módulos fotovoltaicos, lo cual arroja como resultado un área total de 4,539.24 m<sup>2</sup>; un área mayor a la disponible de la de los techos de los edificios. Esto puede ser resuelto instalando el restante de módulos fotovoltaicos en el área de parqueo del edificio Tec Landivar a manera de techo para los parqueos.

Por último se procedió a realizar un estudio financiero para determinar la viabilidad económica de una posible implementación del presente proyecto de ingeniería. Para el efecto, se procedió a determinar el costo mensual del kWh en el último año de análisis de este estudio, el año 2013. Como se puede ver en la Tabla No.16 de la Sección de Anexos este costo se calculó sin el Impuesto al Valor Agregado IVA que para Guatemala es del 12% y sin la tasa municipal que es del 13% según datos proporcionados por Dirección de Infraestructura y Servicios Generales de URL. Este costo varió en todos los meses. Luego, se sometió a una comparación el costo del kWh a través de los años de estudio,

es decir desde el año 2010 al 2013 tal y como se puede ver en la Tabla No. 17 de la Sección de Anexos. A partir de esta tabla se realizó el Gráfico No.6 de la Sección de Anexos. En este gráfico se puede observar la tendencia al alza, de 10.45% comparando el costo del kWh en el año 2013 respecto al costo del mismo en el año 2010, que ha sufrido la energía eléctrica a través del tiempo y por ende, la necesidad para la generación de energía alternativa.

En el Anexo 9.4 'Cotizaciones' se evaluaron tres propuestas para los módulos fotovoltaicos. La mejor propuesta para el proyecto la realizó la empresa ISRATEC, S.A. ubicada en la 20 calle 26-30 ofi-bodega 12 Empresarial Pradera Zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala. El monto total cotizado es de Q. 11,208,000.00. También se cotizó el valor total de la instalación de 640m<sup>2</sup> de techos en el área del parque No.1 para poder instalar la cantidad restante de paneles solares que se mencionó anteriormente. La opción más viable la presentó la empresa DISYCO por un valor total de Q.208,000.00. Esta empresa también cotizó un sistema de protección a tierra de 5 Ohmios por un valor total de Q.47,500.00. Por lo tanto, la inversión inicial del proyecto se cotizó en Q.11,463,500.00. Con este valor monetario se procedió a determinar los indicadores financieros Tasa Interna de Retorno (TIR) y Valor Actual Neto (VAN). Para el efecto, se establecieron tres escenarios de evaluación; pesimista, más esperado y optimista. En cada escenario se varió el factor de rendimiento de los módulos fotovoltaicos. Se tomó la decisión de variar el factor de rendimiento ya que como se mencionó en el marco teórico, este factor "expresa en porcentaje la relación entre el rendimiento real y el rendimiento nominal de la instalación fotovoltaica" por lo que al variar este factor de rendimiento varía la cantidad de energía que el sistema entrega a las instalaciones de los edificios Tec, "A", "B", "C", "D", "E" y "F", lo cual se traduce en mayor o menor ahorro. Para el escenario pesimista se tomó un factor de rendimiento del 60% ya que es un valor por debajo de la media que generalmente se obtiene en la práctica. Para el escenario más esperado se tomó un factor de 87% ya que como se mencionó, este es el valor de la media. Para el escenario optimista se tomó un factor de 95% (Solar Technology AG, 2010)

En el Anexo 9.6 'Análisis financiero' se puede ver que se llevó a cabo los cálculos del beneficio antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones (EBITDA) para

un total de 10 años. Estos cálculos los muestra la Tabla No.23. Con los valores de EBITDA para cada año evaluado se procedió a realizar los cálculos de los indicadores financieros TIR y VAN para el presente proyecto de ingeniería. La Tabla No.5 “Indicadores financieros del proyecto” de la Sección Resultados muestra los valores para TIR y VAN para los tres escenarios evaluados. Para el escenario pesimista se obtuvo un valor de 9.24% para la TIR y Q759,373.76 para el VAN. Esto quiere decir que para un escenario pesimista, 60% de factor de rendimiento de los módulos fotovoltaicos, el proyecto es viable para los 10 años evaluados. Para el escenario más esperado se obtuvo un valor de 16.58% para la TIR y Q5,774,644.29 para el VAN. Estos indicadores nos muestran también que para un escenario más esperado el proyecto es viable. Para el escenario optimista se obtuvo un valor de 17.88% para la TIR y Q6,752,924.42 para el VAN. Esto indica que para un escenario optimista, de igual forma el proyecto es viable. Tomando de referencia el escenario más esperado, el Valor Actual Neto del proyecto es de Q5,774,644.29; esto quiere decir que en 10 años la Universidad Rafael Landívar ya recuperó la inversión y además obtendría ese monto de dinero lo cual se traduce en ahorro y a la vez ganancia para esta entidad. Además, el retorno a la inversión se da en un lapso de 6.85 años tal y como se puede observar en la Tabla No.7 de la sección “Resultados”. El escenario más esperado nos indica que aparte que el proyecto es viable para una posible implementación, la Universidad Rafael Landívar puede invertir con el ahorro que los módulos fotovoltaicos brinden en sus 25 años de vida en otros proyectos de esta clase y así expandir el ahorro energético a todo Campus Central, siendo un ente generador de energía renovable.

De lo descrito anteriormente se puede concluir que el proyecto de generación de energía eléctrica e inyección hacia la red distribuidora de energía eléctrica proveniente de módulos fotovoltaicos en los edificios Tec, “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F” es viable ya que es posible suplir casi en su totalidad la demanda energética anual de estos edificios así como inyectar a la red el excedente de la misma. Además, URL estaría contribuyendo de manera positiva al medio ambiente ya que se convertiría en un ente productor de energía eléctrica renovable. Los indicadores financieros son positivos para un lapso de 13 años, lo cual significa que después de este tiempo todo el ahorro que los módulos fotovoltaicos

generen a URL será un ingreso económico que puede ser utilizado para implementar nuevos proyectos para la generación de energía eléctrica limpia.

## 6. CONCLUSIONES

1. Se determinó que la cantidad de paneles fotovoltaicos de 250Wp cada uno es de 2,802 para poder cumplir con la demanda del proyecto al año 2014.
2. Se determinó que se requieren 70 inversores de corriente de 10,000W cada uno para poder cumplir con la demanda del proyecto al año 2014.
3. Se determinó que se necesitan 4,539.24 m<sup>2</sup> de área superficial para la instalación y el funcionamiento de los módulos fotovoltaicos; distribuidos en los techos de los edificios que conforman Tec Landivar así como en el área de parqueos.
4. Se determinó que para el escenario más esperado el valor de la Tasa Interna de Retorno (TIR) después de 10 años es de 16.58%
5. Se determinó que para el escenario más esperado el Valor Actual Neto (VAN) después de 10 años es de Q5,774,644.29
6. El tiempo de retorno de la inversión en un escenario más esperado es de 6.85 años
7. Se determinó, por medio del estudio técnico y financiero, que el proyecto es viable para una posible implementación.



## 7 RECOMENDACIONES

1. Llevar a cabo por lo menos un servicio de mantenimiento anual a los módulos fotovoltaicos para que el factor de rendimiento siempre se mantenga alto y así poder obtener la mayor cantidad de ahorro en energía eléctrica. El costo de este mantenimiento se cotizó en Q.10,000.00 según el Anexo 9.5
2. Con el ahorro en el costo de energía eléctrica que Universidad Rafael Landívar obtendría por medio del funcionamiento de los módulos fotovoltaicos se sugiere implementar este proyecto a los demás edificios que conforman Campus Central para poder disminuir al máximo los costos de energía eléctrica así como colaborar con el medio ambiente mediante la inyección de energía a la red eléctrica del excedente generado.

## 8 REFERENCIAS

### TEXTOS

- Casas, J.; Gea, F. (2007). Educación Medioambiental. San Vicente Alicante, España. Editorial Club Universitario
- Fowler, R. (1994). Electricidad, Principios y Aplicaciones. Barcelona, España. Editorial Reverté, S.A.
- García, A. (1994). Topografía Básica para Ingenieros. Murcia. España. Servicio de publicaciones, Universidad de Murcia.
- Gispert, C. (1997). Mentor interactivo. Enciclopedia Temática Estudiantil. Barcelona, España. MMI Oceano Editorial, S.A.
- González, J. (2009). Energías renovables. Barcelona, España. Editorial Reverté.
- Jutglar, L. (2004). Energía Solar. Barcelona, España. Ediciones Ceac.
- Kern, D. (2009). Procesos de Transferencia de Calor. México. Grupo Editorial Patria.
- Mosquera, P. y Ruiz, M. (2006). Empresa y Energía Renovables. Madrid, España. FC Editorial.
- Programa Internacional de Educación Ambiental UNESCO-PNUMA. (1996). La energía como tema interdisciplinar en la educación ambiental. España. Grafillés.
- Roldán, J. (2011). Estudios de viabilidad de instalaciones solares. Determinación del potencial solar. España. Ediciones Paraninfo, S.A.

## SITIOS DE INTERNET

- Agencia Alemana de Energía (2013). Energía Fotovoltaica. [En red]. Disponible en:  
<http://www.renewables-made-in-germany.com/es/renewables-made-in-germany-pagina-de-inicio/energia-fotovoltaica.html>
- AstroMía. (2012). Estructura y composición del Sol. [En red]. Disponible en:  
<http://www.astromia.com/solar/estrucsol.htm>
- Blog Ciencias Médicas. (2014). [En Red]. Disponible en:  
<http://blog.ciencias-medicas.com/archives/853>
- Campo magnético. (2013). [En Red]. Disponible en:  
<http://www.fisicapractica.com/campo-magnetico.php>
- Cenergy Maxpower (2014). [En Red]. Disponible en:  
<http://www.cenergymaxpower.com/energy-storage-solar-products/solar/solar-inverters/grid-tie-inverter/>
- Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño. (2014). [En Red]. Disponible en: <http://www.ciifen.org/>
- Cuba Solar. (2008). El color y el calor. [En red]. Disponible en:  
<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia17/HTML/articulo08.htm>
- De Juana, J. (2003). Energías renovables para el desarrollo [En Red]. Disponible en:  
<http://books.google.com.gt/books?id=NyvcConR-xoC&printsec=frontcover&dq=ENERGIAS+RENOVABLES&hl=en&sa=X&ei=6dYPVLYml4inggS6wIGgBQ&ved=0CCwQ6AEwAQ#v=onepage&q=ENERGIAS%20RENOVABLES&f=false>
- Depósito de documentos de la FAO. (1996). Reunión regional sobre generación de electricidad a partir de biomasa. [En red]. Disponible en:  
<http://www.fao.org/docrep/t2363s/t2363s0w.htm#guatemala>
- Eléctrica. (2014). [En Red]. Disponible en: <http://www.electrica.mx/>
- EPA. United States Environmental Protection Agency (2013). [En Red]. Disponible en: <http://www.epa.gov/greenpower/pubs/calcmeth.htm>
- Fuentes fósiles. (2014). [En Red]. Disponible en:  
<http://bioenciclopedia.com/combustibles-fosiles/>

- Fundación CIENTEC. (2007). [En Red]. Disponible en: <http://www.cientec.or.cr/astronomia/equinoccios.html>
- Fundamentos en termodinámica y Transmisión de Calor. Universidad de Valladolid. (2014). [En Red]. Disponible en: [https://www5.uva.es/guia\\_docente/uploads/2011/455/42611/1/Documento22.pdf](https://www5.uva.es/guia_docente/uploads/2011/455/42611/1/Documento22.pdf)
- Guatemala Solar. (2010). Sistemas fotovoltaicos conectados a la red. [En red]. Disponible en: [http://guatemala-solar.com/?page\\_id=437](http://guatemala-solar.com/?page_id=437)
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología INSIVUMEH (2014). [En Red]. Disponible en: [http://www.insivumeh.gob.gt/hidrologia/Fases%20de%20la%20luna/Solsticios\\_y\\_Equinoccios.htm](http://www.insivumeh.gob.gt/hidrologia/Fases%20de%20la%20luna/Solsticios_y_Equinoccios.htm)
- Introducción a la terminología de las energías renovables. (2007). [En Red]. Disponible en: <http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/tecnoambiente/eyp.pdf>
- Inversores de Corriente. (2014). [En Red]. Disponible en: <http://inversoresolares.net/>
- Landau, C. Optimum Tilt of Solar Panels. (2014). [En Red]. Disponible en: <http://www.solarpaneltilt.com/>
- Lenntech. (2014). [En Red]. Disponible en: <http://www.lenntech.es/>
- McGraw Hill Interamericana de España. (2014). [En Red]. Disponible en: <http://www.mcgraw-hill.es/>
- Méndez, J. y Cuervo R. (2007). Energía Solar Fotovoltaica. [En Red]. Disponible en: <http://books.google.com.gt/books?id=GZh1DGUQoOUC&printsec=frontcover&dq=energia+solar+fotovoltaica&hl=en&sa=X&ei=xIMQVPz2BMPOggSxxoLIAG&ved=0CDYQ6AEwAA#v=onepage&q=energia%20solar%20fotovoltaica&f=false>
- Migdal, A. (2013). Single-Photon Generation and Detection. [En Red]. Disponible en: <http://books.google.com.gt/books?id=gERMqvh2OjAC&pg=PA3&dq=photon+definition&hl=en&sa=X&ei=0pAUVJerGZbCsASXkoD4CQ&ved=0CB8Q6AEwAQ#v=onepage&q=photon%20definition&f=false>
- Natural Energy. (2010). [En Red]. Disponible en: <http://www.naturalenergy.es/>

- Ola G., José L. (2010). Tarifa Eléctrica y Facturación en Guatemala [En red]. Disponible en: [http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL\\_10\\_MEC02.pdf](http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_10_MEC02.pdf)
- P. Ramírez, Karina. (2009). Cálculo de la demanda de energía eléctrica de una vivienda con aplicación a la energía solar. [En Red]. Disponible en: <http://www.plusformacion.com/Recursos/r/Calculo-demanda-energia-electrica-un-a-vivienda-aplicacion-energia-solar>
- Panorama Energético. (2010). Energía Geotérmica. [En red] Disponible en: [http://www.panoramaenergetico.com/energia\\_geotermica.htm](http://www.panoramaenergetico.com/energia_geotermica.htm)
- RETscreen International. (2013). Natural Resources Canada. [En red]. Disponible en: <http://www.retscreen.net/es/home.php>
- Sanz O., José F. (2008). Energía Hidroeléctrica. [En Red]. Disponible en: [http://books.google.com.gt/books?id=okGwHH1TePoC&printsec=frontcover&dq=energia+hidroelectrica&hl=en&sa=X&ei=MN0PVJr\\_O4O4ggT1I4GgCQ&ved=0CCUQ6AEwAA#v=onepage&q=energia%20hidroelectrica&f=false](http://books.google.com.gt/books?id=okGwHH1TePoC&printsec=frontcover&dq=energia+hidroelectrica&hl=en&sa=X&ei=MN0PVJr_O4O4ggT1I4GgCQ&ved=0CCUQ6AEwAA#v=onepage&q=energia%20hidroelectrica&f=false)
- Solar and Wind Energy Resource Assessment SWERA. (2014). [En Red]. Disponible en: <http://maps.nrel.gov/SWERA>
- Solar Technology AG. (2010). [En Red]. Disponible en: <http://files.sma.de/dl/7680/Perfratio-UES100810.pdf>
- Word Reference. (2014). [En Red]. Disponible en: <http://www.wordreference.com/>
- Zetina, Zetina. (2004). Electrónica básica [En Red]. Disponible en: <http://books.google.com.gt/books?id=PAoPY6xzkI0C&pg=PA290&dq=corriente+directa&hl=en&sa=X&ei=a5gTVM6hPPDisATK2YHwCg&ved=0CB0Q6AEwAA#v=onepage&q=corriente%20alterna&f=false>

## 9 ANEXOS

9.1 Cálculos para la determinación de la cantidad de paneles solares según año analizado

### ANÁLISIS ENERGÉTICO AÑO 2010

Tabla No.9: Energía consumida mensualmente de la red por el edificio Tec año 2010

| MES                               | ENERGÍA CONSUMIDA EN KWH |
|-----------------------------------|--------------------------|
| ENERO                             | 86043.50                 |
| FEBRERO                           | 94389.90                 |
| MARZO                             | 99105.90                 |
| ABRIL                             | 99553.20                 |
| MAYO                              | 78508.64                 |
| JUNIO                             | 100565.60                |
| JULIO                             | 104859.90                |
| AGOSTO                            | 109170.20                |
| SEPTIEMBRE                        | 105162.00                |
| OCTUBRE                           | 103330.70                |
| NOVIEMBRE                         | 94080.70                 |
| DICIEMBRE                         | 59343.40                 |
| PROMEDIO DIARIO (AÑO DE 365 DIAS) | 3107.16                  |

Producción de energía por día de un módulo solar: (Fórmula No.3, página 43)

$$\text{energía por día} = kWp * Hsp * Fr$$

Wp= Watts Pico

Hsp= Horas Sol Pico Promedio Anual

Fr= Factor de rendimiento

$$\frac{\text{Promedio diario de energía en kWh}}{Hsp * Fr} = kWp$$

$$\frac{3107.16 \text{ kWh}}{5.665 \text{ h} * 0.87} = kWp$$

$$kWp = 630.44 \text{ kWp}$$

Entonces:  $630.44kWp * 1,000 = 630,440Wp$

Se utilizarán paneles de 250Wp

$$\frac{630,440Wp}{\frac{250Wp}{panel}} = \text{Cantidad de paneles necesarios}$$

**Paneles necesarios = 2,522**

## ANÁLISIS ENERGÉTICO AÑO 2011

Tabla No.10: Energía consumida mensualmente de la red por el edificio Tec año 2011

| MES                                  | ENERGÍA CONSUMIDA EN KWH |
|--------------------------------------|--------------------------|
| ENERO                                | 91568.50                 |
| FEBRERO                              | 96270.00                 |
| MARZO                                | 110954.34                |
| ABRIL                                | 91663.60                 |
| MAYO                                 | 103026.84                |
| JUNIO                                | 102241.16                |
| JULIO                                | 98436.66                 |
| AGOSTO                               | 104803.16                |
| SEPTIEMBRE                           | 105045.92                |
| OCTUBRE                              | 105377.30                |
| NOVIEMBRE                            | 100766.54                |
| DICIEMBRE                            | 62525.68                 |
| PROMEDIO DIARIO<br>(AÑO DE 365 DIAS) | 3212.82                  |

Producción de energía por día de un módulo solar: (Fórmula No.3, página 43)

$$\text{energía por día} = kWp * Hsp * Fr$$

Wp= Watts Pico

Hsp= Horas Sol Pico Promedio Anual

Fr= Factor de rendimiento

$$\frac{\text{Promedio diario de energía en kW/h}}{Hsp * Fr} = kWp$$

$$\frac{3212.82kWh}{5.665 h * 0.87} = kWp$$

$$kWp = 651.88 kWp$$

Entonces:  $651.88\text{kWp} * 1,000 = 651,880\text{Wp}$

Se utilizarán paneles de  $250\text{Wp}$

$$\frac{651,880\text{Wp}}{\frac{250\text{Wp}}{\text{panel}}} = \text{Cantidad de paneles necesarios}$$

**Paneles necesarios = 2,608**

## ANÁLISIS ENERGÉTICO AÑO 2012

Tabla No.11: Energía consumida mensualmente de la red por el edificio Tec año 2012

| MES                                  | ENERGÍA CONSUMIDA EN KWH |
|--------------------------------------|--------------------------|
| ENERO                                | 91565.46                 |
| FEBRERO                              | 104947.22                |
| MARZO                                | 108236.24                |
| ABRIL                                | 91671.02                 |
| MAYO                                 | 104944.14                |
| JUNIO                                | 104853.56                |
| JULIO                                | 105628.88                |
| AGOSTO                               | 107181.99                |
| SEPTIEMBRE                           | 109491.96                |
| OCTUBRE                              | 117259.60                |
| NOVIEMBRE                            | 101959.60                |
| DICIEMBRE                            | 64989.66                 |
| PROMEDIO DIARIO<br>(AÑO DE 366 DIAS) | 3,322.55                 |

Producción de energía por día de un módulo solar: (Fórmula No.3, página 43)

$$\text{energía por día} = \text{kWp} * \text{Hsp} * \text{Fr}$$

Wp= Watts Pico

Hsp= Horas Sol Pico Promedio Anual

Fr= Factor de rendimiento

$$\frac{\text{Promedio diario de energía en kWh}}{\text{Hsp} * \text{Fr}} = \text{kWp}$$



$$\frac{3,322.55 \text{ kWh}}{5.665 \text{ h} * 0.87} = \text{kWp}$$

$$\text{kWp} = 674.14 \text{ kWp}$$

Entonces:  $674.14 \text{ kWp} * 1,000 = 674,140 \text{ Wp}$

Se utilizarán paneles de 250Wp

$$\frac{674,140 \text{ Wp}}{\frac{250 \text{ Wp}}{\text{panel}}} = \text{Cantidad de paneles necesarios}$$

**Paneles necesarios = 2,697**

## ANÁLISIS ENERGÉTICO AÑO 2013

Tabla No.12: Energía consumida mensualmente de la red por el edificio Tec año 2013

| MES                               | ENERGÍA CONSUMIDA EN KWH |
|-----------------------------------|--------------------------|
| ENERO                             | 94943.68                 |
| FEBRERO                           | 98287.93                 |
| MARZO                             | 96755.69                 |
| ABRIL                             | 117808.55                |
| MAYO                              | 108816.3                 |
| JUNIO                             | 105751.96                |
| JULIO                             | 98536.49                 |
| AGOSTO                            | 109169.28                |
| SEPTIEMBRE                        | 114059.47                |
| OCTUBRE                           | 128269.12                |
| NOVIEMBRE                         | 112941.13                |
| DICIEMBRE                         | 74804.53                 |
| PROMEDIO DIARIO (AÑO DE 365 DÍAS) | 3500.40                  |

Producción de energía por día de un módulo solar: (Fórmula No.3, página 43)

$$\text{energía por día} = kWp * Hsp * Fr$$

Wp= Watts Pico

Hsp= Horas Sol Pico Promedio Anual

Fr= Factor de rendimiento

$$\frac{\text{Promedio diario de energía en kWh}}{Hsp * Fr} = kWp$$

$$\frac{3,452.45 \text{ kWh}}{5.665 \text{ h} * 0.87} = kWp$$

$$kWp = 700.50 \text{ kWp}$$

Entonces:  $700.50kWp * 1,000 = 700,500 \text{ Wp}$

Se utilizarán paneles de 250Wp

$$\frac{700,500Wp}{\frac{250Wp}{\text{panel}}} = \text{Cantidad de paneles necesarios}$$

**Paneles necesarios = 2,802**

9.2 Dimensionamiento y cantidad de inversores de corriente y paneles fotovoltaicos a utilizar

$$\text{Número de inversores} = \frac{\text{Watts Pico del sistema fotovoltaico}}{\text{Capacidad del inversor}} \quad (\text{Inversores de corriente, 2014})$$

Watts Pico del sistema = 700,500

Capacidad del inversor = 10,000 W

$$\text{Número de inversores a utilizar} = \frac{700,500 \text{ Wp}}{10,000 \text{ W}} = 70.05$$

**Número de inversores a utilizar = 70 inversores**

- Se utilizarán inversores de la casa Schneider Electric. El modelo del inversor es: Conext TL 10000E (3 phase). La ficha técnica es la siguiente:

Product data sheet  
Characteristics

PVSNVC10000  
Conext TL - 10kVA inverter



Main

|                           |                         |
|---------------------------|-------------------------|
| Range of product          | Conext TL               |
| Device short name         | TL 10000 E              |
| Product or component type | Grid-tie solar inverter |
| Network number of phases  | Three phase             |
| Nominal output power      | 10 kVA                  |

Complementary

|                        |  |
|------------------------|--|
| Photovoltaic power     | 10.4 kW input power for maximal output power   |
| Output voltage         | 230/400 V AC (nominal)   |
| Number of MPPT         | 2  |
| Maximum output current | 16 A AC  |
| Frequency              | 50/60 Hz +/- 3 Hz (output)   |
| Cos phi                | 0.8 leading to lagging   |
| Harmonic distortion    | < 3 % at rated power   |
| Input voltage          | 200 V DC at start<br>350...850 V DC MPPT<br><= 1000 V DC open circuit  |
| Input current per MPPT | <= 17 A  |
| Efficiency             | 98.3 % peak<br>97.7 % European   |
| Power consumption in W | < 2 W night time   |
| Topology               | Transformerless  |
| Function available     | Embedded data logger for 365 days<br>Standard integrated DC disconnect<br>Remote inverter disable<br>Drv contact |

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Relay type              | Multifunction control relay                    |
| Communication interface | Modbus (RS485)                                 |
| Type of connector       | - (IP67 - output)<br>Multicontact MC4 - input) |
| Type of cooling         | Fan  |
| Height                  | 62.5 cm  |
| Width                   | 61.2 cm  |
| Depth                   | 27.8 cm  |
| Product weight          | 41 kg  |
| Acoustic level          | < 50 dBA                                       |
| Enclosure material      | Aluminium                                      |

### Environment

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| IP degree of protection               | IP65 (electronic)<br>IP55 (balance)   |
| Ambient air temperature for operation | -20...60 °C   |
| Electromagnetic compatibility         | Immunity for industrial environments conforming to EN 61000-6-2<br>Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments conforming to EN 61000-6-3 |
| Standards                             | VDE 0126-1-1<br>RD 1663<br>RD 661<br>AS 3100<br>VDE-AR-N 4105<br>RD 1699<br>CEI 0-21<br>UTE C 15-712-1  |
| Product certifications                | CE marked for low voltage directive 2006/95/EC conforming to 62109-1/62109-2<br>CE marked for EMC directive 2004/108/EC   |
| Operating altitude                    | < 2000 m without derating   |
| Relative humidity                     | 4...100 % (condensing)  |
| Environmental characteristic          | REACH   |

Según la ficha técnica del Inversor de corriente ConextTL 10000 de la casa Schneider Electric se tiene que:

- Watts máximos de entrada permitido: 10,400. Se tomará 10,000W como máximo por razones de seguridad.
- Voltaje de operación por línea: 350-850V
- Amperaje máximo de entrada por línea: 17A
- Líneas de entrada al inversor de corriente: 2 líneas

Los paneles fotovoltaicos a utilizar serán de la casa 1 Soltech Inc. De 250Wp. La ficha técnica es la siguiente:



2<sup>nd</sup> Generation  
**1SOLTECH HORIZON SERIES - 60 CELL**  
 Polycrystalline Solar Module (240W - 255W)  
 WHT - BLK



1SolTech is a leading American manufacturer of high-quality, cost-effective solar modules. Our low-maintenance, high-performance polycrystalline modules are engineered for high-efficiency and long life. 1SolTech modules are a durable and reliable solution for all residential, commercial and utility applications.



**MADE IN THE USA**

**A Quick Overview:**

- HIGH-EFFICIENCY/LONG AN4C
- INDUSTRY LEADING WARRANTY
- HIGH SNOW & WIND LOADS
- INDUSTRY LEADING CERTIFICATIONS
- CEC AND FSEC LISTED

**Proud to say:**

Buy "Made in the USA" products with confidence. All 1SolTech modules are manufactured with pride in our Dallas/Ft Worth, TX facility.

**1SolTech Modules:**

- Qualify under the Buy American Act (BAA)
- Qualify under the American Recovery & Reinvestment Act (ARRA)

**Electrical Data**

| Module Type                   | 1 STH - 240 | 1 STH - 245 | 1 STH - 250 | 1 STH - 255 |
|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Max Power PM (W)              | 240         | 245         | 250         | 255         |
| Max Power Voltage Vm (V)      | 29.7        | 30.1        | 30.3        | 30.4        |
| Max Power Current Im (A)      | 8.08        | 8.14        | 8.25        | 8.39        |
| Open Circuit Voltage Voc (V)  | 36.9        | 37.1        | 37.3        | 37.5        |
| Short Circuit Current Isc (A) | 8.62        | 8.65        | 8.69        | 8.73        |
| Module Efficiency             | 14.8%       | 15.1%       | 15.4%       | 15.7%       |

Maximum System Voltage (V) = 600 (UL), 1000 (IEC)  
 Power Tolerances = 0/+3%

**CERTIFICATIONS:**

- All 1SolTech modules are:
- ETL approved and certified to meet UL 1703 requirements and standards
  - CEC Listed: Modules are approved for California rebates
  - FSEC listed: Modules are approved for Florida rebates



**1SolTech**  
 1920 Diplomat Drive  
 Farmers Branch, TX 75234  
 TOLL FREE: (888) 598-0295  
 PHONE: (972) 231-1158  
 FAX: (972) 231-0873  
 EMAIL: sales@1soltech.com  
 www.1SolTech.com

## Components & Mechanical Data

|                        |                              |
|------------------------|------------------------------|
| Front Glass            | Low iron, 3.2mm tempered     |
| Junction Box           | IP-65 rated                  |
| Diodes                 | 3 x 15A                      |
| Output Cables          | 1000mm cable (39.4in), 12AWG |
| Connectors             | MC-4, IP-67                  |
| Frame                  | Anodized aluminum alloy      |
| Encapsulation Material | EVA                          |
| Back Sheet             | Available in WHI, BLK        |
| Temperature Range      | -40°C to +85°C               |

## Specifications

|                      |                                   |
|----------------------|-----------------------------------|
| Cells                | Polycrystalline 156mm x 156mm     |
| Cells Number         | 60 (6x10)                         |
| Dimensions (mm)/(in) | 1640x990x40 (64.6 x 39.0 x 1.6in) |
| Weight (kg)/(lb)     | 20/44.1                           |

## Temperature Coefficients

|                           |                           |       |
|---------------------------|---------------------------|-------|
| NOCT (°C)                 |                           | 45± 2 |
| Current Temp Coefficients | $\alpha_{Isc}$ (%/°C)     | +0.05 |
| Voltage Temp Coefficients | $\beta_{Vc}$ (%/°C)       | -0.35 |
| Temp Coefficients         | $\gamma_{P_{max}}$ (%/°C) | -0.45 |

**INDUSTRY LEADING WARRANTY:** IsoTech solar modules are backed by an industry leading comprehensive 25-year linear performance warranty, in addition to a 10-year warranty against defects in materials or workmanship. Tight power tolerances within 0/+ 3% of the module nameplate rating.

**HIGH WIND AND SNOW MECHANICAL TOLERANCES:** IsoTech solar modules are tested to withstand extreme temperature variations as well as high wind loads and snow loads to 5400 pa.

Según la ficha técnica de los paneles 1 Solar Tech 250 se tiene que:

- Voltaje máximo: 30.3V
- Amperaje máximo: 8.25<sup>a</sup>
- Dimensiones en mm: 1640X990X40
- Área ocupada por panel en: 1.62m<sup>2</sup>

Según lo detallado anteriormente, cada inversor de corriente trabajará de la siguiente manera con los paneles fotovoltaicos:

- Cada línea del inversor de corriente consta de:
  - 2 líneas paralelas de paneles fotovoltaicos
  - Cada línea de paneles fotovoltaicos consta de un número de 10 paneles en serie.
- Voltaje por cada línea de inversor de corriente:

$$\frac{30.3V}{\text{panel fotovoltaico}} * 10 \text{ paneles fotovoltaicos} = 303V$$

$$303V * 2 = \frac{606V}{\text{línea de inversor de corriente}}$$

- Amperaje por cada línea de inversor de corriente:

$$2 \text{ líneas fotovoltaicas} * \frac{8.25A}{\text{línea fotovoltaica}} = \frac{16.5A}{\text{línea de inversor de corriente}}$$

- Energía por cada línea de inversor de corriente:

$$\frac{\text{Energía}}{\text{línea fotovoltaica}} = 303V * 8.25A$$

$$2,499.75W * 2 = \frac{4,999.5W}{\text{línea de inversor de corriente}}$$

$$\text{Energía total por cada inversor de corriente} = 4,999.5 * 2$$

$$9,999W$$

$$\text{Cantidad de paneles fotovoltaicos por inversor de corriente} = 40$$

Según los cálculos anteriores se tiene que:

- El voltaje y el amperaje están dentro de los parámetros permitidos en las especificaciones del inversor de corriente Conext TL 10000E.
- La energía, en Watts, por cada inversor de corriente está dentro de los parámetros permitidos según especificaciones del inversor de corriente Conext TL 10000E

Por lo tanto, la siguiente imagen muestra como ingresan las líneas de arreglos de paneles solares en el inversor de corriente junto con el diagrama de bloque del mismo.



Imagen No. 21: Diagrama de bloque del inversor de corriente Conext TL 10000E

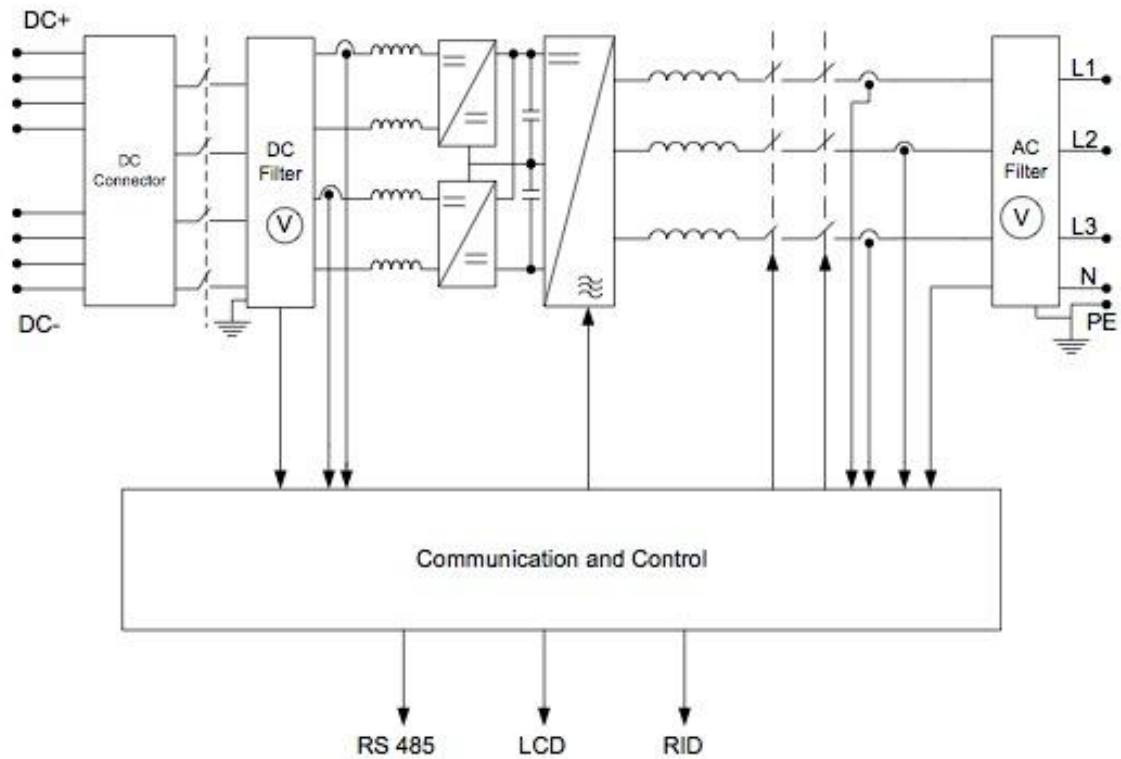


Figure 1-2 Block diagram Conext TL 8000 E, Conext TL 10000 E, Conext 15000 E and Conext 20000 E models

Imagen obtenida: Schneider Electric. (2014)

9.3 Energía producida por los paneles y gráficas comparativas sobre energía consumida por edificio Tec vs energía producida por paneles. Análisis mensual

## ANÁLISIS MENSUAL DE CONSUMO ENERGÉTICO AÑO 2010

Tabla No.9: Energía consumida mensualmente de la red por los edificios TEC, “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F” año 2010

| MES        | ENERGÍA CONSUMIDA DE LA RED POR EL EDIFICIO TEC EN KWH |
|------------|--|
| ENERO      | 86043.5  |
| FEBRERO    | 94389.9  |
| MARZO      | 99105.9  |
| ABRIL      | 99553.2  |
| MAYO       | 78508.64   |
| JUNIO      | 100565.6   |
| JULIO      | 104859.9   |
| AGOSTO     | 109170.2   |
| SEPTIEMBRE | 105162   |
| OCTUBRE    | 103330.7   |
| NOVIEMBRE  | 94080.7  |
| DICIEMBRE  | 59343.4  |

Producción de energía por día de un módulo solar: (Fórmula No.3, página 43)

$$\text{energía por día} = kWp * Hsp * Fr$$

Wp= Watts Pico

Hsp= Horas Sol Pico Promedio Anual

Fr= Factor de rendimiento

$$\text{energía por mes} = kWp * Hsp * Fr * \text{cantidad de días del mes}$$

- ENERO:

En la sección de Anexos 9.1 se calculó que kWp para el año 2010 es

$$kWp = 630.44$$

Hsp para el mes de enero = 6.026(SWERA, 2014)

Días del mes de enero = 31

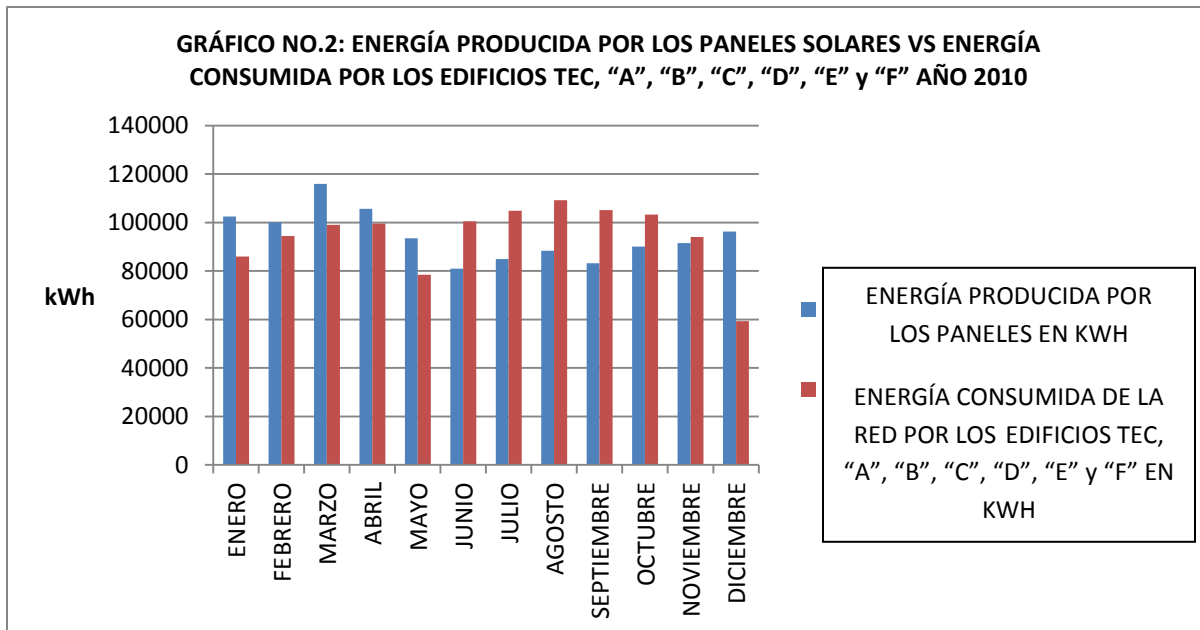
$$\text{energía enero} = 630.44kWp * 6.026 h * 0.87 * 31$$

$$\text{energía enero} = 102,460 kWh$$

Nota: Los cálculos posteriores para los meses de febrero a diciembre se realizarán de la misma manera que los de enero.

Tabla No.13: Energía que producen los paneles en KWh año 2010

| MES        | HSP   | ENERGÍA CONSUMIDA DE LA RED POR EL EDIFICIO TEC EN KWH | ENERGÍA PRODUCIDA POR LOS PANELES EN KWH |
|------------|-------|--|--|
| ENERO      | 6.026 | 86043.5  | 102460                                   |
| FEBRERO    | 6.517 | 94389.9  | 100085                                   |
| MARZO      | 6.823 | 99105.9  | 116011                                   |
| ABRIL      | 6.419 | 99553.2  | 105621                                   |
| MAYO       | 5.504 | 78508.64   | 93584                                    |
| JUNIO      | 4.919 | 100565.6   | 80940                                    |
| JULIO      | 4.999 | 104859.9   | 84998                                    |
| AGOSTO     | 5.198 | 109170.2   | 88381                                    |
| SEPTIEMBRE | 5.058 | 105162   | 83227                                    |
| OCTUBRE    | 5.295 | 103330.7   | 90031                                    |
| NOVIEMBRE  | 5.565 | 94080.7  | 91569                                    |
| DICIEMBRE  | 5.665 | 59343.4  | 96322                                    |



## ANÁLISIS MENSUAL DE CONSUMO ENERGÉTICO AÑO 2011

Tabla No.10: Energía consumida mensualmente de la red por los edificios TEC, “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F” año 2011

| MES        | ENERGÍA CONSUMIDA DE LA RED POR EL EDIFICIO TEC EN KWH |
|------------|--|
| ENERO      | 91568.5  |
| FEBRERO    | 96270  |
| MARZO      | 110954.34  |
| ABRIL      | 91663.6  |
| MAYO       | 103026.84  |
| JUNIO      | 102241.16  |
| JULIO      | 98436.66   |
| AGOSTO     | 104803.16  |
| SEPTIEMBRE | 105045.92  |
| OCTUBRE    | 105377.3   |
| NOVIEMBRE  | 100766.54  |
| DICIEMBRE  | 62525.68   |

Producción de energía por día de un módulo solar: (Fórmula No.3, página 43)

$$\text{energía por día} = kWp * Hsp * Fr$$

Wp= Watts Pico

Hsp= Horas Sol Pico Promedio Anual

Fr= Factor de rendimiento

$$\text{energía por mes} = kWp * Hsp * Fr * \text{cantidad de días del mes}$$

- ENERO:

En la sección anterior se calculó que kWp para el año 2011 es

$$kWp = 651.88$$

Hsp para el mes de enero = 6.026(SWERA, 2014)

Días del mes de enero = 31

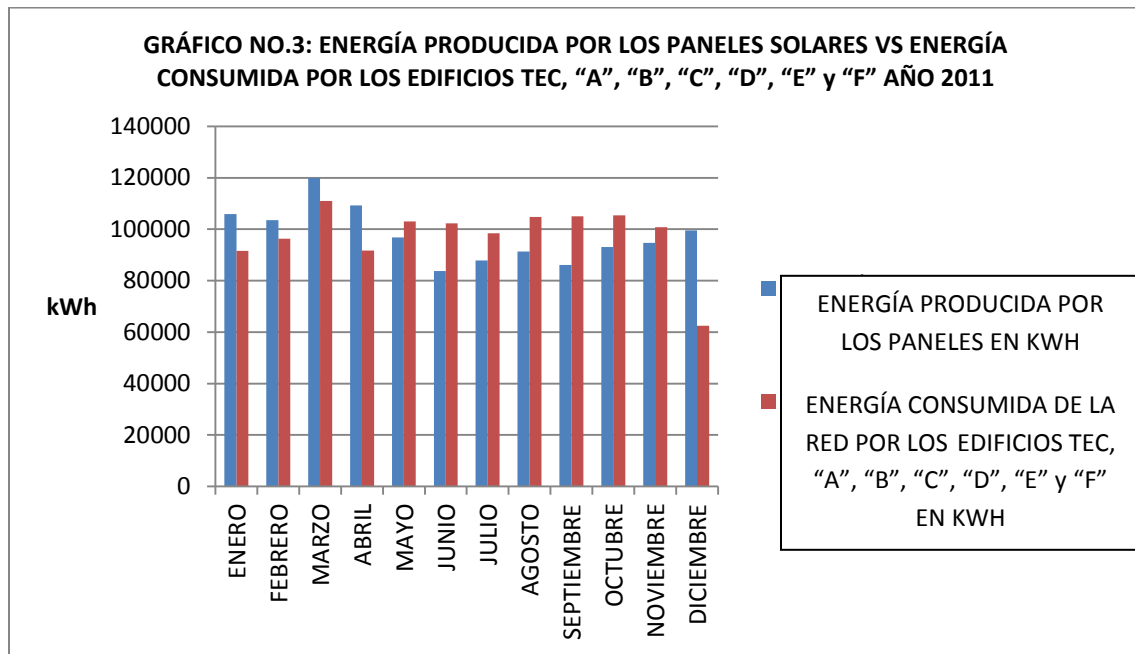
$$\text{energía enero} = 651.88kWp * 6.026 h * 0.87 * 31$$

$$\text{energía enero} = 105,944 kWh$$

Nota: Los cálculos posteriores para los meses de febrero a diciembre se realizarán de la misma manera que los de enero.

Tabla No.14: Energía que producen los paneles en KWh año 2011

| MES        | HSP   | ENERGÍA CONSUMIDA DE LA RED POR EL EDIFICIO TEC EN KWH | ENERGÍA PRODUCIDA POR LOS PANELES EN KWH |
|------------|-------|--|--|
| ENERO      | 6.026 | 91568.5  | 105944                                   |
| FEBRERO    | 6.517 | 96270  | 103489                                   |
| MARZO      | 6.823 | 110954.34  | 119957                                   |
| ABRIL      | 6.419 | 91663.6  | 109213                                   |
| MAYO       | 5.504 | 103026.84  | 96767                                    |
| JUNIO      | 4.919 | 102241.16  | 83692                                    |
| JULIO      | 4.999 | 98436.66   | 87888                                    |
| AGOSTO     | 5.198 | 104803.16  | 91387                                    |
| SEPTIEMBRE | 5.058 | 105045.92  | 86057                                    |
| OCTUBRE    | 5.295 | 105377.3   | 93092                                    |
| NOVIEMBRE  | 5.565 | 100766.54  | 94683                                    |
| DICIEMBRE  | 5.665 | 62525.68   | 99598                                    |



## ANÁLISIS MENSUAL DE CONSUMO ENERGÉTICO AÑO 2012

Tabla No.11: Energía consumida mensualmente de la red por los edificios TEC, “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F” año 2012

| MES        | ENERGÍA CONSUMIDA DE LA RED POR EL EDIFICIO TEC EN KWH |
|------------|--|
| ENERO      | 91565.46   |
| FEBRERO    | 104947.22  |
| MARZO      | 108236.24  |
| ABRIL      | 91671.02   |
| MAYO       | 104944.14  |
| JUNIO      | 104853.56  |
| JULIO      | 105628.88  |
| AGOSTO     | 107181.99  |
| SEPTIEMBRE | 109491.96  |
| OCTUBRE    | 117259.6   |
| NOVIEMBRE  | 101959.6   |
| DICIEMBRE  | 64989.66   |

Producción de energía por día de un módulo solar: (Fórmula No.3, página 43)

$$\text{energía por día} = kWp * Hsp * Fr$$

Wp= Watts Pico

Hsp= Horas Sol Pico Promedio Anual

Fr= Factor de rendimiento

$$\text{energía por mes} = kWp * Hsp * Fr * \text{cantidad de días del mes}$$

- ENERO:

En la sección anterior se calculó que kWp para el año 2012 es

$$kWp = 674.14$$

Hsp para el mes de enero = 6.026(SWERA, 2014)

Días del mes de enero = 31

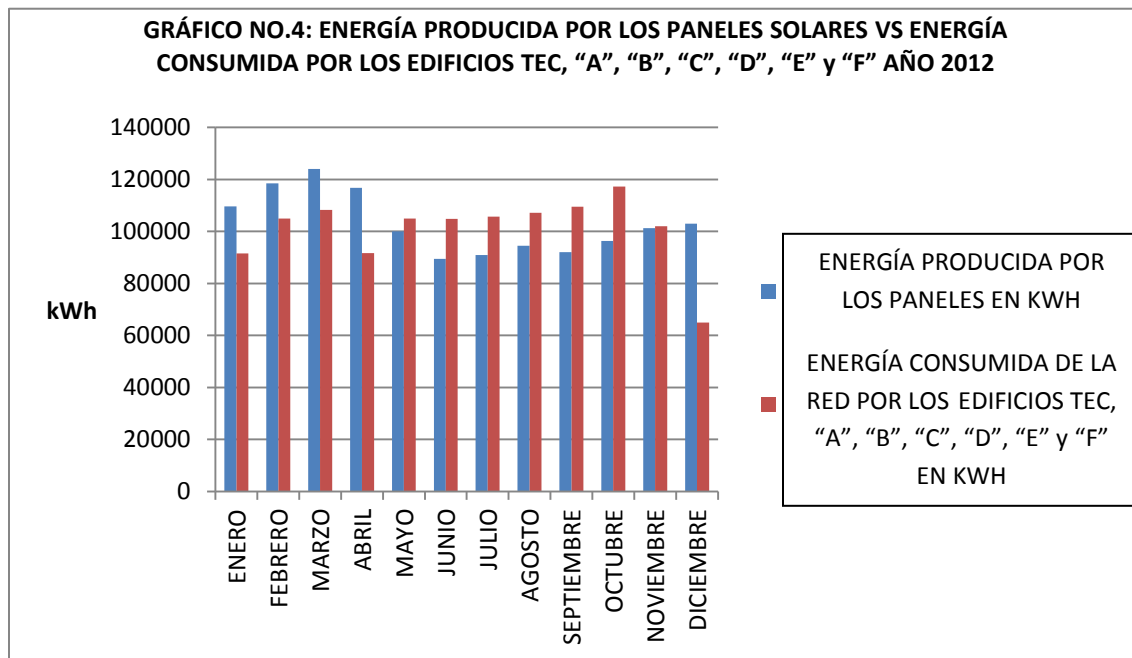
$$\text{energía} = 674.14kWp * 6.026 h * 0.87 * 31$$

$$\text{energía enero} = 109,562 kWh$$

Nota: Los cálculos posteriores para los meses de febrero a diciembre se realizarán de la misma manera que los de enero.

Tabla No.15: Energía que producen los paneles en KWh año 2012

| MES        | HSP   | ENERGÍA CONSUMIDA DE LA RED POR EL EDIFICIO TEC EN KWH | ENERGÍA PRODUCIDA POR LOS PANELES EN KWH |
|------------|-------|--|--|
| ENERO      | 6.026 | 91565.46   | 109562.055                               |
| FEBRERO    | 6.517 | 104947.22  | 110844.735                               |
| MARZO      | 6.823 | 108236.24  | 124052.755                               |
| ABRIL      | 6.419 | 91671.02   | 112942.652                               |
| MAYO       | 5.504 | 104944.14  | 100071.283                               |
| JUNIO      | 4.919 | 104853.56  | 86550.071                                |
| JULIO      | 4.999 | 105628.88  | 90889.5974                               |
| AGOSTO     | 5.198 | 107181.99  | 94507.727                                |
| SEPTIEMBRE | 5.058 | 109491.96  | 88995.783                                |
| OCTUBRE    | 5.295 | 117259.6   | 96271.338                                |
| NOVIEMBRE  | 5.565 | 101959.6   | 97916.476                                |
| DICIEMBRE  | 5.665 | 64989.66   | 102998.514                               |



## ANÁLISIS MENSUAL DE CONSUMO ENERGÉTICO AÑO 2013

Tabla No.12: Energía consumida mensualmente de la red por los edificios TEC, “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F” año 2013

| MES        | ENERGÍA CONSUMIDA DE LA RED EN KWH |
|------------|------------------------------------|
| ENERO      | 94943.68                           |
| FEBRERO    | 98287.93                           |
| MARZO      | 96755.69                           |
| ABRIL      | 117808.55                          |
| MAYO       | 108816.3                           |
| JUNIO      | 105751.96                          |
| JULIO      | 98536.49                           |
| AGOSTO     | 109169.28                          |
| SEPTIEMBRE | 114059.47                          |
| OCTUBRE    | 128269.12                          |
| NOVIEMBRE  | 112941.13                          |
| DICIEMBRE  | 74804.53                           |

Producción de energía por día de un módulo solar: (Fórmula No.3, página 43)

$$\text{energía por día} = kWp * Hsp * Fr$$

Wp= Watts Pico

Hsp= Horas Sol Pico Promedio Anual

Fr= Factor de rendimiento

$$\text{energía por mes} = kWp * Hsp * Fr * \text{cantidad de días del mes}$$

- ENERO:

En la sección anterior se calculó que kWp para el año 2013 es

$$kWp = 700.50$$

Hsp para el mes de enero = 6.026(SWERA, 2014)

Días del mes de enero = 31

$$\text{energía} = 700.50kWp * 6.026 h * 0.87 * 31$$

$$\text{energía enero} = 113,846.11 kWh$$

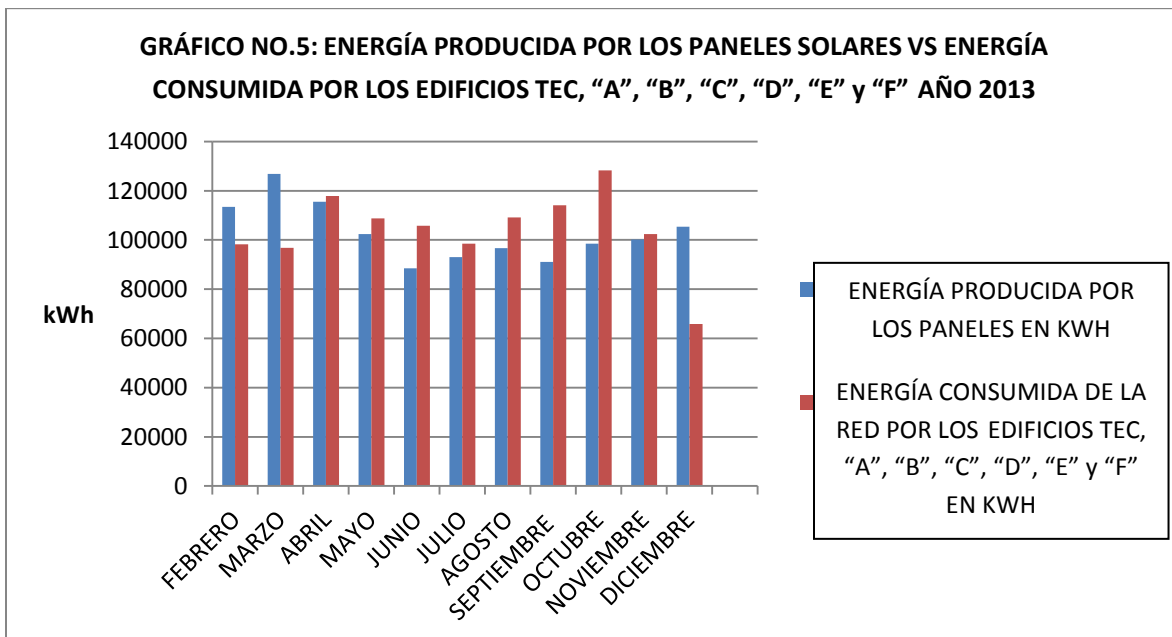


Nota: Los cálculos posteriores para los meses de febrero a diciembre se realizarán de la misma manera que los de enero.

Tabla No.4: Energía que producen los paneles en KWh año 2013

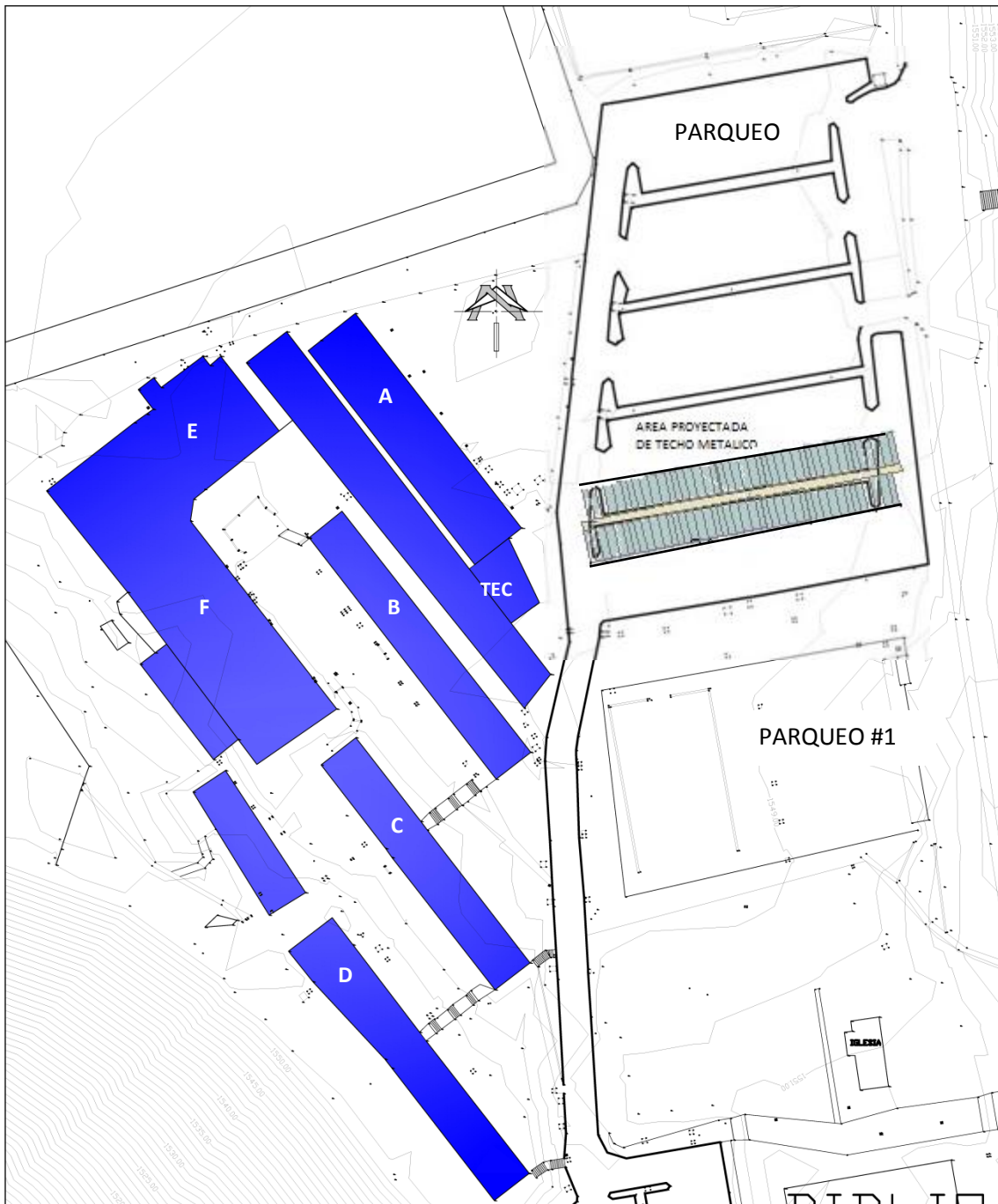
| MES        | HSP   | ENERGÍA CONSUMIDA DE LA RED POR EL EDIFICIO TEC EN KWH | ENERGÍA PRODUCIDA POR LOS PANELES EN KWH |
|------------|-------|--|--|
| ENERO      | 6.026 | 94943.68   | 113846.1277                              |
| FEBRERO    | 6.517 | 98287.93   | 115178.9622                              |
| MARZO      | 6.823 | 96755.69   | 128903.4399                              |
| ABRIL      | 6.419 | 117808.55  | 117358.9114                              |
| MAYO       | 5.504 | 108816.3   | 103984.2494                              |
| JUNIO      | 4.919 | 105751.96  | 89934.33327                              |
| JULIO      | 4.999 | 98536.49   | 94443.54335                              |
| AGOSTO     | 5.198 | 109169.28  | 98203.1483                               |
| SEPTIEMBRE | 5.058 | 114059.47  | 92475.67751                              |
| OCTUBRE    | 5.295 | 128269.12  | 100035.7196                              |
| NOVIEMBRE  | 5.565 | 112941.13  | 101745.1849                              |
| DICIEMBRE  | 5.665 | 74804.53   | 107025.9398                              |

GRÁFICO NO.5: ENERGÍA PRODUCIDA POR LOS PANELES SOLARES VS ENERGÍA CONSUMIDA POR LOS EDIFICIOS TEC, "A", "B", "C", "D", "E" y "F" AÑO 2013



## 9.4 Disposición física de las instalaciones

Imagen No.22: Disposición física de los edificios “TEC”, “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F”



Fuente: Departamento de construcciones y remodelaciones URL. (2014)

## 9.5 Cotizaciones

### PROPUESTA NO.1 EQUIPOS SOLARES:

Guatemala, 16 de septiembre de 2014

Sr. Mario Letona  
URL  
Presente

Estimado Sr. Letona:

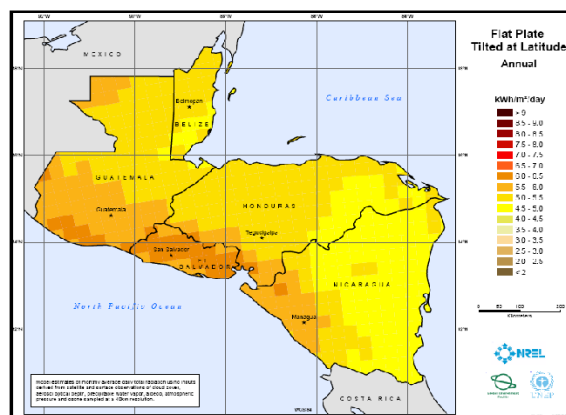
Es un gusto presentarle nuestra línea de Paneles Solares e Inversores de Corriente para reducir su factura de energía eléctrica por medio del aprovechamiento de la energía solar. Según nos indicó usted está cotizando un sistema de 700.5kWp

#### QUIENES SOMOS:

ENERSOL es una empresa Guatemalteca fundada en 1986, contamos con la mayor experiencia en la aplicación de sistemas de aprovechamiento de la energía solar, con los mejores precios y el mejor servicio del mercado.

#### LA ENERGIA DEL SOL:

El sol nos regala energía. Guatemala está localizada en una zona geográfica excelente para aprovechar la energía solar.



Como se puede observar en el mapa anterior, El Sol en la ciudad de Guatemala nos regala aproximadamente 5.5 kilowatts/hora por metro cuadrado por día!! Esta energía GRATUITA puede ser captada por los paneles solares y por medio de los Inversores de Corriente la energía puede ser INYECTADA a la red de la Empresa Eléctrica. Esto se traduce en ahorro energético, usted estará produciendo su propia energía.

Gracias a los últimos avances en tecnología, Los Inversores de Corriente operan a eficiencias tan altas como 95% por lo que diariamente un sistema solar le estará ahorrando mucho dinero.

### CAPACIDAD DEL SISTEMA:

Potencia del Sistema: 700,500Wp

### PRECIO DEL SISTEMA:

#### SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 700,500Wp:

| CANTIDAD | PRODUCTO  | PRECIO UNITARIO | PRECIO          |
|----------|---|-----------------|-----------------|
| 1        | Sistema solar de 700,500Wp que consta de 2,802 paneles solares de 250Wp.<br>El sistema incluye kit completo para instalación de accesorios eléctricos en el lugar para que los equipos funcionen correctamente, tableros, protección eléctrica de los equipos<br>Mano de obra por instalación | Q.12,550,000.00 | Q.12,550,000.00 |
| TOTAL    |   |                 | Q.12,550,000.00 |

NOTA: Los equipos solares requieren de muy bajo mantenimiento. Por solicitud del Señor Mario Letona se cotiza mantenimiento de los equipos lo cual consta de revisión de los cableados eléctricos, revisar el correcto funcionamiento de los inversores de corriente y eliminar, si existiera, excedente de suciedad acumulada en los paneles solares

Precio anual: Q15,000.00

### Términos y Condiciones:

- Opciones de pago: 100% con la orden de compra
- Instalación: Incluida (básica)
- Validez de la oferta: 1 mes

PROPUESTA NO.2 EQUIPOS SOLARES:

|  |  |   |
|--|--|---|
| 20 CALLE 26-30 OFI-BODEGA 12<br>EMPRESARIAL PRADERA ZONA 10<br>GUATEMALA CITY, 01010<br>GUATEMALA, C. A. |  | TEL/FAX:<br>(502) 2366-8969 / 70 / 71<br>www.isratec-ca.com |
|--|--|---|

**PROFORMA**

Según solicitud de fecha 17 de septiembre de 2014

|  |   |
|--|---|
| Vendedor: ISRATEC, S.A.<br>Israelí Technology<br>América Central                 | Pro forma No. 03375<br><br>Fecha: 17 de<br>septiembre de 2014 |
| Comprador: <b>UNIVERSIDAD RAFAEL<br/>                 LANDIVAR, TEC LANDIVAR</b> |   |
| Origen: <b>USA</b>   | Destino final: <b>Bodega ISRATEC, S.A.</b>                    |

De acuerdo a lo platicado con el Señor Mario Letona, ustedes requieren el precio de módulos fotovoltaicos para un total de 700.5kWp por lo que se cotiza lo siguiente:

| Item | Descripción                                | CNT.    | Precio en Q. |
|------|--|---------|--------------|
|      |  |         | Total        |
| 1    | Panel solar 1SolTech de 250Wp<br>cada uno  | 2,802 u |              |
| 2    | Inversores de corriente Conext<br>TL-10kVA | 70 u    |              |

|              |  |  |                        |
|--------------|--|--|------------------------|
| 3            | Kit de accesorios eléctricos: Cajas de combinación de 2 circuitos DC NEMA 3R, DC Breakers, Tableros eléctricos, cableados, accesorios, protectores eléctricos de los equipos contra desfases de corriente, descargas de rayos; estructuras de montaje y mano de obra por instalación |  |                        |
| <b>TOTAL</b> |  |  | <b>Q.11,208,000.00</b> |

| Item | Descripción   | CNT. | Precio en Q. |
|------|---|------|--------------|
|      |   |      | Total        |
| 1    | Mantenimiento anual a los equipos. Consta de: Revisión del correcto funcionamiento de los paneles solares y de los inversores de corriente.<br>Limpieza general |      | Q.10,000.00  |

- FORMA DE PAGO
  - 70% DE ANTICIPO
  - 30% CONTRA ENTREGA
  
- TIEMPO DE ENTREGA: SUJETO A EXISTENCIAS
- INSTALACIÓN: INCLUIDA
- TECHO: NO INCLUIDO

NOTA: Se emitirá factura contable en quetzales contra recibo del cheque correspondiente a nombre de ISRATEC, S.A. según la tasa de cambio del día. Los precios incluyen IVA.

**VIGENCIA DE LA OFERTA: 15 DÍAS DESDE LA FECHA DE EMISIÓN.**

IMPORTANTE: De no pagar en las fechas convenidas, esta factura devengará intereses del 3% mensual.  
Por cheque rechazado se cobrarán Q. 100.00

PROPUESTA NO. 3 EQUIPOS SOLARES:



|                           |
|---------------------------|
| <b>COTIZACIÓN: FV5600</b> |
| <b>DE: SISTEMA SOLAR</b>  |

|                             |                           |
|-----------------------------|---------------------------|
| <b>NOMBRE: MARIO LETONA</b> |                           |
| <b>PROYECTO URL</b>         | <b>TELÉFONO: 59498353</b> |
| <b>ASESOR: VENTAS 1</b>     | <b>FECHA: 18/09/2013</b>  |

| CANT.<br>TOTAL | DESCRIPCIÓN  |                        |
|----------------|--|------------------------|
| 1              | SISTEMA SOLAR DE INYECCIÓN A LA RED DE 700.5KWP DE CAPACIDAD INSTALADA. SEGÚN LO HABLADO SE REQUIEREN 2802 PANELES SOLARES DE 250WP CADA UNO. Esta COTIZACIÓN incluye protectores eléctricos, switch de DC y AC, tableros, cableado y mano de obra por instalación | <b>Q.11,975,000.00</b> |
| 1              | .....<br>Servicio de mantenimiento anual a los equipos de generación fotovoltaica.   | <b>Q.24,000.00</b>     |

PROPUESTA NO.1 TECHO EN PARQUEO DEL EDIFICIO TEC PARA LA  
INSTALACIÓN DE 637m<sup>2</sup> DE PANELES SOLARES

**DISYCO**

**TELEFONO: 2254-2741**

**Email: [edgar\\_disyco@hotmail.com](mailto:edgar_disyco@hotmail.com)**

Señor Mario Letona  
PRESENTE

A continuación cotizo lo platicado con su persona:

**INSTALACION TECHO DE ESTRUCTURA METALICA + LAMINA TROQUELADA  
CALIBRE 26**

Todo el material metálico a utilizar será legítimo, de primer uso. Las cerchas estructurales metálicas constituyen un sistema constructivo muy difundido y se lo elige por sus ventajas en tiempo de construcción, relación costo de mano de obra. Se construirán la tijera metálica con un cordón superior y un cordón inferior, los cuales estarán conformados por estructura tipo cajuela con costanera doble "C", de 2" x 6" x 6 mts y refuerzos internos verticales y oblicuos de doble costanera "C", de 2"x 6", así mismo las porta costaneras (PL 4= 3/16"), para dicha fabricación del armado de estructura portante. En los extremos abiertos de las cerchas, se colocaran piezas de lámina de 4" x 6" x 1/16" como tapaderas metálicas de la pieza estructural formada por las costaneras dobles y así evitar que estas piezas queden abiertas al exterior.

La estructura metálica a utilizar posee una gran capacidad resistente por el empleo del acero. Esto le confiere la posibilidad de lograr soluciones de gran envergadura, como cubrir grandes luces, cargas importantes y diseños especiales. Al ser sus piezas prefabricadas, estas serán soldadas en el taller de herrería y teniendo presente todos los detalles especificados en planos y si al momento de su fabricación si se determina que hace falta algún detalle, lo hará saber al supervisor de obra para que este lo determine y lo aplique en el proyecto. En ningún momento se cobrara dicha observación. La soldadura de las cerchas se hará con electrodos de acuerdo al elemento a soldar, así mismo la soldadura de los elementos será del tipo corrido, de superficie lisa como acabado final.

**VIGAS DE ARRIOSTRE**

Se denominan arriostres a la parte de la estructura metálica que le permite la estabilidad horizontal a la estructura y forman parte del conjunto de los elementos metálicos adicionales a la estructura principal del conjunto.



Se construirán los arriostres de acuerdo a los detalles estructurales del armado de estructura portante, estarán construidas con costanera de 2" x 6" legítimas, al ser sus piezas prefabricadas y con medios de unión de gran flexibilidad, se acortan los plazos de construcción significativamente. La soldadura de los arriostres se hará con electrodos de acuerdo al elemento a soldar, así mismo la soldadura de los elementos será del tipo cordón, de superficie lisa como acabado final.

## TEMPLETES

Se denominan templetas al tensor de una barra de hierro corrugado o liso diámetro de 3/8", que une las distintas costaneras de la estructura metálica (estructura donde se colocará la lámina), lo que le permite la estabilidad horizontal a las costaneras y forman el conjunto de los elementos metálicos que rigidizan la estructura portante de la cubierta. Se colocará piezas de hierro redondo liso diámetro de 1/2", los cuales se colocaran de acuerdo a los detalles estructurales.

Los templetas llevarán en sus extremos rosca, tuerca, roldana y arandela de presión. Los rigidizantes serán varillas en hierro legítimo, de corrugación estándar, de acuerdo con la norma ASTM A-305; de calidad en resistencia no menor de "Grado 40" (40,000 libras por pulgada cuadrada) ni mayor de "Grado 60" (ASTM A-615) (60,000 libras por pulgada cuadrada).

## LÁMINA PARA CUBIERTA

### INSTALACIÓN DE LÁMINA TROQUELADA CALIBRE 26

Se instalará lámina troquelada, para el enlaminado de la estructura portante, de acuerdo a lo solicitado y especificado referente a este renglón de trabajo. Se dotará de acuerdo a lo siguiente:

## MATERIALES

La cubierta será de lámina troquelada galvanizada que cumpla con las siguientes propiedades físicas: Calibre 26 legítimo

Distancia entre apoyos: La que cubra el ancho de tres espacios de parqueo en el proyecto. Pendiente solicitada por el proyecto indicada (mínima del 3% y máxima del 8%). Longitud una sola pieza de 6.80 mts sin traslapes, ancho total = 1.08 mts, ancho útil = 1.00 mts.

### INSTALACIÓN DE CUMBRERA DE ZINC CALIBRE 26

Se instalará el capote de lámina galvanizada que se acople a la lámina troquelada instalada de calibre 26, de longitud de 3.00 mt., se colocará en la cumbrera o vierteaguas, será de lámina galvanizada y su función es no permitir el ingreso de agua pluvial en la separación entre las láminas troqueladas que forman ángulo en el inicio de la pendiente del techo.

La lámina a utilizar en la hechura del capote será de marca reconocida, se colocara conforme al detalle arquitectónico. Este se fijara con tornillos polster en cada anclaje. Cualquier cambio que se haga en la ejecución del presente renglón será presentado por escrito y con la aprobación del contratante.

#### INSTALACION DE CANALES GALVANIZADOS LATERALES

Para la evacuación adecuada de las aguas pluviales se instalara canales laterales tipo estándar calibre 26 con longitud existente en el mercado y con sus respectivos soportes y bajadas de tubo pvc para drenaje en diámetro 4" (3 en cada lateral)

|                            |    |                       |
|----------------------------|----|-----------------------|
| Cantidad Solicitada        |    | 637 mts. <sup>2</sup> |
| Cantidad Proyectada        |    | 640 mts. <sup>2</sup> |
| Precio por mt <sup>2</sup> | Q. | 325 mt <sup>2</sup>   |
| Total del Proyecto         | Q. | 208,000.00            |

Arq. Edgar Morales

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN (DISYCO)

PROPUESTA NO.2 TECHO EN PARQUEO DEL EDIFICIO TEC PARA LA  
INSTALACIÓN DE 637m<sup>2</sup> DE PANELES SOLARES

**AnVen, S.A.**  
**Km 6.5 Carretera a El Salvador 7-34**  
**Guatemala, C.A.**  
**Tel: 2369-1833**

Mario Letona  
PRESENTE

Señor Letona. Se le cotiza techos para montar paneles solares en área de parqueos de Universidad Rafael Landívar Guatemala. El área indicada es de 637m<sup>2</sup>

**ESTRUCTURA METALICA**

Costaneras de 2"X6"  
Tensores de hierro corrugado de 3/8"  
Varillas de hierro grado 40

**LÁMINA TROQUELADA**

Lámina troquelada calibre 26  
Pendiente de instalación de un 8%  
Capote galvanizado  
Bajadas de agua pluvial en tubería PVC para drenaje de 4" por lateral

**MANO DE OBRA POR INSTALACIÓN**

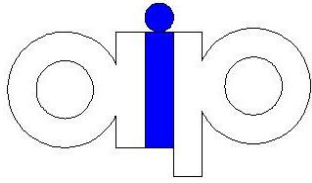
PRECIO DE LA OBRA: Q.363,000.00

Nota: El precio de la obra incluye mano de obra por instalación. Cualquier cambio en el diseño se debe avisar con previa anticipación

Atentamente;

**Ángel Venutolo**  
**Gerente General**

# PROPUESTA NO.3 TECHO EN PARQUEO DEL EDIFICIO TEC PARA LA INSTALACIÓN DE 637m<sup>2</sup> DE PANELES SOLARES



A&P Constructores

34 av. D, 6-68 Zona 21, Colonia J. R. B. Guatemala.

Tel: 47090434

e-mail:

/ 47179050

aipconstructores2@gmail

Señor

Mario Letona

PRESENTE

Apreciable Señor:

Por este medio se le presenta la cotización para un techo de estructura metálica para un área de 637 metros cuadrados destinado para montaje de paneles solares.

## **ESTRUCTURA METALICA**

Consiste en el esqueleto que soportara la cubierta de lámina, el cual está formado por estructuras que soportan las cargas por el peso producido por la propia estructura, el techo, los paneles solares, el viento y sismos; el cual contara con las siguientes descripciones:

Costanera doble "C", de 2" x 6" x 6 mts

Sistema de cerchas estructural metálico

Arriostres para la estabilidad horizontal construidas con costanera de 2" x 6" legitimas

Templetes con tensor de barra de hierro corrugado o liso diámetro de 3/8"

## **CUBIERTA DE LÁMINA**

Consiste en el techo de la estructura orientado a proyectar sombra y protección a los elementos que se resguardaran debajo de la estructura y a crear una base para los paneles solares; estará compuesta por los siguientes elementos:

Lámina troquelada galvanizada calibre 26

Pendiente de las láminas instaladas de 8% según las exigencias

Capote galvanizado entre láminas de diferente dirección

Bajadas de agua pluvial en tubería PVC para drenaje de 4" por lateral

## **DRENAJES PARA EVACUACION DE AGUA PLUVIAL**

Instalación de canales laterales tipo estándar calibre 26 con soportes y bajadas de tubo pvc para drenaje en diámetro 4"

PRECIO DE LA OBRA: Q.325,000.00

Observaciones: El precio incluye materiales, pintura, mano de obra e IVA.

Atentamente

Arq. Rafael Arana

PROPUESTA NO.1: POZO A TIERRA

**DISYCO**  
**TELEFONO: 2254-2741**  
**Email: [edgar\\_disyco@hotmail.com](mailto:edgar_disyco@hotmail.com)**

Señor Mario Letona  
PRESENTE

Se cotiza un pozo a tierra de 5 ohmios con las siguientes características:

- 3.5 metros de profundidad
- 1 metro de diámetro
- Cemento conductor
- Poste de 3"x12mt
- Tierra de cultivo tamizada y mezclada con sal y bentonita
- 6 barillas de cobre con mordaza
- Tapa de registro con base de concreto

Se incluye mano de obra y punta de pararrayos marca Franklin Electric

Precio: Q.47,500.00

Arq. Edgar Morales  
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN (DISYCO)

PROPUESTA NO.2: POZO A TIERRA



09 DE OCTUBRE DE 2014

| CÓDIGO  | DESCRIPCIÓN  | COSTO        |
|---------|--|--------------|
| PT-0435 | UN POZO A TIERRA DE 5 OHMIOS EN UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR, Z16 GUATEMALA. LA PROFUNDIDAD ES DE 3.5M Y EL ANCHO DEL POZO DE 1M. | Q. 39,500.00 |
|         | EL PRECIO INCLUYE MATERIALES: SAL, BENTONITA, TIERRA, CEMENTO, BARILLAS DE COBRE Y MANO DE OBRA                                  |              |
| PR-3033 | UNA PUNTA DE PARARRAYO FRANKLIN CON SU BASE Y POSTE. INCLUYE MANO DE OBRA POR INSTALACIÓN  | Q.12,200.00  |

SEÑOR LETONA: EL TOTAL ES DE: Q.51,700.00.

SE DEBE CANCELAR LA TOTALIDAD DEL MONTO AL MOMENTO DE REALIZAR LA ORDEN DE COMPRA

ARTURO LÓPEZ

PROPUESTA NO.3: POZO A TIERRA

**GRASAN, S.A.**  
**CARLOS GRAJEDA**  
**EDIFICIO REAL REFORMA 13-70 APTO. 9<sup>a</sup>**

10.10.14

Para nosotros es un placer ponernos a las órdenes respecto a la construcción de un pozo a tierra así como la instalación de una punta de pararrayos en la Universidad Rafael Landívar de Guatemala. A continuación se detalla el trabajo a realizar

- LUGAR A INSTALAR: Z.16 (SE ENCUENTRA DENTRO DEL PERÍMETRO DE LA CIUDAD CAPITAL)
- EL POZO SERÁ DE 5 OHMIOS POR LO QUE:
  - o LA PUNTA DE PARARRAYOS SE COTIZA UNA AMERICANA MARCA FRANKLIN ELECTRIC CON BASE
  - o SE PERFORARÁ UN POZO DE 3 METROS X 1 METRO
  - o SE UTILIZARÁN BARILLAS DE COBRE
  - o LOS MATERIALES DEL POZO SE COTIZAN CON CEMENTO, BENTONITA, SAL Y TIERRA

PRECIO EN EFECTIVO: Q.59,990.00

NOTA: ESTA COTIZACIÓN INCLUYE MANO DE OBRA POR INSTALACIÓN.

**CARLOS GRAJEDA**  
**M: +502 47379988**

## 9.6 Análisis financiero

Tabla No. 16: Cálculo costo kWh para el año 2013

| MES        | DEMANDA POR LOS EDIFICIOS TEC, "A", "B", "C", "D", "E" y "F" | TOTAL FACTURA EN QUETZALES SIN TASA MUNICIPAL | TOTAL FACTURA EN QUETZALES SIN TASA MUNICIPAL E IVA | COSTO EN QUETZALES KWH |
|------------|--|---|---|------------------------|
| ENERO      | 94943.68   | 166127.06                                     | 148327.73   | 1.56                   |
| FEBRERO    | 98287.93   | 196249.3                                      | 175222.59   | 1.78                   |
| MARZO      | 96755.69   | 194921.42                                     | 174036.98   | 1.80                   |
| ABRIL      | 117808.55  | 228586.48                                     | 204095.07   | 1.73                   |
| MAYO       | 108816.3   | 203030.92                                     | 181277.61   | 1.67                   |
| JUNIO      | 105751.96  | 183686.1                                      | 164005.45   | 1.55                   |
| JULIO      | 98536.49   | 158611.43                                     | 141617.35   | 1.44                   |
| AGOSTO     | 109169.28  | 175808.4                                      | 156971.79   | 1.44                   |
| SEPTIEMBRE | 114059.47  | 128623.87                                     | 114842.74   | 1.01                   |
| OCTUBRE    | 128269.12  | 179905.11                                     | 160629.56   | 1.25                   |
| NOVIEMBRE  | 112941.13  | 154156.91                                     | 137640.10   | 1.22                   |
| DICIEMBRE  | 74804.53   | 106666.63                                     | 95238.06  | 1.27                   |

Fuente: Datos proporcionados por Dirección de Infraestructura y Servicios Generales de URL. (2014)



Tabla No.17: Comparación del kWh a través del tiempo

| MES            | AÑO  |      |      |      |
|----------------|------|------|------|------|
|                | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
| ENERO          | 1.59 | 1.41 | 1.53 | 1.56 |
| FEBRERO        | 1.54 | 1.60 | 1.72 | 1.78 |
| MARZO          | 1.51 | 1.54 | 1.80 | 1.80 |
| ABRIL          | 1.50 | 1.76 | 1.85 | 1.73 |
| MAYO           | 1.41 | 2.02 | 1.93 | 1.67 |
| JUNIO          | 1.35 | 1.88 | 1.70 | 1.55 |
| JULIO          | 1.26 | 1.40 | 1.57 | 1.44 |
| AGOSTO         | 1.15 | 1.52 | 1.61 | 1.44 |
| SEPTIEMBRE     | 1.14 | 1.39 | 1.63 | 1.01 |
| OCTUBRE        | 1.13 | 1.23 | 1.77 | 1.25 |
| NOVIEMBRE      | 1.24 | 1.48 | 1.87 | 1.22 |
| DICIEMBRE      | 1.32 | 1.66 | 1.68 | 1.27 |
| PROMEDIO ANUAL | 1.34 | 1.58 | 1.72 | 1.48 |

Fuente: Datos proporcionados por Dirección de Infraestructura y Servicios Generales de URL. (2014)

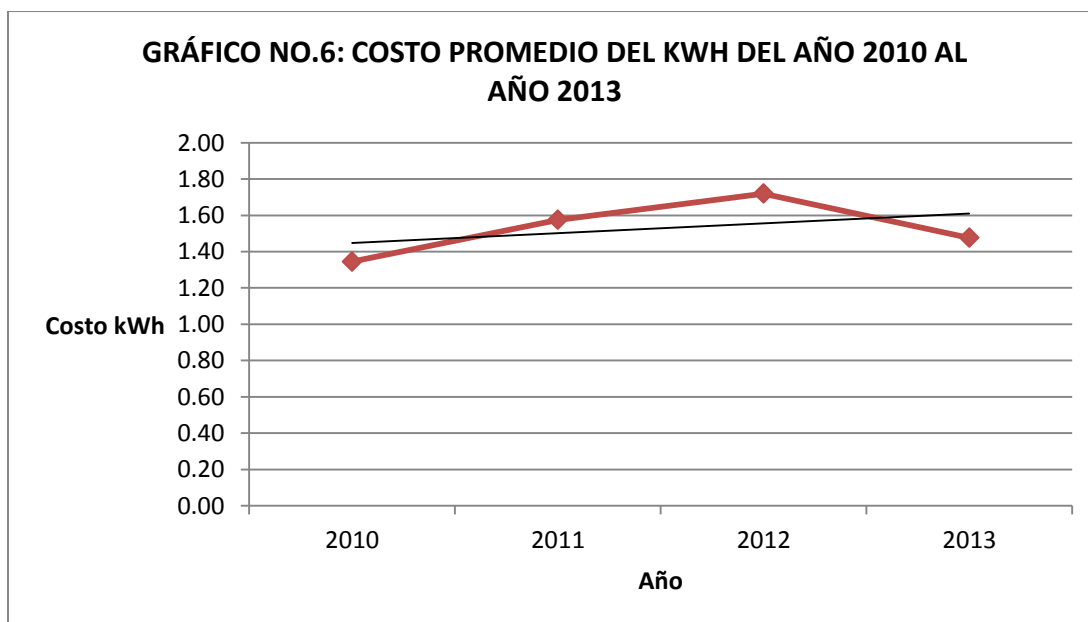


Tabla No.18: Factor de rendimiento del sistema fotovoltaico según escenario a evaluar

| ESCENARIO              | FR  | kWp   |
|------------------------|-----|-------|
| Escenario Pesimista    | 60% | 700.5 |
| Escenario mas esperado | 87% | 700.5 |
| Escenario optimista    | 95% | 700.5 |

Tabla No.19: Escenario pesimista

| MES        | HSP   | ENERGÍA CONSUMIDA DE LA RED POR LOS EDIFICIOS TEC, A", "B", "C", "D", "E" y "F" EN KWH | ENERGÍA PRODUCIDA POR LOS PANELES EN KWH |
|------------|-------|--|--|
| ENERO      | 6.026 | 94943.68   | 78514.56                                 |
| FEBRERO    | 6.517 | 98287.93   | 76694.66                                 |
| MARZO      | 6.823 | 96755.69   | 88898.91                                 |
| ABRIL      | 6.419 | 117808.55  | 80937.17                                 |
| MAYO       | 5.504 | 108816.3   | 71713.27                                 |
| JUNIO      | 4.919 | 105751.96  | 62023.67                                 |
| JULIO      | 4.999 | 98536.49   | 65133.47                                 |
| AGOSTO     | 5.198 | 109169.28  | 67726.30                                 |
| SEPTIEMBRE | 5.058 | 114059.47  | 63776.32                                 |
| OCTUBRE    | 5.295 | 128269.12  | 68990.14                                 |
| NOVIEMBRE  | 5.565 | 112941.13  | 70169.09                                 |
| DICIEMBRE  | 5.665 | 74804.53   | 73810.98                                 |

Fuente: Datos proporcionados por Dirección de Infraestructura y Servicios Generales de URL. (2014)

Tabla No.19: Continuación escenario pesimista

| MES        | CREDITO BRINDADO POR COMEGSA (3 MESES) | ENERGÍA PRODUCIDA POR LOS PANELES MAS ENERGÍA UTILIZADA DEL CRÉDITO COMEGSA EN KWH | COSTO KWH CONTRATADO | COSTO EN QUETZALES ENERGÍA CONSUMIDA DE LA RED POR LOS EDIFICIOS TEC, "A", "B", "C", "D", "E" y "F" |
|------------|--|--|----------------------|---|
| ENERO      | -                                      | -  | 1.56                 | 148,327.73  |
| FEBRERO    | -                                      | -  | 1.78                 | 175,222.59  |
| MARZO      | -                                      | -  | 1.80                 | 174,036.98  |
| ABRIL      | -                                      | -  | 1.73                 | 204,095.07  |
| MAYO       | -                                      | -  | 1.67                 | 181,277.61  |
| JUNIO      | -                                      | -  | 1.55                 | 164,005.45  |
| JULIO      | -                                      | -  | 1.44                 | 141,617.35  |
| AGOSTO     | -                                      | -  | 1.44                 | 156,971.79  |
| SEPTIEMBRE | -                                      | -  | 1.01                 | 114,842.74  |
| OCTUBRE    | -                                      | -  | 1.25                 | 160,629.56  |
| NOVIEMBRE  | -                                      | -  | 1.22                 | 137,640.10  |
| DICIEMBRE  | -                                      | -  | 1.27                 | 95,238.06   |

Fuente: Datos proporcionados por Dirección de Infraestructura y Servicios Generales de URL. (2014)

Tabla No.19: Continuación escenario pesimista

| MES        | MONTO AHORRADO EN QUETZALES POR LA ENERGÍA GENERADA POR LOS MODULOS FOTOVOLTAICOS DE LOS EDIFICIOS TEC "A", "B", "C", "D", "E" y "F" | MONTO A PAGAR SIN TASA MUNICIPAL EN QUETZALES | COSTO TASA MUNICIPAL (13%) EN QUETZALES |
|------------|--|---|---|
| ENERO      | 122,661.00   | 25,666.73                                     | 3336.67                                 |
| FEBRERO    | 136,727.24   | 38,495.35                                     | 5004.40                                 |
| MARZO      | 159,904.79   | 14,132.19                                     | 1837.18                                 |
| ABRIL      | 140,217.99   | 63,877.08                                     | 8304.02                                 |
| MAYO       | 119,467.48   | 61,810.12                                     | 8035.32                                 |
| JUNIO      | 96,189.42  | 67,816.02                                     | 8816.08                                 |
| JULIO      | 93,610.29  | 48,007.06                                     | 6240.92                                 |
| AGOSTO     | 97,381.96  | 59,589.83                                     | 7746.68                                 |
| SEPTIEMBRE | 64,214.29  | 50,628.45                                     | 6581.70                                 |
| OCTUBRE    | 86,395.36  | 74,234.20                                     | 9650.45                                 |
| NOVIEMBRE  | 85,514.28  | 52,125.82                                     | 6776.36                                 |
| DICIEMBRE  | 93,973.12  | 1,264.94                                      | 164.44                                  |

Tabla No.19: Continuación escenario pesimista

| MES        | TOTAL A PAGAR CON TASA MUNICIPAL EN QUETZALES | TOTAL AHORRADO EN QUETZALES |
|------------|---|-----------------------------|
| ENERO      | 29,003.41                                     | 119,324.33                  |
| FEBRERO    | 43,499.74                                     | 131,722.84                  |
| MARZO      | 15,969.37                                     | 158,067.61                  |
| ABRIL      | 72,181.11                                     | 131,913.97                  |
| MAYO       | 69,845.44                                     | 111,432.17                  |
| JUNIO      | 76,632.11                                     | 87,373.34                   |
| JULIO      | 54,247.98                                     | 87,369.37                   |
| AGOSTO     | 67,336.50                                     | 89,635.28                   |
| SEPTIEMBRE | 57,210.15                                     | 57,632.59                   |
| OCTUBRE    | 83,884.65                                     | 76,744.91                   |
| NOVIEMBRE  | 58,902.17                                     | 78,737.93                   |
| DICIEMBRE  | 1,429.38                                      | 93,808.68                   |

Tabla No.20: Escenario más esperado

| MES        | HSP   | ENERGÍA CONSUMIDA DE LA RED<br>POR LOS EDIFICIOS TEC, "A", "B",<br>"C", "D", "E" y "F" EN KWH | ENERGÍA<br>PRODUCIDA POR<br>LOS PANELES EN<br>KWH |
|------------|-------|---|---|
| ENERO      | 6.026 | 94943.68  | 113846.11   |
| FEBRERO    | 6.517 | 98287.93  | 111207.26   |
| MARZO      | 6.823 | 96755.69  | 128903.43   |
| ABRIL      | 6.419 | 117808.55   | 117358.90   |
| MAYO       | 5.504 | 108816.3  | 103984.24   |
| JUNIO      | 4.919 | 105751.96   | 89934.32  |
| JULIO      | 4.999 | 98536.49  | 94443.53  |
| AGOSTO     | 5.198 | 109169.28   | 98203.14  |
| SEPTIEMBRE | 5.058 | 114059.47   | 92475.67  |
| OCTUBRE    | 5.295 | 128269.12   | 100035.71   |
| NOVIEMBRE  | 5.565 | 112941.13   | 101745.17   |
| DICIEMBRE  | 5.665 | 74804.53  | 107025.93   |

Fuente: Datos proporcionados por Dirección de Infraestructura y Servicios Generales de URL. (2014)

Tabla No.20: Continuación escenario más esperado

| MES        | CREDITO BRINDADO POR COMEGSA (3 MESES) EN KWH | ENERGÍA PRODUCIDA POR LOS PANELES MAS ENERGÍA UTILIZADA DEL CRÉDITO COMEGSA EN KWH | COSTO KWH CONTRATADO | COSTO EN QUETZALES ENERGÍA CONSUMIDA DE LA RED POR LOS EDIFICIOS TEC "A", "B", "C", "D", "E" y "F" |
|------------|---|--|----------------------|--|
| ENERO      | 18902.43                                      | -  | 1.56                 | 148,327.73   |
| FEBRERO    | 31821.77                                      | -  | 1.78                 | 175,222.59   |
| MARZO      | 63969.50                                      | -  | 1.80                 | 174,036.98   |
| ABRIL      | 44617.42                                      | 117808.55  | 1.73                 | 204,095.07   |
| MAYO       | 7963.59                                       | 108816.30  | 1.67                 | 181,277.61   |
| JUNIO      | 0.00  | -  | 1.55                 | 164,005.45   |
| JULIO      |   | -  | 1.44                 | 141,617.35   |
| AGOSTO     | -   | -  | 1.44                 | 156,971.79   |
| SEPTIEMBRE | -   | -  | 1.01                 | 114,842.74   |
| OCTUBRE    | -   | -  | 1.25                 | 160,629.56   |
| NOVIEMBRE  | -   | -  | 1.22                 | 137,640.10   |
| DICIEMBRE  | -   | -  | 1.27                 | 95,238.06  |

Fuente: Datos proporcionados por Dirección de Infraestructura y Servicios Generales de URL. (2014)

Tabla No.20: Continuación escenario más esperado

| MES        | MONTO AHORRADO EN QUETZALES POR LA ENERGÍA GENERADA POR LOS MODULOS FOTOVOLTAICOS DE LOS EDIFICIOS TEC "A", "B", "C", "D", "E" y "F" | MONTO A PAGAR SIN TASA MUNICIPAL EN QUETZALES | COSTO TASA MUNICIPAL (13%) EN QUETZALES |
|------------|--|---|---|
| ENERO      | 177,858.45   | -   | -                                       |
| FEBRERO    | 198,254.50   | -   | -                                       |
| MARZO      | 231,861.95   | -   | -                                       |
| ABRIL      | 204,095.07   | -   | -                                       |
| MAYO       | 181,277.61   | -   | -                                       |
| JUNIO      | 139,474.66   | 24,530.79                                     | 3189.00                                 |
| JULIO      | 135,734.92   | 5,882.43                                      | 764.72                                  |
| AGOSTO     | 141,203.84   | 15,767.94                                     | 2049.83                                 |
| SEPTIEMBRE | 93,110.72  | 21,732.02                                     | 2825.16                                 |
| OCTUBRE    | 125,273.27   | 35,356.29                                     | 4596.32                                 |
| NOVIEMBRE  | 123,995.71   | 13,644.39                                     | 1773.77                                 |
| DICIEMBRE  | 136,261.03   | -   | -                                       |

Tabla No.20: Continuación escenario más esperado

| MES        | TOTAL A PAGAR CON TASA MUNICIPAL EN QUETZALES | TOTAL AHORRADO EN QUETZALES |
|------------|---|-----------------------------|
| ENERO      | -   | 148,327.73                  |
| FEBRERO    | -   | 175,222.59                  |
| MARZO      | -   | 174,036.98                  |
| ABRIL      | -   | 204,095.07                  |
| MAYO       | -   | 181,277.61                  |
| JUNIO      | 27719.79                                      | 136,285.66                  |
| JULIO      | 6647.14                                       | 134,970.20                  |
| AGOSTO     | 17817.78                                      | 139,154.01                  |
| SEPTIEMBRE | 24557.19                                      | 90,285.55                   |
| OCTUBRE    | 39952.61                                      | 120,676.95                  |
| NOVIEMBRE  | 15418.16                                      | 122,221.94                  |
| DICIEMBRE  | -   | 95,238.06                   |

Tabla No.21: Escenario óptimo

| MES        | HSP   | ENERGÍA CONSUMIDA DE LA RED<br>POR LOS EDIFICIOS TEC "A", "B",<br>"C", "D", "E" y "F" EN KWH | ENERGÍA<br>PRODUCIDA POR<br>LOS PANELES EN<br>KWH |
|------------|-------|--|---|
| ENERO      | 6.026 | 94943.68   | 124314.72   |
| FEBRERO    | 6.517 | 98287.93   | 134443.92   |
| MARZO      | 6.823 | 96755.69   | 140756.61   |
| ABRIL      | 6.419 | 117808.55  | 132422.20   |
| MAYO       | 5.504 | 108816.3   | 113546.01   |
| JUNIO      | 4.919 | 105751.96  | 101477.62   |
| JULIO      | 4.999 | 98536.49   | 103128.00   |
| AGOSTO     | 5.198 | 109169.28  | 107233.31   |
| SEPTIEMBRE | 5.058 | 114059.47  | 104345.15   |
| OCTUBRE    | 5.295 | 128269.12  | 109234.39   |
| NOVIEMBRE  | 5.565 | 112941.13  | 114804.42   |
| DICIEMBRE  | 5.665 | 74804.53   | 116867.39   |

Fuente: Datos proporcionados por Dirección de Infraestructura y Servicios Generales de URL. (2014)



Tabla No.21: Continuación escenario óptimo

| MES        | CREDITO BRINDADO POR COMEGSA (3 MESES) EN KWH | ENERGÍA PRODUCIDA POR LOS PANELES MAS ENERGÍA UTILIZADA DEL CRÉDITO COMEGSA EN KWH | COSTO KWH CONTRATADO | COSTO EN QUETZALES ENERGÍA CONSUMIDA DE LA RED POR EDIFICIOS TEC "A", "B", "C", "D", "E" y "F" |
|------------|---|--|----------------------|--|
| ENERO      | 29371.04                                      | -  | 1.56                 | 148,327.73   |
| FEBRERO    | 65527.03                                      | -  | 1.78                 | 175,222.59   |
| MARZO      | 109527.95                                     | -  | 1.80                 | 174,036.98   |
| ABRIL      | 80156.91                                      | -  | 1.73                 | 204,095.07   |
| MAYO       | 14629.88                                      | -  | 1.67                 | 181,277.61   |
| JUNIO      | -   | 105751.96  | 1.55                 | 164,005.45   |
| JULIO      | 4591.51                                       | -  | 1.44                 | 141,617.35   |
| AGOSTO     | 2655.54                                       | 109169.28  | 1.44                 | 156,971.79   |
| SEPTIEMBRE | -   | 107000.68  | 1.01                 | 114,842.74   |
| OCTUBRE    | -   | -  | 1.25                 | 160,629.56   |
| NOVIEMBRE  | 1863.29                                       | -  | 1.22                 | 137,640.10   |
| DICIEMBRE  | 43926.15                                      | -  | 1.27                 | 95,238.06  |

Fuente: Datos proporcionados por Dirección de Infraestructura y Servicios Generales de URL. (2014)

Tabla No.21: Continuación escenario óptimo

| MES        | MONTO AHORRADO EN QUETZALES POR LA ENERGÍA GENERADA POR LOS MODULOS FOTOVOLTAICOS DE LOS EDIFICIOS TEC "A", "B", "C", "D", "E" Y "F" | MONTO A PAGAR SIN TASA MUNICIPAL EN QUETZALES | COSTO TASA MUNICIPAL (13%) EN QUETZALES |
|------------|--|---|---|
| ENERO      | 194,213.25   | -   | -                                       |
| FEBRERO    | 239,679.60   | -   | -                                       |
| MARZO      | 253,182.59   | -   | -                                       |
| ABRIL      | 229,412.21   | -   | -                                       |
| MAYO       | 189,156.85   | -   | -                                       |
| JUNIO      | 164,005.45   | -   | -                                       |
| JULIO      | 148,216.29   | -   | -                                       |
| AGOSTO     | 156,971.79   | -   | -                                       |
| SEPTIEMBRE | 107,735.48   | 7,107.26                                      | 923.94                                  |
| OCTUBRE    | 136,792.65   | 23,836.91                                     | 3098.80                                 |
| NOVIEMBRE  | 139,910.87   | -   | -                                       |
| DICIEMBRE  | 148,790.78   | -   | -                                       |

Tabla No.21: Continuación escenario óptimo

| MES        | TOTAL A PAGAR CON TASA MUNICIPAL EN QUETZALES | TOTAL AHORRADO EN QUETZALES |
|------------|---|-----------------------------|
| ENERO      | -   | 148,327.73                  |
| FEBRERO    | -   | 175,222.59                  |
| MARZO      | -   | 174,036.98                  |
| ABRIL      | -   | 204,095.07                  |
| MAYO       | -   | 181,277.61                  |
| JUNIO      | -   | 164,005.45                  |
| JULIO      | -   | 141,617.35                  |
| AGOSTO     | -   | 156,971.79                  |
| SEPTIEMBRE | 8031.20                                       | 106,811.54                  |
| OCTUBRE    | 26935.71                                      | 133,693.85                  |
| NOVIEMBRE  | -   | 137,640.10                  |
| DICIEMBRE  | -   | 95,238.06                   |

Tabla No.22: Costo de mantenimiento anual del sistema fotovoltaico

| ESCENARIO    | COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL |
|--------------|------------------------------|
| PESIMISTA    | Q.10000.00                   |
| MAS ESPERADO | Q.10000.00                   |
| OPTIMISTA    | Q.10000.00                   |

**Inversión inicial = Costo equipo fotovoltaico + costo techo parqueo + costo pozo a tierra**

$$\text{Inversión inicial} = \text{Q.11,208,000.00} + \text{Q.208,000.00} + \text{Q.47,500.00} = \text{Q.11,463,500.00}$$

Tabla No.23: Beneficio antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones

|       |                        | ESCENARIO PESIMISTA | ESCENARIO MAS ESPERADO | ESCENARIO ÓPTIMO    |
|-------|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|
| AÑO 0 | INVERSIÓN INICIAL      | 11,463,500.00       |                        |                     |
| AÑO 1 | TOTAL INGRESOS ANUALES | 1,223,763.01        | 1,721,792.36           | 1,818,938.11        |
|       | TOTAL COSTOS ANUALES   | 10,000.00           | 10,000.00              | 10,000.00           |
|       | <b>EBITDA ANUAL</b>    | <b>1,213,763.01</b> | <b>1,711,792.36</b>    | <b>1,808,938.11</b> |
| AÑO 2 | TOTAL INGRESOS ANUALES | 1,346,139.31        | 1,893,971.60           | 2,000,831.92        |
|       | TOTAL COSTOS ANUALES   | 11,000.00           | 11,000.00              | 11,000.00           |
|       | <b>EBITDA ANUAL</b>    | <b>1,335,139.31</b> | <b>1,882,971.60</b>    | <b>1,989,831.92</b> |
| AÑO 3 | TOTAL INGRESOS ANUALES | 1,480,753.25        | 2,083,368.76           | 2,200,915.12        |
|       | TOTAL COSTOS ANUALES   | 12,100.00           | 12,100.00              | 12,100.00           |
|       | <b>EBITDA ANUAL</b>    | <b>1,468,653.25</b> | <b>2,071,268.76</b>    | <b>2,188,815.12</b> |
| AÑO 4 | TOTAL INGRESOS ANUALES | 1,628,828.57        | 2,291,705.64           | 2,421,006.63        |
|       | TOTAL COSTOS ANUALES   | 13,310.00           | 13,310.00              | 13,310.00           |
|       | <b>EBITDA ANUAL</b>    | <b>1,615,518.57</b> | <b>2,278,395.64</b>    | <b>2,407,696.63</b> |
| AÑO 5 | TOTAL INGRESOS ANUALES | 1,791,711.43        | 2,520,876.20           | 2,663,107.29        |
|       | TOTAL COSTOS ANUALES   | 14,641.00           | 14,641.00              | 14,641.00           |
|       | <b>EBITDA ANUAL</b>    | <b>1,777,070.43</b> | <b>2,506,235.20</b>    | <b>2,648,466.29</b> |

Tabla No.23: Continuación beneficio antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones

|        |                        |                     |                     |                     |
|--------|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| AÑO 6  | TOTAL INGRESOS ANUALES | 1,970,882.57        | 2,772,963.82        | 2,929,418.02        |
|        | TOTAL COSTOS ANUALES   | 16,105.10           | 16,105.10           | 16,105.10           |
|        | <b>EBITDA ANUAL</b>    | <b>1,954,777.47</b> | <b>2,756,858.72</b> | <b>2,913,312.92</b> |
| AÑO 7  | TOTAL INGRESOS ANUALES | 2,167,970.83        | 3,050,260.20        | 3,222,359.82        |
|        | TOTAL COSTOS ANUALES   | 17,715.61           | 17,715.61           | 17,715.61           |
|        | <b>EBITDA ANUAL</b>    | <b>2,150,255.22</b> | <b>3,032,544.59</b> | <b>3,204,644.21</b> |
| AÑO 8  | TOTAL INGRESOS ANUALES | 2,384,767.91        | 3,355,286.22        | 3,544,595.80        |
|        | TOTAL COSTOS ANUALES   | 19,487.17           | 19,487.17           | 19,487.17           |
|        | <b>EBITDA ANUAL</b>    | <b>2,365,280.74</b> | <b>3,335,799.05</b> | <b>3,525,108.63</b> |
| AÑO 9  | TOTAL INGRESOS ANUALES | 2,623,244.70        | 3,690,814.84        | 3,899,055.39        |
|        | TOTAL COSTOS ANUALES   | 21,435.89           | 21,435.89           | 21,435.89           |
|        | <b>EBITDA ANUAL</b>    | <b>2,601,808.81</b> | <b>3,669,378.96</b> | <b>3,877,619.50</b> |
| AÑO 10 | TOTAL INGRESOS ANUALES | 2,885,569.17        | 4,059,896.33        | 4,288,960.92        |
|        | TOTAL COSTOS ANUALES   | 23,579.48           | 23,579.48           | 23,579.48           |
|        | <b>EBITDA ANUAL</b>    | <b>2,861,989.69</b> | <b>4,036,316.85</b> | <b>4,265,381.45</b> |

Tabla No.5: Indicadores financieros del proyecto

|  | ESCENARIO PESIMISTA | ESCENARIO MAS ESPERADO | ESCENARIO ÓPTIMO    |
|--|---------------------|------------------------|---------------------|
| AÑO 0 (INVERSIÓN INICIAL EN QUETZALES) | -11,463,500.00      | -11,463,500.00         | -11,463,500.00      |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 1            | 1,213,763.01        | 1,711,792.36           | 1,808,938.11        |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 2            | 1,335,139.31        | 1,882,971.60           | 1,989,831.92        |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 3            | 1,468,653.25        | 2,071,268.76           | 2,188,815.12        |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 4            | 1,615,518.57        | 2,278,395.64           | 2,407,696.63        |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 5            | 1,777,070.43        | 2,506,235.20           | 2,648,466.29        |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 6            | 1,954,777.47        | 2,756,858.72           | 2,913,312.92        |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 7            | 2,150,255.22        | 3,032,544.59           | 3,204,644.21        |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 8            | 2,365,280.74        | 3,335,799.05           | 3,525,108.63        |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 9            | 2,601,808.81        | 3,669,378.96           | 3,877,619.50        |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 10           | 2,861,989.69        | 4,036,316.85           | 4,265,381.45        |
| <b>TASA INTERNA RETORNO (TIR)</b>      | <b>9.24%</b>        | <b>16.58%</b>          | <b>17.88%</b>       |
| <b>VALOR ACTUAL NETO (VAN)</b>         | <b>759,373.76</b>   | <b>5,774,644.29</b>    | <b>6,752,924.42</b> |

Tabla No.6: Tiempo retorno a la inversión escenario pesimista

| <b>ESCENARIO PESIMISTA</b>             |                |                     |  |                   |
|--|----------------|---------------------|--|-------------------|
|  | CASH FLOW      | FACTOR DE DESCUENTO | CASH FLOW CON FACTOR DE DESCUENTO APLICADO | VALOR ACTUAL      |
| AÑO 0 (INVERSIÓN INICIAL EN QUETZALES) | -11,463,500.00 | 0.08                | -11,463,500.00                             | -11,463,500.00    |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 1            | 1,213,763.01   | 0.925926            | 1,123,854.64                               | -10,339,645.36    |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 2            | 1,335,139.31   | 0.857339            | 1,144,666.76                               | -9,194,978.60     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 3            | 1,468,653.24   | 0.793832            | 1,165,864.29                               | -8,029,114.30     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 4            | 1,615,518.57   | 0.735030            | 1,187,454.37                               | -6,841,659.93     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 5            | 1,777,070.42   | 0.680583            | 1,209,444.27                               | -5,632,215.66     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 6            | 1,954,777.47   | 0.630170            | 1,231,841.39                               | -4,400,374.28     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 7            | 2,150,255.21   | 0.583490            | 1,254,653.26                               | -3,145,721.01     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 8            | 2,365,280.73   | 0.540269            | 1,277,887.58                               | -1,867,833.43     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 9            | 2,601,808.81   | 0.500249            | 1,301,552.17                               | -566,281.26       |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 10           | 2,861,989.69   | 0.463193            | 1,325,654.99                               | <b>759,373.73</b> |

$$\text{factor de descuento} = \frac{1}{(1 + \text{tasa de interés})^{(\text{cantidad de años})}}$$

$$\text{valor actual} = (\text{EBITDA}) * (\text{factor de descuento})$$

**Retorno de la inversión (escenario pesimista): 9.43 AÑOS**

Tabla No.7: Tiempo retorno a la inversión escenario más esperado

| <b>ESCENARIO MÁS ESPERADO</b>          |                |                     |  |                   |
|--|----------------|---------------------|--|-------------------|
|  | CASH FLOW      | FACTOR DE DESCUENTO | CASH FLOW CON FACTOR DE DESCUENTO APLICADO | VALOR ACTUAL      |
| AÑO 0 (INVERSIÓN INICIAL EN QUETZALES) | -11,463,500.00 | 0.08                | -11,463,500.00                             | -11,463,500.00    |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 1            | 1,711,792.36   | 0.925926            | 1,584,992.93                               | -9,878,507.07     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 2            | 1,882,971.60   | 0.857339            | 1,614,344.65                               | -8,264,162.43     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 3            | 2,071,268.76   | 0.793832            | 1,644,239.92                               | -6,619,922.51     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 4            | 2,278,395.63   | 0.735030            | 1,674,688.81                               | -4,945,233.70     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 5            | 2,506,235.19   | 0.680583            | 1,705,701.56                               | -3,239,532.14     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 6            | 2,756,858.71   | 0.630170            | 1,737,288.63                               | -1,502,243.52     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 7            | 3,032,544.59   | 0.583490            | 1,769,460.64                               | <b>267,217.12</b> |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 8            | 3,335,799.04   | 0.540269            | 1,802,228.43                               |                   |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 9            | 3,669,378.95   | 0.500249            | 1,835,603.03                               |                   |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 10           | 4,036,316.84   | 0.463193            | 1,869,595.68                               |                   |

$$\text{factor de descuento} = \frac{1}{(1 + \text{tasa de interés})^{(\text{cantidad de años})}}$$

$$\text{valor actual} = (\text{EBITDA}) * (\text{factor de descuento})$$

**Retorno de la inversión (escenario más esperado): 6.85 AÑOS**

Tabla No.8: Tiempo retorno a la inversión escenario óptimo

| <b>ESCENARIO ÓPTIMO</b>                |                |                     |  |                   |
|--|----------------|---------------------|--|-------------------|
|  | CASH FLOW      | FACTOR DE DESCUENTO | CASH FLOW CON FACTOR DE DESCUENTO APLICADO | VALOR ACTUAL      |
| AÑO 0 (INVERSIÓN INICIAL EN QUETZALES) | -11,463,500.00 | 0.08                | -11,463,500.00                             | -11,463,500.00    |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 1            | 1,808,938.11   | 0.925926            | 1,674,942.69                               | -9,788,557.31     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 2            | 1,989,831.92   | 0.857339            | 1,705,960.15                               | -8,082,597.15     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 3            | 2,188,815.11   | 0.793832            | 1,737,552.01                               | -6,345,045.15     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 4            | 2,407,696.62   | 0.735030            | 1,769,728.90                               | -4,575,316.25     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 5            | 2,648,466.29   | 0.680583            | 1,802,501.65                               | -2,772,814.60     |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 6            | 2,913,312.92   | 0.630170            | 1,835,881.31                               | -936,933.29       |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 7            | 3,204,644.21   | 0.583490            | 1,869,879.12                               | <b>932,945.83</b> |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 8            | 3,525,108.63   | 0.540269            | 1,904,506.51                               |                   |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 9            | 3,877,619.49   | 0.500249            | 1,939,775.15                               |                   |
| EBITDA (EN QUETZALES) AÑO 10           | 4,265,381.44   | 0.463193            | 1,975,696.91                               |                   |

$$\text{factor de descuento} = \frac{1}{(1 + \text{tasa de interés})^{(\text{cantidad de años})}}$$

$$\text{valor actual} = (\text{EBITDA}) * (\text{factor de descuento})$$

**Retorno de la inversión (escenario optimista): 6.50 AÑOS**



## 9.7 Resolución CNEE No. 171-2008, Artículo 37 de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica de Guatemala”

Los cálculos para el crédito que COMEGSA brindaría a los los edificios Tec, “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F” se basaron en el siguiente artículo:

Artículo 37. Lectura y crédito por energía inyectada al Sistema de Distribución por parte de Usuarios Autoprodutores con Excedentes de Energía (“Net metering”). 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, con liquidación trimestral. No obstante, en el caso de inyección, el Distribuidor cobrará el Cargo Fijo y el Cargo por Potencia que le sean aplicables a cada Usuario, según la tarifa correspondiente.

- Liquidación trimestral: el crédito que COMEGSA brindaría a los edificios TEC, “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F” de la Universidad Rafael Landivar caduca cada tres meses, trimestralmente. esto quiere decir que la energía que se acumule por exceso de producción y por ende, inyección a la red, puede ser utilizada en bloques trimestrales ya que luego de cumplirse el trimestre, el crédito caduca.
- Cargo fijo: es el monto que la empresa distribuidora de energía eléctrica cobrará se utilice o no la energía eléctrica en el lugar.
- Cargo por potencia: es el cargo que está estipulado según el pico máximo de KW que se utilicen en el lugar.

9.8 Historial de recibos extendidos por COMEGSA a Universidad Rafael Landivar por consumos de energía eléctrica, años 2010-2013.

Nota: Datos proporcionados por Dirección de Infraestructura y Servicios Generales de URL

Tabla No.24: Suministro de energía eléctrica para las instalaciones del Campus Central URL-COMEGSA  
Servicio correspondiente a los mes de enero-diciembre/2010

| No. de Factura | No. de Contador | No. de Correlativo | Fecha      | Ubicación | Energía kWh         | Líquido a Pagar       |
|----------------|-----------------|--------------------|------------|-----------|---------------------|-----------------------|
| 55878          | F-68326         | 750961             | 01/01/2010 | TEC       | 86,043.50           | Q 154,253.36          |
| 56286          | F-68326         | 750961             | 01/02/2010 | TEC       | 94,389.90           | Q 163,893.72          |
| 56785          | F-68326         | 750961             | 01/03/2010 | TEC       | 99,105.90           | Q 168,598.30          |
| 57193          | F-68326         | 750961             | 01/04/2010 | TEC       | 99,553.20           | Q 169,232.36          |
| 57749          | F-68326         | 750961             | 01/05/2010 | TEC       | 78,508.64           | Q 125,835.07          |
| 58053          | F-68326         | 750961             | 01/06/2010 | TEC       | 100,565.60          | Q 153,684.62          |
| 58459          | F-68326         | 750961             | 01/07/2010 | TEC       | 104,859.90          | Q 149,236.10          |
| 58866          | F-68326         | 750961             | 01/08/2010 | TEC       | 109,170.20          | Q 142,241.80          |
| 59272          | F-68326         | 750961             | 01/09/2010 | TEC       | 105,162.00          | Q 135,871.01          |
| 59682          | F-68326         | 750961             | 01/10/2010 | TEC       | 103,330.70          | Q 131,666.76          |
| 60204          | F-68326         | 750961             | 01/11/2010 | TEC       | 94,080.70           | Q 131,706.51          |
| 60627          | F-68326         | 750961             | 01/12/2010 | TEC       | 59,343.40           | Q 88,826.04           |
| <b>Totales</b> |                 |                    |            |           | <b>1,134,113.64</b> | <b>Q 1,715,045.65</b> |

Tabla No.25: Suministro de energía eléctrica para las instalaciones del Campus Central  
 URL-COMEGSA  
 Servicio correspondiente a los mes de enero-diciembre/2011

| No. de Factura | No. de Contador | Correlativo | Fecha      | Ubicación | Energía kWh         | Líquido a Pagar       |
|----------------|-----------------|-------------|------------|-----------|---------------------|-----------------------|
| 60925          | F-68326         | 750961      | 01/01/2011 | TEC       | 91,568.50           | Q 146,172.15          |
| 61328          | F-68326         | 750961      | 01/02/2011 | TEC       | 96,270.00           | Q 157,710.59          |
| 61740          | F-68326         | 750961      | 01/03/2011 | TEC       | 110,954.34          | Q 192,920.23          |
| 62152          | F-68326         | 750961      | 01/04/2011 | TEC       | 91,663.60           | Q 182,154.77          |
| 5513           | F-68326         | 750961      | 01/05/2011 | TEC       | 103,026.84          | Q 235,568.03          |
| 5928           | F-68326         | 750961      | 01/06/2011 | TEC       | 102,241.16          | Q 217,544.68          |
| 62560          | F-68326         | 750961      | 01/07/2011 | TEC       | 98,436.66           | Q 156,030.82          |
| 62990          | F-68326         | 750961      | 01/08/2011 | TEC       | 104,803.16          | Q 179,492.85          |
| 63419          | F-68326         | 750961      | 01/09/2011 | TEC       | 105,045.92          | Q 164,855.51          |
| 63987          | F-68326         | 750961      | 01/10/2011 | TEC       | 105,377.30          | Q 146,982.06          |
| 64448          | F-68326         | 750961      | 01/11/2011 | TEC       | 100,766.54          | Q 168,946.72          |
| 64734          | F-68326         | 750961      | 01/12/2011 | TEC       | 62,525.68           | Q 117,183.55          |
| <b>Totales</b> |                 |             |            |           | <b>1,172,679.70</b> | <b>Q 2,065,561.96</b> |

Tabla No.26: Suministro de energía eléctrica para las instalaciones del Campus Central  
 URL-COMEGSA  
 Servicio correspondiente a los mes de enero-diciembre/2012

| No. de Factura | No. de Contador | Correlativo | Fecha      | Ubicación | Energía kWh         | Líquido a Pagar           |
|----------------|-----------------|-------------|------------|-----------|---------------------|---------------------------|
| 65154          | F-68326         | 750961      | 31/01/2012 | TEC       | 91,565.46           | Q<br>157,887.93           |
| 65577          | F-68326         | 750961      | 29/02/2012 | TEC       | 104,947.22          | Q<br>203,805.97           |
| 66145          | F-68326         | 750961      | 31/03/2012 | TEC       | 108,236.24          | Q<br>220,606.40           |
| 66637          | F-68326         | 750961      | 30/04/2012 | TEC       | 91,671.02           | Q<br>191,439.62           |
| 67070          | F-68326         | 750961      | 31/05/2012 | TEC       | 104,944.14          | Q<br>228,879.47           |
| 67497          | F-68326         | 750961      | 31/06/2012 | TEC       | 104,853.56          | Q<br>201,141.53           |
| 67919          | F-68326         | 750961      | 01/07/2012 | TEC       | 105,628.88          | Q<br>187,357.62           |
| 68338          | F-68326         | 750961      | 31/08/2012 | TEC       | 107,181.99          | Q<br>194,847.35           |
| 68761          | F-68326         | 750961      | 31/09/2012 | TEC       | 109,491.96          | Q<br>201,164.69           |
| 1              | F-68326         | 750961      | 30/10/2012 | TEC       | 117,259.60          | Q<br>234,115.39           |
| 419            | F-68766         | 750961      | 01/11/2012 | TEC       | 101,959.60          | Q<br>215,109.71           |
| 841            | F-68766         | 750961      | 01/12/2012 | TEC       | 64,989.66           | Q<br>123,078.09           |
| <b>Totales</b> |                 |             |            |           | <b>1,212,729.33</b> | <b>Q<br/>2,359,433.77</b> |

Tabla No.27: Suministro de energía eléctrica para las instalaciones del Campus Central  
 URL-COMEGSA  
 Servicio correspondiente a los mes de enero-diciembre/2013

| No. de Factura | No. de Contador | Correlativo | Fecha      | Ubicación | Energía KWh         | Tasa de Cambio | Líquido a Pagar       |
|----------------|-----------------|-------------|------------|-----------|---------------------|----------------|-----------------------|
| 1257           | F-68766         | 750961      | 01/01/2013 | TEC       | 94,943.68           | Q 7.81789      | Q 167,610.32          |
| 1669           | F-68766         | 750961      | 01/02/2013 | TEC       | 98,287.93           | Q 7.84107      | Q 198,001.53          |
| 2085           | F-68766         | 750961      | 01/03/2013 | TEC       | 96,755.69           | Q 7.77201      | Q 196,661.77          |
| 2494           | F-68766         | 750961      | 01/04/2013 | TEC       | 117,808.55          | Q 7.78443      | Q 230,627.44          |
| 2905           | F-68766         | 750961      | 01/05/2013 | TEC       | 108,816.30          | Q 7.79455      | Q 204,843.73          |
| 3270           | F-68766         | 750961      | 01/06/2013 | TEC       | 105,751.96          | Q 7.83298      | Q 185,326.19          |
| 3639           | F-68766         | 750961      | 01/07/2013 | TEC       | 98,536.49           | Q 7.83953      | Q 160,027.62          |
| 3989           | F-68766         | 750961      | 01/08/2013 | TEC       | 109,169.28          | Q 7.96343      | Q 177,378.16          |
| 4338           | F-68766         | 750961      | 01/09/2013 | TEC       | 114,059.47          | Q 7.94484      | Q 129,772.29          |
| 4685           | F-68766         | 750961      | 01/10/2013 | TEC       | 128,269.12          | Q 7.92268      | Q 181,511.37          |
| 5036           | F-68766         | 750961      | 01/11/2013 | TEC       | 112,941.13          | Q 7.90052      | Q 155,533.28          |
| 5389           | F-68766         | 750961      | 01/12/2013 | TEC       | 74,804.53           | Q 7.84137      | Q 107,619.03          |
| <b>Totales</b> |                 |             |            |           | <b>1,260,144.13</b> | <b>Q 7.80</b>  | <b>Q 2,094,912.73</b> |

## 9.9 Ubicación geográfica y datos generales y técnicos de la Hidroeléctrica Poza Verde

Tabla No.28: Datos generales y técnicos de la Hidroeléctrica Poza Verde

| <b>FICHA DE PRESA</b>            |                                |
|----------------------------------|--------------------------------|
| <b>DATOS GENERALES</b>           |                                |
| Presa                            | Hidroeléctrica Poza Verde      |
| Entidad propietaria              | Papeles Elaborados, S.A.       |
| Clasificación de la presa        | Baja consecuencia              |
| Ubicación – Departamento         | Santa Rosa                     |
| Ubicación – Municipio            | Barberena y Pueblo Nuevo Viñas |
| Coordenada geográfica – latitud  | 14°18'59.00"N                  |
| Coordenada geografica – longitud | 90°27'49.00"O                  |
| UTM -HUSO                        | 15 P                           |
| Coordenada UTM (m) -Este         | 773606.7                       |
| Coordenada UTM (m) -Norte        | 1584216.04                     |
| <b>INFORMACIÓN PARA CONTACTO</b> |                                |
| Dirección oficinas centrales     | 20 calle 17-75 zona 10         |
| Teléfono oficinas centrales      | 23834343                       |
|                                  |                                |

| <b>INFORMACIÓN TÉCNICA</b>                   |   |
|--|---|
| Caída bruta (m)                              | 130   |
| Crecida centenaria (m <sup>3</sup> /s)       | 650   |
| Crecida milenaria (m <sup>3</sup> /s)        | 1230  |
| Caudal a turbinar (m <sup>3</sup> /s)        | 10.5  |
| Tipo de turbina                              | Francis eje vertical con biela de seguridad |
| Potencia total placa (MW)                    | 12.510                                      |
| Potencia efectiva (MW)                       | 10.148                                      |
| Fecha de entrada a operación                 | junio de 2005                               |
| Tipo de presa                                | Concreto estructural – arcos múltiples      |
| Uso de la presa/embalse                      | Embalse regulación diaria                   |
| Altura de presa (m)                          | 18  |
| Volumen almacenado de agua (m <sup>3</sup> ) | 760000                                      |
| Altitud de la corona (msnm)                  | 868   |
| Altitud de río aguas abajo (msnm)            | 853   |
| Longitud de corona (m)                       | 10.45                                       |
|  |   |

| <b>CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD DE PRESAS</b>  |             |
|---|-------------|
| Libro de bitácora   | Instalado   |
| Última fiscalización  | 2013        |
| Estado del MOMV   | Aprobado    |
| Última actualización aprobada del MOMV  | 2014        |
| Estado del PPE  | Aprobado    |
| Última actualización aprobada del PPE   | 2014        |
| Estado del ESP  | Aprobado    |
| Fecha del próximo ESP   | 2018        |
| Fecha de última actualización de datos  | Agosto 2014 |
| <p>Pendiente: significa que la entidad propietaria de la presa no ha realizado la entrega del documento a la CNEE.</p> <p>En revisión: significa que actualmente el documento está siendo analizado por la CNEE para su aprobación.</p> <p>Aprobado: significa que el documento fue aprobado por la CNEE.</p> <p>“En tiempo”: significa que la entidad aun se encuentra en plazo para entregar el informe del Examen de Seguridad de Presas</p> <p>ESP: Examen de Seguridad de Presas</p> <p>MOMV: Manual de Operación, Mantenimiento y Vigilancia</p> <p>PPE: Plan de Preparación ante Emergencias</p> |             |

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica. (2014)



Imagen No.23: Disposición física de la Hidroeléctrica Poza Verde



Imagen obtenida: Comisión Nacional de Energía Eléctrica. (2014)

## 9.10 Glosario

- **Aguas termales:** se llaman aguas termales a las aguas minerales que salen del suelo con más de 5°C que la temperatura superficial. (Ciencias médicas, 2014)
- **Alexandre-Edmond Becquerel:** considerado el descubridor del efecto fotovoltaico, Alexandre-Edmond se interesó por el estudio de la luz y realizó notables aportaciones al conocimiento del efecto fotoeléctrico y las características espectroscópicas de la luz solar. (Eléctrica, 2014)
- **Atmósfera terrestre:** es la parte gaseosa de la Tierra, siendo por esto la capa más externa y menos densa del planeta. Está constituida por varios gases que varían en cantidad según la presión a diversas alturas (Word Reference, 2014)
- **Biocombustible:** biocombustible es el término que se aplica para cualquier tipo de combustible que derive de la biomasa. (Natural Energy, 2014)
- **Biomasa:** organismos recientemente vivos o sus derivados metabólicos. (Natural Energy, 2014).
- **Calor:** se define como la transferencia de energía térmica que se da entre diferentes cuerpos o diferentes zonas de un mismo cuerpo que se encuentran a distintas temperaturas. (Word Reference, 2014)
- **Campo magnético:** se trata de un campo que ejerce fuerzas (denominadas magnéticas) sobre los materiales. Al igual que el campo eléctrico también es un campo vectorial, pero que no produce ningún efecto sobre cargas en reposo. (Física práctica, 2013)
- **Cauce:** lecho por donde corre un arroyo o río. (Word Reference, 2014)

- **Convección:** propagación del calor en fluidos y líquidos por el movimiento de sus partículas producido por las diferencias de densidad. (Word Reference, 2014)
- **Corteza terrestre:** es la capa de rocas externa de la Tierra, situada en la parte superficial y en contacto directo con los seres vivos. (Word Reference, 2014)
- **Corriente alterna:** “la corriente alterna se considera como un flujo de electrones que cambia de dirección y de intensidad; cada cambio de dirección recibe el nombre de alternancia... y la combinación de dos alternancias representa un ciclo eléctrico”. (Zetina, 2004)
- **Corriente directa:** “la corriente directa representa un flujo electrónico que se desplaza en los circuitos invariablemente en una sola dirección” (Zetina, Zetina, 2004)
- **Dióxido de carbono:** “el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es un gas incoloro, denso y poco reactivo. Forma parte de la composición de la tropósfera, capa de la atmósfera más próxima a la Tierra” (Liliana Braga, 2014)
- **Efecto invernadero:** “se denomina efecto invernadero al fenómeno por el cual determinados gases, que son componentes de la atmósfera planetaria, retienen parte de la energía que el suelo emite por haber sido calentado por la radiación solar”. (CIIFIN, 2014)
- **Energía cinética:** es la energía asociada a los cuerpos que se encuentran en movimiento, depende de la masa y de la velocidad del cuerpo (Word Reference, 2014)
- **Energía potencial:** la energía potencial es una energía que resulta de la posición o configuración del objeto. (Word Reference, 2014)

- **Factor de Rendimiento:** “el coeficiente de rendimiento (en inglés performance ratio) es una magnitud, independiente del lugar de ubicación, de la calidad de una instalación fotovoltaica y, por ello, constituye a menudo también un factor de calidad. El coeficiente de rendimiento indica en porcentaje y expresa la relación entre el rendimiento real y el rendimiento nominal de la instalación fotovoltaica. De esta forma indica qué proporción de la energía está realmente disponible para la alimentación tras haber descontado las pérdidas energéticas (p. ej. debido a pérdidas térmicas y a pérdidas por cableado) y el consumo propio para la operación.” (Solar Technology AG, 2010)
- **Fotón:** el fotón está definido por la excitación elemental del campo electromagnético, portando todas las formas de radiación electromagnética. (Migdal, Allan, 2014)
- **Fuentes fósiles:** “son fuentes de energía que han estado presentes en la Tierra desde hace millones de años. Se formaron a partir del proceso natural de descomposición anaeróbica de organismos muertos y enterrados.” (BioEnciclopedia, 2014)
- **Fuerza gravitatoria:** es una fuerza de atracción que depende de sus masas y de la separación entre ambos. La fuerza gravitatoria disminuye con el cuadrado de la distancia, es decir que ante un aumento de la separación, el valor de la fuerza disminuye al cuadrado. (Física práctica, 2014)
- **Gradiente de temperatura:** es la variación de temperatura por unidad de distancia. Típicamente, la existencia de un gradiente térmico provoca

una transferencia de calor desde el cuerpo más caliente hacia el cuerpo más frío.(Word Reference, 2014).

- **Grado Kelvin:** el grado Kelvin es el grado de la escala termodinámica de las temperaturas absolutas, en la cual la temperatura del punto triple del agua es 273.16 grados.(Word Reference, 2014).
- **Gravedad:** fuerza que hace que los cuerpos se dirijan hacia el centro terrestre, por mutua atracción de la masa del cuerpo y de la Tierra. (Word Reference, 2014)
- **Helio:** elemento químico gaseoso, símbolo He, número atómico 2 y peso atómico de 4.0026. El helio es uno de los gases nobles del grupo O de la tabla periódica. Es el segundo elemento más ligero. (Lenntech, 2014)
- **Hidrógeno:** primer elemento de la tabla periódica. En condiciones normales es un gas incoloro, inodoro e insípido, compuesto de moléculas diatómicas, H<sub>2</sub>. El átomo de hidrógeno, símbolo H, consta de un núcleo de unidad de carga positiva y un solo electrón. Tiene número atómico 1 y peso atómico de 1.00797. (Lenntech, 2014)
- **HSP:** “se entiende como hora solar pico a la radiación solar que se recibe en un captador solar en un tiempo de una hora, con una irradiancia igual a 1,000Wh/m<sup>2</sup>” (Roldán, 2011)
- **Impacto ambiental:** el impacto ambiental es el efecto causado por una actividad humana sobre el medio ambiente. (Word Reference, 2014).
- **Instalación fotovoltaica:** es aquella instalación que posee módulos fotovoltaicos para poder convertir la energía solar en energía eléctrica. (McGraw-Hill, 2014)

- **Interruptor automático:** es un protector para las líneas de conexión.
- **Interruptor general:** permite realizar la separación de la instalación de los módulos fotovoltaicos de la red distribuidora.
- **James Watt:** ingeniero escocés nacido en 1,736. En 1766 diseñó un modelo de condensador separado del cilindro, su primera y más importante invención, que permitió lograr un mayor aprovechamiento del vapor, y mejorar de este modo el rendimiento económico de la máquina. (Eléctrica, 2014)
- **Línea de conexión:** es la línea eléctrica en la cual se conectan los módulos fotovoltaicos con la acometida del usuario y la red de distribución eléctrica.
- **Manto acuífero:** un manto acuífero es aquella área bajo la superficie de la tierra donde el agua de la superficie se filtra y se almacena. (Word Reference, 2014)
- **Máquina de vapor:** es un motor de combustión externa, capaz de transformar energía de una cierta cantidad de vapor de agua, realizando un trabajo cinético o mecánico. (ABCpedia, 2014)
- **Materia orgánica:** es el producto de la descomposición química de las excreciones de animales y microorganismos, de residuos de plantas o de la degradación de cualquiera de ellos tras su muerte. (McGraw-Hill, 2014)
- **Medio ambiente:** el medio ambiente es el entorno en el que viven los seres vivos y que los condiciona. El medio ambiente engloba la naturaleza, la sociedad y la cultura existente en un determinado lugar y tiempo. Incluye a los seres vivos, los materiales y las relaciones que se establecen entre todos ellos. (McGraw-Hill, 2014)

- **Meteorología:** ciencia que estudia los fenómenos atmosféricos las propiedades de la atmósfera y en especial su relación con el tiempo atmosférico y la superficie de la tierra y mares. (Word Reference, 2014)
- **Motor térmico:** es un conjunto de elementos mecánicos que permiten obtener energía mecánica a partir del estado térmico aportado al fluido operante a través de un proceso de combustión, reacción nuclear, etc. (Fundamentos en termodinámica y Transmisión de Calor, 2014)
- **Permeabilidad:** calidad del cuerpo que deja pasar el agua u otro líquido a través de él. (Word Reference, 2014)
- **Punto de ebullición:** temperatura a la cual se produce la transición de la fase líquida a gaseosa. (McGraw-Hill, 2014)
- **Radiación electromagnética:** la radiación electromagnética está formada por la combinación de campos eléctricos y magnéticos, que se propagan a través del espacio en forma de ondas portadoras de energía. (McGraw-Hill, 2014)
- **Radio:** en geometría, el radio de una circunferencia es cualquier segmento que une el centro a cualquier punto de dicha circunferencia. (Word Reference, 2014)
- **RETscreen:** es un programa utilizado en la plataforma de Windows creado por el gobierno de Canadá para ayudar en la determinación de la factibilidad técnica y financiera sobre proyectos de energía renovable y de cogeneración. En este programa se deben seguir cinco pasos para poder determinar la viabilidad del proyecto: análisis energético, análisis de costos, análisis sobre emisiones de CO<sub>2</sub>, análisis financieros y análisis de riesgo de impacto ambiental. Esta plataforma virtual integra distintas bases de datos para poder ayudar al usuario, incluyendo

una base de datos global sobre condiciones del clima, obtenida de 6,700 estaciones de satélites de la NASA.

- **Silicio:** elemento químico metaloide que se extrae de la sílice infusible e insoluble de estructura cristalina y de gran dureza que se utiliza como semiconductor en paneles fotovoltaicos y en circuitos electrónicos integrados. Su símbolo es Si, y su número atómico, 14 (Word Reference, 2014)
- **Subsuelo:** capa profunda del terreno situada por debajo de la superficie terrestre. (Word Reference, 2014)
- **Transistor:** dispositivo electrónico constituido por un pequeño bloque de materia semiconductor, que cuenta con tres electrodos, emisor, colector y base, y sirve para rectificar y amplificar los impulsos eléctricos. (Word Reference, 2014)
- **Watt:** es una medida de potencia eléctrica la cual indica la velocidad en que la energía se transforma. En el Sistema Internacional de Unidades (SI) se simboliza con una letra “W” y sus dimensionales son J/s (Joule por segundo); el cual es utilizado para contabilizar la cantidad de energía que se utiliza. (Fowler, Richard, 1994)
- **WP:** Watt-Pico es una medida de potencia energética normalmente asociada a las células fotovoltaicas. El valor de Wp está acuñado en base a un sistema fotovoltaico que funciona de manera continua con una potencia de  $1000\text{W}/\text{m}^2$  a una temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$ .