

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL MEDIO AMBIENTE**

**GENERACIÓN ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA EN LA FACULTAD
DE INGENIERÍA USAC Y ESTUDIO DEL APROVECHAMIENTO**

ING. QUÍMICO VÍCTOR HERBERT DE LEÓN MORALES

**ASESORADO POR
MSC. ING. QUÍMICO JOSÉ MANUEL TAY OROXOM**

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2008

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica No. 1 Consumo energético por fuente año 2005, fuente Ministerio de Energía y Minas.....	22
Gráficas No. 2 y No.3, Flujo de Inversión Proyecto1 y Proyecto 2, Anexo 10	109
Gráfica No. 4, Proyecto 1: Inversión Inicial Q 424,000.00 comparado con flujos acumulados , Anexo 14.....	115
Gráfica No. 5, Proyecto 2: Inversión Inicial Q 304,000.00 comparado con flujos acumulados, Anexo 15.....	117

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1: Mapa de Potencial Solar en la República de Guatemala	
Radiación Solar Directa Normal, Anual en Kwh / m ² /día	36
Figura No. 2: Esquema simple de un sistema fotovoltaico.....	40
Figuras No.3.a y 3.b: Paneles solares de celdas fotovoltaicas	43
Figuras No. 4.a y 4.b: Huertas solares.....	45
Figura No.5: Captación de Radiación solar por un panel por celda fotovoltaica.....	47
Figura No.6: Regulador.....	50
Figura No.7: Acumuladores.....	51
Figuras No. 8.a y 8.b: Convertidores o inversores	53

Figura No.9: Instalación de Fuente Energía eléctrica con Panel Solar Tradicional.....	55
Figura No.10: Plano Instalación de Fuente Energía eléctrica con Panel Solar Tradicional.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No.1: Proyectos calificados para optar a los incentivos de la ley.....	28
Tabla No. 2: Demanda de Energía eléctrica en un sistema de lámparas fluorescentes de 15 W.....	62
Tabla No. 3: Demanda No. lámparas comparado con Oferta No. paneles fotovoltaicos, Anexo 1	89
Tabla No. 4: Cuadro Comparativo Demanda Real Teórica vrs. Oferta No. Paneles, Anexo 2.....	91
Tabla No. 5: Consumo energía Eléctrica del Edificio T-4, parcial, Centro de Cálculo, Decanatura y Departamento de Matemática, Facultad de Ingeniería, Anexo 3.....	93
Tabla No. 6: Consumo Energía Eléctrica del Edificio T - 5, Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Anexo 4.....	95
Tabla No. 7: Consumo Energía Eléctrica del Edificio T - 7, Escuela de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Anexo 5.....	97
Tabla No. 8: Consumo Energía Eléctrica del Complejo de Edificios Facultad de Ingeniería que incluye Edificios t - 1, T - 3, T - 4 (mayoría), T - 5 (no laboratorio Operaciones Unitarias y 3er nivel) y T – 6, Anexo 6.....	99
Tabla No. 9: Consumo Promedio por mes ciclo de octubre 2007 a	

septiembre 2008, de Contadores de Consumo de la Facultad de Ingeniería. USAC., Anexo 7.....	101
Tabla No. 10: Relación Consumo Ed - T6 comparado con el consumo total del consumo EE de la Facultad de Ingeniería, Anexo8.....	103
Tabla No. 11: Cálculo con Excel Tasa Interna de Retorno (TIR), Tasa Interna de Retorno Mínima (TIRM) y Valor Neto Actual (VNA, Valor Presente Neto), Anexo 9.....	105
Tabla No. 12: Proyección a 30 años, del consumo y Generación EE, considerando un incremento del 3 % anual en la tarifa eléctrica, Anexo 11.....	107
Tabla No. 13: Inversión Fija en 30 años, Flujos acumulados en el tiempo, Proyectos 1 y 2.....	113

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1 / 3: Ubicación y Localización, Anexo 16.....	119
Plano 2 / 3 Instalación de Paneles, Anexo 17	121
Plano 3 / 3 Instalación de Paneles, Anexo 18	123

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	I
ÍNDICE DE FIGURAS.....	I
ÍNDICE DE TABLAS.....	II
ÍNDICE DE PLANOS.....	III
ÍNDICE DGENERAL.....	V
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XII
OBJETIVOS.....	XV
Objetivo General.....	XV
Objetivos Específicos.....	xv
HIPOTESIS.....	XI
INTRODUCCION.....	IXI
1. ANTECEDETES.....	21
1.1 Antecedente Global.....	21
1.2 Estudios.....	22
1.3 Autoridad Nacional.....	24
1,4 Energías Alternativas – Energía Solar.....	26
2. ENERGÍA SOLAR.....	31
2.1 Energía Solar.....	31
2.1.1 Medición de la energía solar.....	31

2.2	Aprovechamiento de Radiación Solar.....	33
2.2.1	Energía Fotovoltaica.....	39
2.2.1.1	Conjunto de panel solar.....	40
2.2.1.2	Entorno e instalación.....	41
2.2.1.3	Panel solar.....	42
2.2.1.4	Rendimiento Paneles Fotovoltaicos.....	43
2.2.1.5	Funcionamiento interno de los Paneles Solares.....	46
2.2.1.6	Paneles.....	46
2.2.1.7	Celda fotovoltaica	48
2.2.1.8	Regulador.....}	50
2.2.1.9	Acumulador(es).....	51
2.2.1.10	Convertidor.....	52
2.2.1.11	Electrificación solar con corriente alterna AC.....	53
3.	Sostenibilidad.....	57
3.1	Sostenibilidad ecológica.....	57
3.2	Sostenibilidad Económica.....	57
3.3	Sostenibilidad Social.....	58
3.4	Sostenibilidad Técnica.....	59
4.	SERVICIO DE PANELES SOLARES.....	61

GLOSARIO

Autoproductor	Es la persona, individual o jurídica, titular o poseedora de una central de generación de energía eléctrica, cuya producción destina exclusivamente a su propio consumo.
Central	Es el conjunto de una o más Unidades Generadoras de energía eléctrica, localizadas en un mismo emplazamiento
CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica, según se establece en la Ley General de Electricidad
Cogenerador	Es el propietario de instalaciones de producción de energía que la utiliza para uso propio y tiene excedentes para la venta a terceros.
Distribuidor	Es la persona, individual, o jurídica, titular o poseedora de instalaciones destinadas a distribuir comercialmente energía eléctrica
Distribuidor:	Es la persona, individual o jurídica, titular o poseedora de instalaciones destinadas a distribuir comercialmente energía eléctrica.
EE	Energía Eléctrica
Energía de Biomasa	Energía derivada de cualquier tipo de materia orgánica biodegradable, de origen vegetal o animal, que puede usarse directamente como combustible, o ser convertida en otras fuentes

	energéticas antes de la combustión
Energía Eólica	Energía producida por el viento
Energía Geotérmica	Energía producida por medio del calor natural de la tierra, que puede extraerse del vapor, agua, gases, excluidos los hidrocarburos, o a través de fluidos inyectados artificialmente para este fin.
Energía Hidráulica	Energía Producida por el agua
Energía Solar	Energía producida de la radiación solar
GDR	Generador Distribuido Renovable
Generación Distribuida Renovable	Es la modalidad de generación de electricidad producida por unidades de tecnología de generación con recursos renovables, que se conectan a instalaciones de distribución cuyo aporte de potencia es inferior o igual al que establece el RLGE
Generador Distribuido Renovable	Es la personal, individual o jurídica, titular o o poseedora de una central de generación de energía eléctrica, que utiliza recursos energéticos renovables y participa en la actividad de Generación Distribuida Renovable. Estos serán considerados como Participantes del Mercado Mayorista
Gran Usuario	Es un consumidor de energía cuya demanda de potencia excede 100 kilovatios (kW) o el

	límite inferior fijado por el Ministerio en el futuro. El gran usuario no estará sujeto a regulación de precio y las condiciones de suministro serán libremente pactadas con el distribuidor o con cualquier otro suministrador.
Ley	Es la Ley General de Electricidad, Decreto No. 93 – 96 del Congreso de la República de Guatemala
LGE	Ley General de Electricidad
NTDROID	Normas Técnicas de Diseño y Operación de las instalaciones de distribución
NTSD	Normas Técnicas del Servicio de Distribución
Punto de Conexión	Es el lugar del Sistema de Distribución de energía eléctrica en el que se conecta un GDR
Punto de Conexión	Es el lugar del Sistema de Distribución de energía eléctrica en en el que se conecta un GDR.
RLGE	Reglamento de la Ley General de Electricidad
Sistema de Transmisión	Es el conjunto de subestaciones de transformación y líneas de transmisión, entre el punto de entrega del generador y el punto de recepción del distribuidor o de los grandes usuarios y comprende un sistema principal y sistemas secundarios.
Tecnología de Recursos	Son aquellos que se utilizan para la

Renovables	generación de energía eléctrica, utilizando fuentes de energía renovable como: Biomasa, Eólica, Solar, Hidráulica.
TIR	Tasa interna de retorno
TIRM	Tasa interna de retorno mínima
Usuario	Es el titular o poseedor del bien inmueble que recibe el suministro de energía eléctrica
Usuario Autoproducer con Excedentes de Energía	Es un usuario del Sistema de Distribución que inyecta energía eléctrica ha dicho sistema producida por generación con fuentes de energía renovable, ubicada dentro de sus instalaciones de consumo, y que no recibe remuneración por dichos excedentes-
VNA	Valor neto actual, (valor neto presente)
Watt	Es la unidad de potencia del Sistema Internacional de Unidades. Su símbolo es W . Es el equivalente a 1 joule por segundo (1 J/s), este término esta en inglés, en español es el vatio. Expresado en unidades utilizadas en electricidad, el Watt es la potencia producida por una diferencia de potencial de 1 voltio y una corriente eléctrica de 1 amperio (1 VA).

RESUMEN

En el planteamiento desarrollado en el presente estudio se presenta antecedentes de la necesidad global de demanda energética, estudios previos relacionados con el tema y referencias de la ley relacionada con la generación de energía eléctrica alternativa.

En el marco teórico se presentan los conceptos relacionados con energía solar, captación y generación fotovoltaica, con el equipo técnico que debe considerarse para instalar un sistema de paneles fotovoltaicos, así como la relación a la incidencia de radiación solar sobre el área que se considera oportuna, y sostenibilidad de los proyectos autogeneradores relacionados con energía fotovoltaica.

Se presenta un estudio sobre la oferta de energía eléctrica generada por paneles fotovoltaicos, seguido de una cuantificación de demanda de energía en el Edificio T – 6 de la Facultad de Ingeniería, y un balance energético.

Dando lugar a argumentos concluyentes con la oportuna y factible consideración de desarrollar proyectos de instalaciones de sistemas de generadores de energía alternativa, con paneles fotovoltaicos y recomendaciones alusivas al tema.

OBJETIVOS

Objetivo General

Diagnóstico de factibilidad para la iluminación del Edificio T – 6, Auditorium Francisco Vela, de la Facultad de Ingeniería, USAC, por medio de generación de energía fotovoltaica

Objetivos Específicos

1. Presentar un diagnóstico considerando la energía solar como alternativa energética como fuente de energía limpia

2. Plantear la factibilidad de desarrollar un proyecto de instalación por medio de generadora de energía eléctrica, para la iluminación del Edificio T – 6, por medio de paneles fotovoltaicos, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos,

3. Proyecto demostrativo a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería, como parámetro para que se promueva este tipo de fuente alterna de generación de energía eléctrica.

4. Considerar la posibilidad verter la energía excedente producida por captación de paneles fotovoltaicos a la línea de energía posterior a estudios relacionados con el consumo de energía eléctrica.

HIPÓTESIS

“ Es factible instalar en las instalaciones del Edificio T- 6, Auditórium Francisco Vela, de la Facultad de Ingeniería USAC, generadores de energía solar, con paneles fotovoltaicos, para suplir parte de la demanda de Energía Eléctrica, y verter energía captada, excedente a la red de distribución “.

INTRODUCCIÓN

En la necesidad cotidiana de hacer un balance energético y buscar el equilibrio económico para suplir la necesidad de la demanda energética, en la población guatemalteca en todos sus sectores.

No se escapa el sector académico de la Universidad de San Carlos, que requiere un monto considerable de energía eléctrica para el uso de sus instalaciones y las cuales en su mayoría requieren todo el tiempo de iluminación.

Aunado con el refuerzo que se debe dar a la teoría sobre los contextos energéticos y como suplirlos, en las carreras técnicas que imparte la Facultad de Ingeniería, se plantea en el siguiente estudio una instalación de energía eléctrica renovable y limpia, en uno de los edificios de la mencionada unidad académica.

El objeto del presente diagnóstico es preparar el estudio pertinente para cuando esté listo y en vigencia el normativo para la Ley de Incentivos para autogeneradores de energía eléctrica, de montos menores a 5 MW, para que la Facultad de Ingeniería aplique a la solicitud del innovador sistema, primordialmente, como experiencia técnica y de soporte académico, y a la vez como primer paso a dar congruencia con las cátedras de generación de energía renovable y limpia.

Considerando que proyectos sobre instalación de generadores de energía renovable y limpia, son proyectos a mediano y largo plazo son sostenibles en los campos ecológico, económico, social y técnico.

La tecnología de paneles solares transforma en generación de energía eléctrica aproximadamente 15 % de la energía captada, la tecnología de la misma ha avanzado de la cual se menciona en así, como los principios de funcionamiento de la celda fotovoltaica.

Razones por la que se plantea que la Facultad de Ingeniería con el compromiso de la academia técnica sea pionera en una instalación experimental en uno de los edificios de sus instalaciones, escogiéndose el Edificio T – 6, Auditorium Francisco Vela, para llevar a cabo la instalación de un sistema de paneles fotovoltaicos.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.

1. ANTECEDENTES

1.1 Antecedente Global

El consumo de energía en los países sube cada año aproximadamente en un 10 por ciento, y Guatemala no es la excepción, según referencia del Ministerio de Energía y Minas, el consumo energético, por biomasa es del 46 % y el 42.61 es por derivados del petróleo, lo cual hace que al mismo tiempo incremento de combustible esté ligado al incremento de los precios del petróleo.(1)

Las empresas eléctricas a nivel regional y nacional no están en capacidad de suministrar suficiente energía para sus clientes y además hay un desabastecimiento de energía eléctrica en zonas rurales por falta de instalaciones.

Las formas de energía usadas, que consumen petróleo y / o sus derivados son no renovables.

Impacto del consumo de energéticos derivados del petróleo (1):

- ✓ En el año 2005, las importaciones de derivados del petróleo ascendieron a cerca de US \$ 1,500 millones, lo que representa el 17% de las importaciones, el 44.5 % de las exportaciones y el 4.5 % del PIB.
- ✓ Impacto en la Balanza comercial: De cada 100 Dólares obtenidos por la actividad exportadora del país, 44.5 dólares se utilizaron para la importación de combustibles y lubricantes.

- ✓ Se estima que para el año 2006, las Importaciones de derivados del petróleo se ubicarán en el orden los US \$ 2,000 millones. (Más de la mitad se destina para atender el consumo del sector transporte).

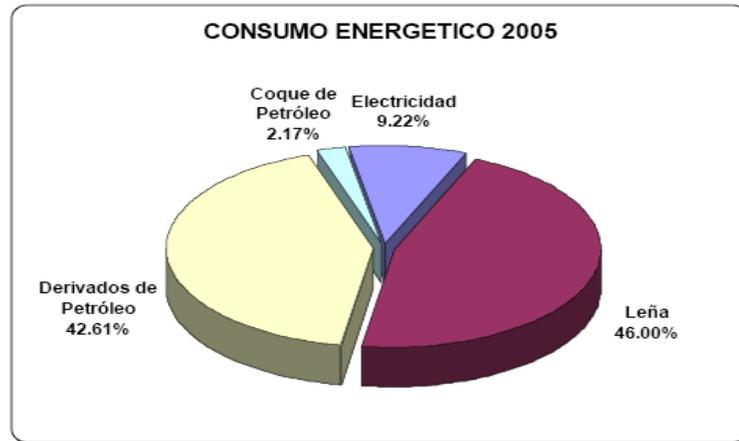


Gráfico No. 1

Consumo energético por fuente año 2005, fuente Ministerio de Energía y Minas

1.2 Estudios

Se han conocido diversidad de estudios, programas, propuestas y ofertas de casas comerciales para solucionar de una u otra forma la problemática generalizada de la necesidad del uso de energía eléctrica en contraposición a su costo y en estos últimos tiempos reforzando el renglón que debe considerarse una energía generada con medios limpios amigables al medio ambiente, principalmente proveniente de fuentes renovables de la misma naturaleza.

Entre estas fuentes de energía renovable se mencionan las producidas por medio de Biomasa, energía producida por la fuerza de los vientos o Eólica, la energía producida por la fuerza de las corrientes de agua o Hidráulica, la energía producida por la captación de radiación del o energía solar.

La tecnología desarrollada para captación y generación de energía solar se denomina fotovoltaica, la cual consiste en una serie de celdas fotosensibles (sensibles a la luz) , transmitiendo un impulso eléctrico, el cual se busca aprovechar almacenar para su aprovechamiento posterior por medio de un juego de baterías o acumuladores, o puede usarse directamente.

Se tuvo la oportunidad de tener a la vista documentos de investigación relacionados con la observancia del uso de energía solar como fuente generadora, entre los que se menciona (1),

- Diseño de un sistema solar fotovoltaico aislado, para el suministro de energía eléctrica a la comunidad rural Buena Vista, San Marcos. (19),
- Aplicación de la energía solar en las aldeas de Huite, Zacapa. (21) y
- Modelo de sistema energético descentralizado basado en tecnología fotovoltaica para electrificación de poblaciones rurales aisladas. (22)

En los referidos estudios, se da a conocer que desde hace algún tiempo hay inquietud de desarrollar proyectos relacionados con el tema de energía fotovoltaica.

1.3 Autoridad Nacional

El Ministerio de Energía y Minas según Ley del Organismo Ejecutivo (Decreto 114-97, según el Artículo 34, tiene la potestad de atender el régimen

jurídico aplicable a la producción, distribución y comercialización de la energía, proveniente las fuentes que la generen, como de hidrocarburos y explotación de recursos mineros.

El Ministerio de Energía y Minas promulgó la Ley General de Electricidad, y la correspondiente reglamentación para Energía Renovable en Guatemala, contemplando en el Decreto No. 52-2003 la Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable, con el Reglamento de la Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable, en el Acuerdo Gubernativo No. 211-2005.

A continuación se transcribe un segmento de La ley General de electricidad,

“ Es libre la instalación de centrales generadoras, las cuales no requerirán de autorización de ente gubernamental alguno, y sin más limitaciones que las que se den de la conservación del medio ambiente y de la protección a las personas, a sus derechos y a sus bienes. No obstante, para utilizar con estos fines los que sean bienes del Estado, se requerirá de la respectiva autorización del Ministerio, cuando la potencia de la central exceda de 5 MW...”

“ Los proyectos de generación y de transporte de energía eléctrica deberán adjuntar evaluación de impacto ambiental, que se determinará a partir del estudio respectivo, el que deberá ser objeto de dictamen por parte de la Comisión Nacional del Medio Ambiente – CONAMA – “

Se presenta el Artículo 39 del Acuerdo Gubernativo 68-2007, el cual obliga a los distribuidores de energía que permita la conexión de EE que genera el funcionamiento de nuevos generadores con energía renovable.

Se reforma el Artículo 39, el cual establece los siguientes límites para los agentes del mercado eléctrico: Generadores: potencia máxima de 5 MW (antes de esta reforma 10 MW); Comercializadores: comprar o vender bloques de energía de por lo menos 2 MW (antes 10 MW); Distribuidores: tener un mínimo de 15 mil usuarios (antes eran 20 mil clientes); Transportistas: capacidad mínima de 10 MW (anteriormente 10 MW). Sobre el peaje: los costos anuales por el peaje (transporte de energía a través de las líneas de transmisión) serán como mínimo el 3 por ciento del costo total de la inversión.

El plan de expansión del sector eléctrico se realizará cada 2 años por medio del Órgano Técnico Especializado, con la participación de los agentes privados y de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), el cual cubrirá un horizonte de 10 años.

Según los artículos transcritos, se puede analizar que tanto de la Ley de Incentivos, como de la Ley General de Electricidad, establecen un respaldo para desarrollar proyectos de desarrollo de fuentes de energía renovable, incluyendo las fuentes de energía eléctrica por captación de radiación solar.

Esto queda afirmado con el Acuerdo Gubernativo 68 – 2007, el cual manda a los distribuidores de energía eléctrica a aceptar conexiones particulares generadoras de electricidad, especialmente si son de fuentes de energías alternas renovables.

Con fecha 24 de octubre de 2008, entra en vigencia la “ Norma Técnica para la Conexión, Operación, Control y Comercialización de la Generación Distribuida Renovable –NTGDR- y Usuarios Autoprodutores con Excedentes de Energía ” (4)

En base a la consideración que en Guatemala existe suficiente potencial para obtener EE por medio de fuentes renovables, en todo el territorio Nacional, por medio de plantas de generación de pequeña escala y conexión al Sistema Eléctrico Nacional a través de sistemas o redes de distribución. (4)

Esta norma establece para los Generadores Distribuidos Renovables, su control y comercialización de energía eléctrica producida con fuentes renovables. Y es de aplicación obligatoria para Distribuidores y Generadores Distribuidos Renovables.

1.5 Energías Alternativas – Energía Solar

Entre energías alternativas es viable considerar la generación de energía eléctrica por captación de energía solar.

La radiación solar en promedio da una irradiación de 4.5 a 6.95 KW por hora por metro cuadrado. por día y permite transformarla a partir de paneles solares en energía eléctrica, la cual puede ser suministrada a 12 voltios (V) o al voltaje que sea requerido por los usuarios.

El Ministerio de Energía y Minas consciente de la problemática energética del país lanzó un plan piloto de iluminación exterior en las instalaciones del mismo ministerio, con paneles solares reciclados, con la finalidad de demostrar y promover las energías renovables limpias. A la vez los paneles reciclados garantizan disminuir la inversión para captación de energía solar.

A continuación se presenta un segmento de la Ley de Incentivos, con segmentos de los artículos Nos. 1, 2, 5 y 6, que aplica a entidades interesadas en generar energía alternativa, renovable.

ARTÍCULO 1. Urgencia e interés nacional. Se declara de urgencia e interés nacional el desarrollo racional de los recursos energéticos renovables. El órgano competente estimulará, promoverá, facilitará y creará las condiciones adecuadas para el fomento de inversiones que se hagan con ese fin.

ARTÍCULO 2. Objeto. La presente Ley tiene por objeto promover el desarrollo de proyectos de energía renovable y establecer los incentivos fiscales, económicos y administrativos para el efecto.

ARTÍCULO 5 . Incentivos. Las Municipalidades, el Instituto Nacional de Electrificación -INDE, Empresas Mixtas, y las personas individuales y jurídicas que realicen proyectos de energía con recursos energéticos renovables gozarán de los siguientes incentivos:

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

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

ARTÍCULO 6 . Certificado de reducción de emisiones. Los certificados de reducción de emisiones pertenecerán a los propietarios de los proyectos, quienes de esa forma se beneficiarán de la comercialización de los mismos.

Estos certificados serán emitidos por el órgano competente, de conformidad a la cuantificación de las emisiones reducidas o desplazadas por el proyecto.

Tabla No. 1
Proyectos calificados para optar a los incentivos de la ley

No.	Proyecto Hidroeléctrico	Potencia (MW)
1	Hidroeléctricos (5)	177.4
2	Biomasa (3)	66
3	Geotérmico (1)	25
		268.4
4	Biocombustibles (1)	340,000 litros
5	Solar (1)	115 paneles

Autogenerador se le conoce al propietario de instalaciones de producción de energía que la utiliza para uso propio y tiene excedentes para la venta a terceros.

Actualmente la Comisión Nacional de Energía Eléctrica está desarrollando el normativos para aquellos autogeneradores que deseen verter energía captada por celdas fotovoltaicas, y en el contexto de que no necesariamente debe ser 5 MW como mínimo, y como debe trabajarse, la instalación y la medición de la energía.

Con lo anterior el propietario (autogenerador) gana dos veces: Produce su propia energía y cobra por ella. Además tiene un sistema completamente libre de mantenimiento, porque no tiene baterías (las cuales serían artefactos contaminantes cuando culminan con su tiempo de vida). Estos sistemas tranquilamente tienen una vida útil mayor de 20 a 30 años.

Con este tipo de idea de cogeneración de energía eléctrica, el estado y las empresas eléctricas ganan también, no tienen que invertir en nuevas centrales de generación, en el aumento de las líneas de distribución, en las pérdidas de distribución energética.

2. ENERGÍA SOLAR

2.1 Energía Solar

Energía solar es la energía procedente del sol. En el contexto de las energías renovables, entendemos por energía solar la luz solar que incide en la tierra en sus componentes visibles e invisibles, infrarrojo y ultravioleta.

2.1.1 Medición de la energía solar

La intensidad del flujo energético solar que incide en la tierra depende de la latitud del sitio: mientras más cerca del ecuador, la luz incide de forma más perpendicular en la tierra, es decir con una intensidad más alta.

Por otro lado, la intensidad varía según la época del año, el momento del día y las condiciones atmosféricas. La magnitud que describe la intensidad de la radiación solar, se conoce como radiancia o irradiancia y se mide en vatios por metro cuadrado (W/m^2). En términos populares también se dice brillo solar.

La radiación es la energía solar que incide en una placa plana de un metro cuadrado. Como la posición de la tierra con respecto al sol cambia constantemente, el ángulo de incidencia de la luz solar sobre la superficie cambia según la hora del día y según el día del año. Por eso, la orientación y la inclinación de la superficie determinan la cantidad de energía solar que recibe.

Fuera de la atmósfera, la irradiancia tiene un valor que se admite actualmente como de $1,354 W/m^2$ con variaciones de alrededor de $50 W/m^2$ según varía la distancia entre la tierra y el sol. Cuando el cielo está

completamente despejado, la irradiancia en el suelo terrestre es de alrededor de $1,000 \text{ W/m}^2$. Es decir que la cuarta parte de la energía procedente del sol es amortiguada por la atmósfera.

Para efectos de utilización de la energía solar, el término radiación se usa para cuantificar la densidad superficial de energía solar incidente en una superficie plana. Por lo general, se entiende por radiación solar el promedio diario de la irradiancia que incide sobre una superficie plana de un metro cuadrado.

La radiación se mide entonces en vatio-horas por metro cuadrado (Wh/m^2).

Para el diseño técnico de la mayoría de los sistemas solares, la radiación proporciona el dato más importante, porque representa la energía que se puede aprovechar. Este dato permite realizar un diseño básico del sistema.

La irradiancia, en función de la hora del día, puede contribuir al entendimiento de las características dinámicas del sistema solar y permite afinar el diseño técnico. La radiación es aprovechable en sus componentes directa y difusa.

La radiación directa es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias. La radiación difusa RD es aquella que está presente en la atmósfera gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar de las nubes y otros elementos atmosféricos y terrestres. La radiación directa es direccional y puede reflejarse y concentrarse, mientras que la difusa no, pues es omni-direccional.

En cuanto al potencial de la radiación solar incidente en Guatemala, se ha determinado un valor promedio de 5.4 kilovatios/m²/día. La Figura No. 1, muestra la distribución de la radiación sobre la superficie de la república.

El término sistema solar se refiere a cualquier equipo o dispositivo para la conversión de energía solar en otra forma de energía aprovechable.

2.2 Aprovechamiento de Radiación Solar

Guatemala, país tropical de América Central, ubicado a 14.5° arriba del Ecuador, recibe constantemente a través de todo el año gran cantidad de radiación solar.

Situación que ayuda a una exuberante vegetación y fauna, además el país cuenta con muchos accidentes geográficos volcánicos, así como ríos y lagos de importancia dentro del panorama nacional.

Observándose que Guatemala como país tropical y su localización geográfica tiene un considerable aporte de radiación solar durante todo el año.

El consumo de energía en los países sube cada año aproximadamente en un 10 por ciento. Con el objeto de llevar una alternativa energética para generación de energía eléctrica y de consumo con bajo, como lo es considerar una instalación de generación de energía fotovoltaica.

Dentro de este estudio se contempla establecer la factibilidad económica de un sistema fotovoltaico, proyectado a 30 años, en comparación con el consumo, específicamente, mencionando que la instalación inicial de paneles

solares para captación de energía solar es una inversión que en algunos casos supera la inversión de otro tipo de instalaciones de generadores de energía eléctrica.

Sin embargo, se estima que la vida útil de los paneles solares, es de 30 años, con bajo mantenimiento, lo cual considerando la inversión inicial diluida en 30 años, representa un consumo de muy bajo costo.

Agregando que el costo disminuye aún tomando en cuenta la no contaminación ambiental al no producir gases de invernadero.

El área para estas instalaciones, si son a gran escala se pueden ubicar en áreas no útiles para usos agrícolas, urbanos, turísticos y otros.

Sin embargo también se pueden considerar útiles las áreas de los techos y terrazas de las viviendas, y considerando principalmente de los edificios públicos.

Para optimizar esta situación de conveniencia en el campo energético, así como ambiental, debe plantearse al Congreso de la República Propuestas de Ley, para solicitar y velar para que se instalen este tipo generadores de energía eléctrica no contaminante, como la captación de energía solar, como , y sin peligro de agotarse como bien del planeta.

El Ministerio de Energía y Minas consciente de la problemática energética del país lanzó un plan piloto de iluminación exterior en las instalaciones del mismo ministerio, con paneles solares reciclados, con la finalidad de demostrar y promover las energías renovables limpias. A la vez los paneles reciclados garantizan disminuir la inversión para captación de energía solar.(1)

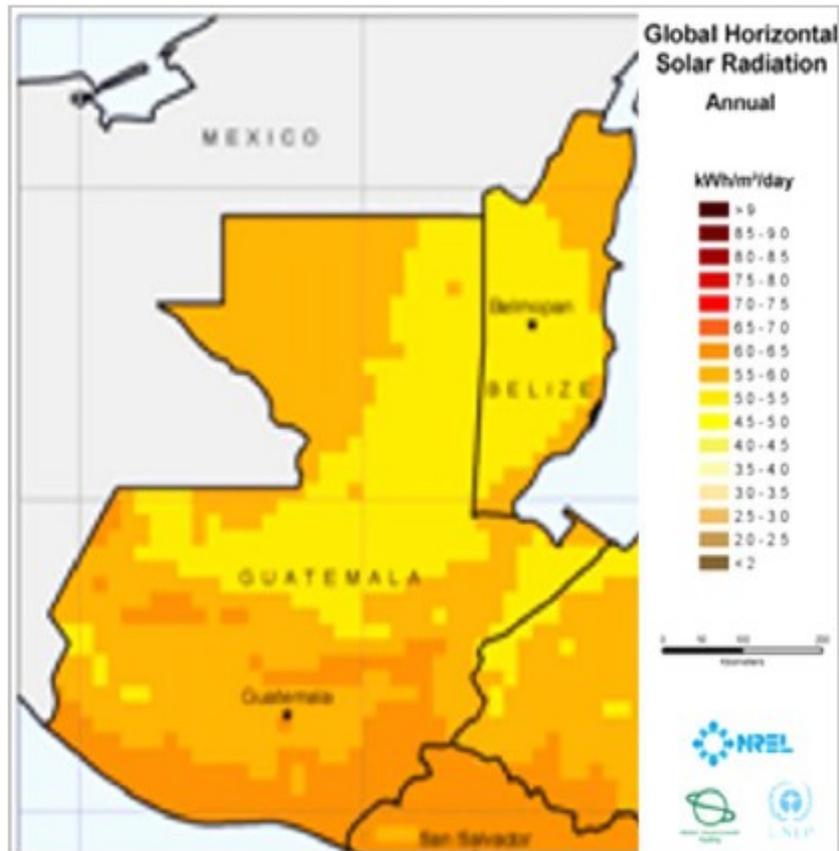
Este planteamiento además conlleva a un ahorro sustancial a mediano y largo plazo de uso de divisas en compra de combustibles derivados del petróleo.

Las instalaciones de energía alternativa solar en viviendas en medio rural, tiene como objetivo conseguir energía eléctrica a bajo costo, sobre todo si son áreas donde no hay red de distribución nacional de energía eléctrica.

La radiación solar en promedio da una irradiación de 4.5 a 6.5 kW por hora por metro cuadrado, por día y permite transformarla a partir de paneles solares en energía eléctrica, la cual puede ser suministrada a 12 voltios (V) o al voltaje que sea requerido por los usuarios. (1)

Sin embargo, no sólo debe tomarse en cuenta el argumento de lugares lejanos a las urbes, ya que también son áreas receptoras de radiación solar y que mejor que en áreas que no tengan mayor uso, como lo que son los techos y terrazas de viviendas y edificaciones.

La energía solar es aprovechable en horas de irradiación de luz, siendo mayor ese aprovechamiento a mayor altitud.



**Figura No. 1: Mapa de Potencial Solar en la República de Guatemala
Radiación Solar Directa Normal, Anual en Kwh/m²/día**

También se puede considerar colocar, los paneles receptores de energía solar, en el punto máximo de los postes de luz un panel solar para que alimente a la lámpara incandescente, si no la totalidad de horas de penumbra solar, si al menos el 50 % de tiempo lo cual también repercutiría en un considerable ahorro y cese de contaminación al ambiente.

Las empresas eléctricas a nivel regional y nacional no están en capacidad de suministrar suficiente energía para sus clientes y además hay un

desabastecimiento de energía eléctrica en zonas rurales por falta de instalaciones.

En los países en desarrollo el 90% del consumo de energía a nivel doméstico se usa para cocinar, usando principalmente gas y leña.

Todas las formas de energía usadas que se consumen o convierten, provenientes del petróleo y sus derivados, son utilizadas para la producción en general, considerando a la vez que dichas fuentes de energía no son renovables.

Solamente el restante 10% de energía doméstica se usa para luz, radio, televisión y bombeo de agua.

Entre los argumentos relacionados para favorecer el uso de energías alternativas, se tiene que las energías renovables como energía solar, energía eólica, energía hidráulica:

1. Energía renovable propiamente dicho
2. No se acaban.
3. No contaminen el ambiente, y por lo tanto son más saludables
 - No hay producción de gases tóxicos
 - No hay peligro de incendios
 - Se evita la depredación de bosques para uso de biomasa
 - No hay producción de gases tóxicos
4. Se dispone de una luz de mejor calidad
5. Se garantiza la continuidad del suministro de energía
6. Se evita riesgos en el manejo de combustibles inflamables
7. En Instalaciones de cierta magnitud el dueño de la generación de energía

- renovable puede venderla a la red local de distribución de energía eléctrica
8. Inversión inicial en algunos casos es alto, como en el caso de energía solar por los materiales e instalación de paneles solares, sin embargo tiene aproximadamente una duración entre 20 y 30 años con bajo mantenimiento.
 9. Al efectuar cálculos sobre el tiempo de funcionamiento, costo de distribución y mantenimiento en comparación con costo de compra de combustible derivado del petróleo, a largo plazo se llega al mismo costo y en algunos casos el costo es menor.
 10. Los generadores de energía eléctrica que usan combustibles derivados del petróleo:
 - Son ruidosos
 - Desperdicio de energía y combustible si sólo se desea aprovechar en un aparato eléctrico, ejemplo: 1 televisor.
 - Menor tiempo de vida, aunque la inversión inicial es menor.

La ciudad de Guatemala está a una altura de 1,458 m snm, y con una variación de declinación solar en todo el país, a través del año entre -23° o $+23^\circ$, lo cual permite que siempre reciba radiación solar; característica que desea aprovecharse para desarrollar la energía solar como fuente de energía alterna.

Considerando todo lo anterior, y tomando en cuenta que el campus USAC demanda gran cantidad de energía eléctrica, y la Facultad de Ingeniería, también tiene su porción de demanda, se refleja en una erogación considerable del presupuesto, lo que hace oportuno plantear una alternativa de generación energética alterna para la demanda de las instalaciones de la Facultad de Ingeniería.

La Facultad de Ingeniería está ubicada en el Campus central de la Universidad de San Carlos en la ciudad de Guatemala, en el valle de la ermita al centro del país de Guatemala.

Es oportuno visualizar un proyecto en la Facultad de Ingeniería que mitigue de una forma la demanda de energía eléctrica, que en un buen porcentaje depende de combustibles fósiles, utilizando generación de energía limpia y como cátedra de las carreras de Ingeniería, las cuales deben estar a la vanguardia de la tecnología para el desarrollo en la República de Guatemala.

El consumo promedio de EE de la Facultad de Ingeniería está alrededor de 58421.5 kW lo que corresponde a gasto de Q 90,191.36 (sin IVA). (Anexos Tabla No. 7)

Y al mismo tiempo que el presente proyecto contemple el eficiente desempeño, en la generación de EE, y optimización de recursos, principalmente los energéticos, que siendo energía solar es amigable al medio ambiente.

2.2 Energía Fotovoltaica

La producción eléctrica está basada en el fenómeno físico denominado "efecto fotovoltaico", que básicamente consiste en convertir la luz solar en energía eléctrica por medio de unos dispositivos semiconductores denominados células fotovoltaicas.

El término sistema solar se refiere a cualquier equipo o dispositivo para la conversión de energía solar en otra forma de energía aprovechable.

La transformación directa de la energía solar en energía eléctrica se realiza en un equipo llamado módulo o panel fotovoltaico. Los módulos o paneles solares son placas rectangulares formadas por un conjunto de celdas fotovoltaicas protegidas por un marco de vidrio y aluminio anodizado.

2.2.1 Conjunto de panel solar

El conjunto de una instalación de panel solar consta de un acumulador, un regulador, un convertidor y uno o varios paneles solares compuestos de varias células solares. Éstas últimas son las encargadas de producir la energía eléctrica, durante el día por captación de la radiación solar, la cual es almacenada en el acumulador.

Un sistema fotovoltaico, como lo muestra la figura No.2, es un conjunto de equipos construidos e integrados especialmente para realizar cuatro funciones fundamentales: Transformar directa y eficientemente la energía solar en energía eléctrica con un módulo o panel fotovoltaico, almacenar adecuadamente la energía eléctrica generada por medio de la batería, proveer adecuadamente la energía producida (el consumo) y almacenada a través del inversor y utilizar eficientemente la energía producida almacenada con las cargas de aplicación en el consumo.

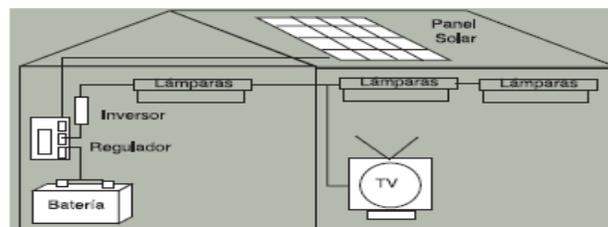


Figura No. 2
Esquema simple de un sistema fotovoltaico

2.2.2 Entorno e instalación

Los cuidados del entorno para la instalación son mínimos, especialmente en Guatemala, por ser un país tropical donde la radiación solar es casi constante todo el año. Lo recomendable es hacer un diseño adecuado de aseguramiento, para evitar en época de lluvia y con posibilidad de vientos huracanados no se lleven los paneles, así como en la época de fin de año, en la cual es invierno del hemisferio norte, lo que provoca que en el país entren vientos fuerte, y se corre el mismo riesgo.

El otro aspecto a considerar es que los paneles solares queden en lugares descubiertos, y no haya objetos cercanos que provoquen sombra sobre los mismos interfiriendo el arribo de los rayos solares.

La experiencia en otros países como en Europa ha dado muy buenos resultados, no sólo de aporte de energía eléctrica, sino de disminución de contaminación ambiental, en estos lugares ya la consideran como una alternativa de primer orden.

Prácticamente todo el país cuenta con un alto porcentaje de tiempo al año de radiación solar, lo cual realmente es una gran ventaja, por que aún en época lluviosa, hay bastante radiación solar. (véase Anexo 1, Tablas Declinación solar por mes en el año 2007)

2.2.3 Panel solar

Los paneles solares son dispositivos que aprovechan la energía que nos llega a la tierra en forma de radiación solar, el componente principal de los paneles solares son las células de silicio, siendo el componente base de los paneles solares.

Básicamente existen dos tipos de paneles solares dependiendo del uso que se desee dar principalmente, los paneles solares para el calentamiento del agua generalmente para uso domestico o colectores solares.

Se ha manejado en la tecnología dos tipos de paneles solares para el aprovechamiento de la energía solar, los módulos fotovoltaicos para producir electricidad y los colectores o paneles térmicos para agua caliente. Ambos sistemas son totalmente independientes y diferentes.

Es un hecho cierto que los paneles fotovoltaicos son enemigos del calor, la potencia del panel esta especificada en base a unas condiciones de prueba estándar, (Irradiancia 100 mW/cm², temperatura de la célula 25°C, masa de aire de 1,5, etc.). En la vida real, la temperatura de la célula es muchísimo más elevada, con lo cual la eficiencia de las células cae al aumentar la temperatura, reduciendo la potencia del panel aproximadamente un 15%. (TK=-0.44% °C)

Los paneles solares fotovoltaicos están destinado a la producción de energía solar a partir de las células de silicio, en algunos países de Euros el uso de los paneles solares fotovoltaicos, un uso se está haciendo de forma masiva de los paneles con instalaciones de huertos solares dedicados a la producción eléctrica de forma fotovoltaica.

Ejemplo España es uno de los principales fabricantes de paneles solares a nivel mundial.

El principal productor de paneles solares a nivel mundial es Japón.



3.a



3.b

Figuras 3.a y 3.b: Paneles solares de celdas fotovoltaicas¹

2.2.4 Rendimiento Paneles Fotovoltaicos

Los paneles solares fotovoltaicos por si mismos, pueden presentar cierta deficiencia por su material y es que cuando la temperatura ambiente es muy alta se vuelve deficiente de generación de energía eléctrica.

El rendimiento de las células fotovoltaicas que se comercializan en la actualidad está comprendido entre un 15% y un 25%, es decir, que sólo una pequeña parte de la energía lumínica se aprovecha realmente en forma de energía eléctrica. Este rendimiento es menor cuanto más alta es la temperatura

El aumento de temperatura en las células supone un incremento en la corriente, pero al mismo tiempo se da una disminución considerable, en proporción, de la tensión. El efecto global es que la potencia del panel solar disminuye al aumentar la temperatura de trabajo del mismo.

Una radiación de 1.000 W/m² es capaz de calentar un panel al menos 30 grados por encima de la temperatura del aire circundante, lo que reduce la tensión en :

$2 \text{ mV}/(\text{célula} \cdot \text{grado}) \cdot 36 \text{ células} \cdot 30 \text{ grados} = 2,16 \text{ Voltios}$ y por tanto la potencia en un 15%

Existe una relación directa la temperatura y cualquier sistema basado en la electricidad. Los Transformadores de alta tensión indican en su placa de características, entre la información que proporciona, la eficiencia esperada en potencia, el cual corresponde a un porcentaje específico, y que aún está supeditado a disminuir con el aumento de temperatura del sistema.

En la realidad la temperatura de la célula es más elevada de lo que indica cualquier fabricante, , con lo cual, la eficiencia de las mismas cae al aumentar la temperatura en una proporción aproximada de $TK = -0.44\% \text{ } ^\circ\text{C}$, reduciendo la potencia del panel aproximadamente un 15%.

Los motores eléctricos disminuyen su eficiencia cuando se calientan, las baterías para almacenamiento de electricidad.

Las celdas fotovoltaicas, los alternadores de las grandes centrales productoras de electricidad y todo lo que tiene relación con la electricidad está sometido a los efectos negativos del incremento de la temperatura.

En valores de porcentaje la pérdida de potencia de un sistema eléctrico es algo considerable, pero si considera a nivel global, se puede asumir gigavatios por efectos de la temperatura, en instalaciones que aunque tuvieron una inversión menor, respecto a inversiones para sistemas de energía renovable, las pérdidas se hacen cuantiosas.

En tiempos de abundancia energética, se ha despreciado la referida pérdida. Sin embargo tomando en cuenta que el tiempo actual el tema energético es considerado crítico, y con el agravante de la alta contaminación ambiental y disminución de recursos naturales no sólo por la contaminación, sino también por el calentamiento global, como consecuencia de las altas emisiones de gases de invernadero.

Por lo que optimizar los vatios de potencia que se obtienen en cualquier sistema generador y / o consumidor de energía, por lo que se hace imperante mejorar la eficiencia de los mismos, de una forma responsable.



4.a



4.b

Figuras No. 4.a y 4.b: Huertas solares

2.2.5 Funcionamiento interno de los Paneles Solares

Una instalación fotovoltaica consta de cuatro partes:

- Paneles solares
- Acumulador(es)
- Regulador
- Convertidor

2.2.6 Paneles

El panel solar se define como la unión de varias celdas que se denominan fotovoltaicas. Dependiendo de la instalación que se desee, se unen celdas para conseguir una tensión conveniente y útil; cada celda puede llegar a producir por lo general una tensión de medio voltio.

Los paneles solares tienen tipo sándwich, están hechos de una capa de cristal, otra de acetato de vinilo, las celdas que se deseen colocar, otra capa de substrato orgánico y de último otra serie de capas de vidrio.

Los paneles solares que llevan las celdas conectadas en serie, los valores de tensión varía según la cantidad de celdas que se coloquen.



Figura No. 5

Captación de Radiación solar por un panel por celda fotovoltaica

Existen distintos tipos de placas. También de acuerdo a la zona geográfica a instalar la placa requiere de distintos ángulos de inclinación. En lo posible se trata que al medio día solar los rayos lleguen al panel fotovoltaico en forma perpendicular, dando un ángulo de $+ 15^{\circ}$ hacia el punto cardinal en que se pone el sol, de esta manera aprovechamos más los rayos del atardecer.

Los paneles solares, en su mayoría entregan una tensión en vacío de 17 V.C.C. Esta, al ser conectada a la carga, se estabiliza en 14 V.C.C. También recordamos que los paneles pueden ser conectados en serie elevando la tensión a 24 V.C.C. La energía generada es regulada por un dispositivo, regulador de voltaje, el cual no permite que sobrecargue el banco de baterías y las mantenga a flote.

Luego esta energía acumulada puede conectarse a una carga en 12 - 24 V.C.C. o bien mediante el uso de inversores elevarla y transformarla a 220 V.C.A.

2.2.7 Celda fotovoltaica

Estas celdas están fabricadas de silicio. Un elemento de alta abundancia en la naturaleza, clasificado como metaloide o anfótero, por su característica medio metálica y medio no metálica, con mucha estabilidad tanto física como química. El átomo de Silicio – **Si** - es el No. 14 de la tabla periódica, ubicado en la columna IV-A (debajo del elemento No.6, el carbono – **C** -), lo que indica que tiene No. de valencia 4, o sea que el referido átomo de Silicio tiene 4 electrones en su orbital más externo.

En el comportamiento metaloide el Silicio – **Si** - en determinado instante tiene un silicio positivo y otro negativo, a consecuencia del dopado o intromisión de otros materiales contaminantes (o impurezas) en proporciones muy pequeñas, en un material base o madre, que en este caso es el Silicio.

Entre los materiales contaminantes se tiene el Fósforo, - **P** - elemento no metal, de la columna V-A, con versatilidad química, y cuyo átomo tiene 5 electrones en su orbital más externo, el cual al combinarse con el Silicio, le confiere un electrón, razón por la cual se obtiene Silicio negativo.

De forma similar se añade, también como impureza, Aluminio de la columna III-A, - **Al** - con comportamiento metálico y con 3 electrones en la capa más externa lo que propicia al átomo de Silicio la carga positiva.

Los semiconductores conocidos como celdas fotovoltaicas son capaces de generar cada de ellas una corriente de 2 a 4 Amperios, a un voltaje de 0,46 a 0,48 Voltios, utilizando como fuente de energía la radiación luminosa. Las células se montan en serie sobre paneles o módulos solares para conseguir un

voltaje adecuado. Parte de la radiación incidente se pierde por reflexión (rebota) y otra parte por transmisión (atraviesa la célula).

El resto es capaz de hacer saltar electrones de una capa a la otra creando una corriente proporcional a la radiación incidente. La capa antirreflejo aumenta la eficacia de la célula.

Generalmente, una célula fotovoltaica tiene un grosor que varía entre los 0,25 y los 0,35 mm y una forma generalmente cuadrada, con una superficie aproximadamente igual a 100 mm².

Los materiales para la fabricación de las células solares son:

- Silicio Monocristalino: de rendimiento energético hasta 15 - 17%
- Silicio Poli-cristalino: de rendimiento energético hasta 12 - 14 %
- Silicio Amorfo: con rendimiento energético menor del 10 %;
- Otros materiales: Arseniuro de galio, diseleniuro de indio y cobre, telurio de cadmio.

Actualmente, el material más utilizado es el silicio monocristalino que tiene prestaciones y duración en el tiempo superiores a cualquier otro material utilizado para el mismo fin.

2.2.8 Regulador

La implementación del regulador en el sistema tiene básicamente tres funciones:

- Evita sobrecargas a la batería que puedan producir daños.
- Impide la descarga de la batería en los periodos de luz solar suficiente.
- Asegura el funcionamiento del sistema en el punto de máxima eficacia.

El regulador mantiene constante la tensión y la alimentación del circuito y la carga de baterías.

Existen dos tipos el paralelo o shunt y los serie, los mas utilizados son los shunt, los serie son para instalaciones mayores



Figura No. 6
Regulador

2.2.9 Acumulador(es)

Los acumuladores sirven para acumular energía y consumirla en horas de poca radiación solar o de noche, estos equipos de acumulación son las baterías. Las baterías esta formadas por dos compuestos Generalmente (Plomo y ácido).

Están contruidos en módulos denominados vasos o celdas, que tendrán dos electrodos el positivo y el negativo, cada vaso (o celda) puede llegar a dar 2 voltios.

La cantidad de energía que puede almacenar una batería depende de su capacidad que se mide en A/h. Los acumuladores están compuestos por una serie de laminas electrodos de plomo.



Figura No. 7
Acumuladores

Los acumuladores son fabricados con plomo y ácido sulfúrico, lo que hace que sean altamente contaminantes al ambiente si no tienen un adecuado tratamiento cuando terminan su vida útil, aproximadamente entre 4 y 5 años. Mientras que la vida útil de los paneles fotovoltaicos está entre 20 y 30 años.

2.2.5 Convertidor

Son los más avanzados de todos los convertidores de energía cuántica y constituyen el más prometedor camino hacia la potencia electro- solar. Éste proceso es llamado también proceso de foto emisión interna. Se produce básicamente por foto emisión que posee un umbral inferior a la absorción de fotones y la luz pasa de ser luz a ser electricidad sin pasar antes por un estadio de energía térmica.

A parte de las células fotovoltaicas existen otras tecnologías, pero la fotovoltaica es la única que posee una absorción óptica muy alta y una resistencia eléctrica lo suficientemente baja como para poder convertir la energía solar en energía útil de modo económico.

Gracias a que hay una amplia elección de semiconductores con el intervalo apropiado de absorción espectral, podemos seleccionar un material apropiado que abarque el espectro solar. Éstos semiconductores se hacen uniendo partes positivas y negativas de silicio, que actualmente es el que más rinde.

Todas las células solares actuales tienen en común tres características:

1. Un absorbente óptico que convierte los fotones en pares electrón-hueco.
2. Un campo eléctrico interno que separe estas cargas.
3. Contactos en los extremos del semiconductor para la conexión con una carga externa.

La parte de los convertidores que absorbe los fotones es el semiconductor que se elige de forma que tenga una banda prohibida similar a la del espectro solar. No podríamos coger una célula solar con un valor bajo de energía de

banda prohibida aunque pareciera lo ideal para que absorbiese casi todo el espectro, pero la fuerza electromotriz de la célula está limitada por la energía de banda prohibida, y si ésta es pequeña la energía electromotriz también lo será.

Es poco probable que un fotón tenga el doble de energía que el nivel de fermi por eso siempre sólo habrá un sólo par electrón-hueco por fotón absorbido y la energía en exceso del fotón se disipa.



8.a



8.b

Figuras No. 8.a y 8.b: Convertidores o inversores

2.2.10 Electrificación solar con corriente alterna AC

Los proyectos de electrificación individual con el sistema de Corriente Alterna AC de por ejemplo 110 Voltios (que es la tensión normal en casa) se instala cuando se necesita equipos eléctricos que funcionan con corriente alterna, o sea cuando uno o más de los consumidores como refrigeradoras, licuadoras, televisores o motores necesitan la corriente alterna, las distancias entre el sistema solar (paneles o baterías) hasta los consumidores son muy grandes para evitar la pérdida de energía en los cables, la inversión inicial puede incluir el costo del inversor que "convierte" la corriente continua DC a corriente alterna AC.

En caso de limitantes económicos, se puede empezar con un pequeño sistema fotovoltaico con corriente continua, y después adquirir el inversor y aumentar paulatinamente el resto del sistema.

El sistema de energía solar de corriente alterna comprende los siguientes componentes:

- uno o más paneles solares fotovoltaicos
- uno o más acumuladores o "baterías"
- uno o más reguladores
- un inversor (generación de corriente alterna de 110 V para la red eléctrica local),
- sólo un inversor porque la mayoría de los inversores no puede trabajar en paralelo
- uno o más consumidores eléctricos

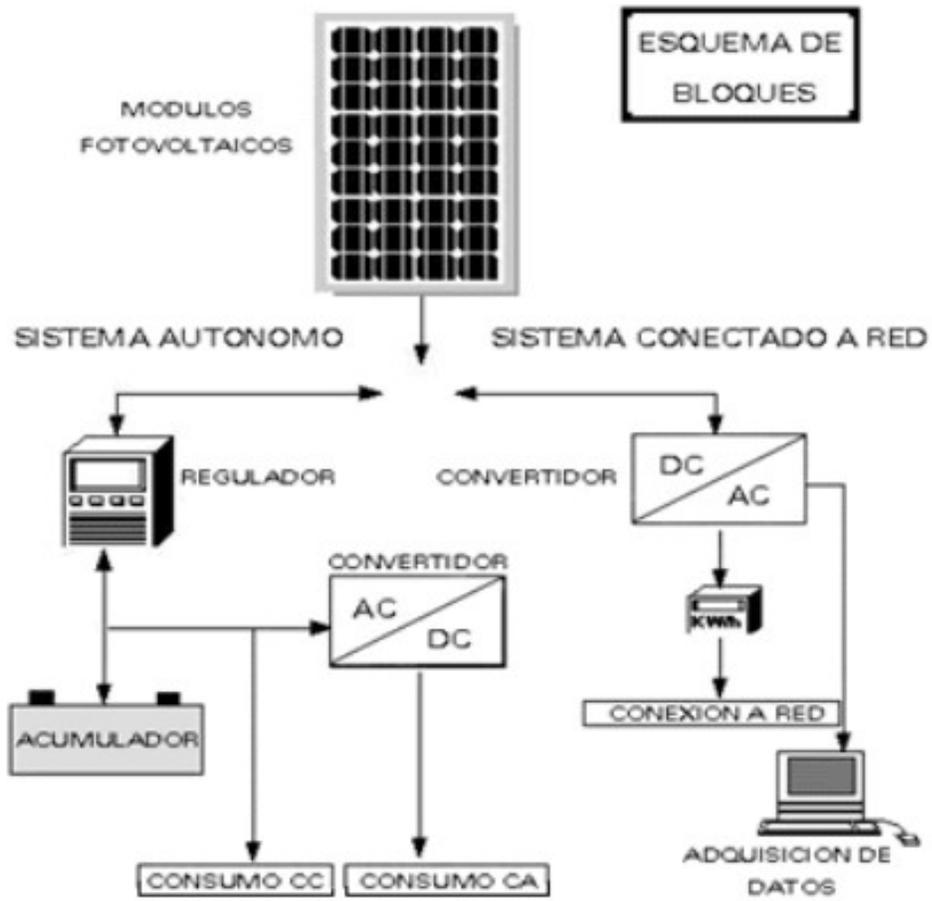


Figura 10
Plano Instalación de Fuente Energía eléctrica con Panel Solar Tradicional

3. Sostenibilidad

- 3.1 Sostenibilidad ecológica
- 3.2 Sostenibilidad económica
- 3.3 Sostenibilidad social
- 3.4 Sostenibilidad técnica

3.1 Sostenibilidad ecológica

La producción de energía, en este caso la transformación de energía del sol a energía eléctrica, es sostenible, porque la fuente de energía es renovable.

No genera contaminación como los derivados del petróleo.

La fabricación de los paneles tampoco tiene un costo ecológico elevado, como desarrollo de tecnología local, sin embargo si se considera que como tecnología importada en la consideración económica no la hace atractiva.

3.2 Sostenibilidad Económica

Aunque los costos de los equipos solares, hoy en día representan un costo de inversión alto, a mediano plazo deben bajar, la implementación de generación de energía eléctrica por captación solar a largo plazo debe ser considerado un recurso renovable sostenible, y como tal al promoverse debe abaratar la instalación de las fuentes de captación.

Entre las personas que comercializan la producción de energía con fuentes tradicionales y con intereses creados, no incluye costos indirectos de los combustibles como distribución, mantenimiento y costos ecológicos.

3.3 Sostenibilidad Social

La aceptación social de la energía solar, especialmente en países de desarrollo, está creciendo. Los eventuales impactos sociales negativos, tienen que ver más comparando convivir sin luz, a la situación nueva de vivir con electricidad, especialmente para las áreas rurales.

La aceptación técnica no es un problema, si para ello se contempla la capacitación adecuada.

Es conveniente hacer que la academia técnica, que corresponde a la Facultad de Ingeniería, refuerce la atención y promueva con responsabilidad el uso de energías renovables limpias, y asista a las instituciones y organizaciones que les compete la labor de impulsar alternativas oportunas de energía a la sociedad guatemalteca, así como de técnicas adecuadas alcanzables para la economía popular.

Las bondades del acceso a energía eléctrica, como la luz para poder estudiar por horas de la tarde o el bombeo y tratamiento de agua potable entre otros, superan eventuales impactos negativos.

3.4 Sostenibilidad Técnica

La sostenibilidad técnica, es bastante favorable con el hecho de que la vida útil de los paneles solares es de 25 a 30 años, y más aún considerando la alternativa de autogeneración donde no habrá necesidad del uso de acumuladores, y por el mismo hecho de verter energía a la red general de distribución, representará economía para el usuario.

4. SERVICIO DE PANELES SOLARES

4.1 Determinación de la oferta de Energía Eléctrica por medio de paneles fotovoltaicos

Los paneles solares cuentan con un área física de 0.45 m², de la cual se estima 0.31 m² efectiva de generación de energía fotovoltaica, ofreciendo 50 Wh, incluyendo las pérdidas ocasionadas en la generación por la asistencia de baterías, regulador y convertidor. (fuente empresa comercial en Guatemala)

Radiación en Ciudad Guatemala se estima entre 5.40 y 5.96 W/día en promedio de 6 horas efectivas de luz solar.

Considerando el máximo estimado de radiación de 5.95 Wh/día.

Y tomando el valor promedio de radiación solar de 6 horas como el aprovechamiento de radiación por día, se tiene que para un panel 50 Wh x 6 = 300 Wdía

La generación de energía fotovoltaica en 4 horas: 50 Wh x 4 = 200 Wh

4.2 Cuantificación de la demanda

Se contempla instalaciones con lámparas fluorescentes de 15 Wh, en varios juegos para calcular la demanda que pueda ser abastecida por un panel fotovoltaico. Tabla No. 2.

Tabla No. 2

Demanda de Energía eléctrica en un sistema de lámparas fluorescentes de 15 W

No.	A No. lámparas	B Tipo de lámpara	C Demanda / unidad W/hr	D = (A x C)	E Horas Consumo	F = (DxE) Wh Demanda
1	3	Fluorescente	15	45	1	45
2	3	"	15	45	4	180
4	4	"	15	60	1	60
5	4	"	15	60	4	240
6	5	"	15	75	1	75
7	5	"	15	75	4	300
8	6	"	15	90	1	90
9	6	"	15	90	4	360
10	7	"	15	105	1	105
11	7	"	15	105	4	420
12	8	"	15	120	1	120
13	8	"	15	120	4	480
14	9	"	15	135	1	135
15	9	"	15	135	4	540

Los paneles solares cuentan con un área física de 0.45 m², de la cual se estima 0.31 m² efectiva de generación de energía fotovoltaica, ofreciendo 50 Wh, incluyendo las pérdidas ocasionadas en la generación por la asistencia de baterías, regulador y convertidor.

Radiación en Ciudad Guatemala se estima entre 5.40 y 5.96 W/día en promedio de 6 horas efectivas de luz solar.

Considerando el máximo estimado de radiación de 5.95 Wh/día.

Y tomando el valor promedio de radiación solar de 6 horas como el aprovechamiento de radiación por día, se tiene que para un panel $50 \text{ Wh} \times 6 = 300 \text{ W/día}$

La generación de energía fotovoltaica en 4 horas: $50 \text{ Wh} \times 4 = 200 \text{ Wh}$

4.3 Balance de suministro eléctrico

Al hacer una comparación de la generación de un panel con la posible demanda observada en el renglón No. 3 de la tabla No. 2 (Anexo), se toma el parámetro de un set de 6 lámparas con demanda 90 Wh , y con un conjunto de 2 paneles dará cobertura de la demanda al 111 %.

En caso de que el sistema de iluminación se necesite que funcione todos los días, al menos 4 horas máximo de uso, igualmente 2 paneles darán cobertura al 111 %, sin embargo no es está la situación, debido a que no funciona todos los días, y los eventos que se llevan a cabo por lo general no duran 4 horas.

5. ÁREA DE ILUMINACIÓN

5.1 Área seleccionada

Se estima conveniente establecer la instalación de alimentación de energía eléctrica generada por paneles fotovoltaicos a la alimentación del Edificio T – 6, Auditorium de la Facultad de Ingeniería.

Este edificio en su interior cuenta con un sistema de iluminación de 144 lámparas (focos), en la actualidad éstos son incandescentes, y como primera medida es conveniente cambiarlos a focos fluorescentes de 15 W de consumo, que garantizarán menor consumo de energía eléctrica en el uso del edificio T–6, global para. La instalación del edificio T – 6 no está en uso constante.

Al considerar haber cambiado la iluminación a 144 focos fluorescentes de 15 W cada uno, se estima un consumo total de 2.16 kWh, lo cual estaría cubierto con un conjunto de 50 paneles fotovoltaicos, dando una cobertura del 116 % (renglón No. 26 tabla No. 3 Anexo), solamente para la demanda de iluminación, lo cual a la vez es muy ajustada la cobertura.

También se plantean instalaciones con 60, 70 y 80 paneles (renglones 20, 32, y 34 tabla No. 2, Anexo), los cuales darían coberturas de 139 %m 162 % y 185 %, que con la selección de alguno de estos garantiza holgura suficiente holgura sobre la demanda de iluminación, y daría lugar incluso a agregar más lámparas en el referido ambiente del edificio T – 6.

Debe tomarse en cuenta que la terraza del Edificio T -6 tiene un área de terraza de 680 m², sin embargo no es plana uniforme, lo cual dificultaría la instalación de los paneles fotovoltaicos, debido a que los paneles deben estar sobre una superficie plana uniforme.

Razón por la que se estima conveniente colocarlos sobre el área de terraza del edificio T – 4, el cual está a 15 metros de distancia y hay entre los dos edificios un corredor techado. Sobre este techo se puede hacer pasar el cableado eléctrico proveniente de los paneles fotovoltaicos.

En un área definida como es el Edificio T – 6, iluminado actualmente con 50 lámparas incandescentes, instalación que no está en uso constante, al cambiar el tipo de iluminación se puede considerar un panel de 50 Wdía por cada 5 lámparas fluorescentes, o considerar cierta iluminación exterior de los edificios de la Facultad de Ingeniería.

5.2 Aprovechamiento de generación fotovoltaica

Proporción de aprovechamiento de energía fotovoltaica, en diferentes instalaciones, en la tabla No. 3, Anexo, se hace un análisis de la demanda.

Al considerar haber cambiado la iluminación a 144 focos fluorescentes de 15 W cada uno, se estima un consumo total de 2.16 kWh, lo cual estaría cubierto con un conjunto de 50 paneles fotovoltaicos, dando una cobertura del 116 % (renglón No. 3 Tabla No. 4 Anexo; la tabla No. 4 es un resumen de la tabla No. 3), solamente para la demanda de iluminación, lo cual a la vez es muy ajustada la cobertura.

También se plantean instalaciones con 60, 70 y 80 paneles (renglones 4, 5, y 6 tabla No. 6, Anexo 4), los cuales darían coberturas de 139 %m 162 % y 185 %, que con la selección de alguno de estos garantiza holgura suficiente holgura sobre la demanda de iluminación, y daría lugar incluso a agregar más lámparas en el referido ambiente del edificio T – 6..

Al no usar frecuentemente el edificio T – 6, y hacer uso de la instalación fotovoltaica, es necesario almacenar la energía solar captada con acumuladores de almacenamiento.

5.3 Acumuladores

Los acumuladores o baterías electro voltaicas, usados(as) son de ciclo profundo, tecnología adaptada a los sistemas fotovoltaicos, que garantiza una mayor rebaja de la energía almacenada sin llegar a dañar el sistema de la batería.

Sin embargo el diseño de interno de los acumuladores son celdas con placas de plomo y ácido sulfúrico, lo que permite con la reacción interna almacenar la energía solar, captada por el sistema fotovoltaico, y luego dar el servicio de proveer dicha energía como energía eléctrica..

Cuando no se usa la energía almacenada por los acumuladores, la energía solar captada por los paneles se pierde, y se desaprovecha la instalación, lo que repercute en menor eficiencia.

Según las casa comerciales tanto fabricantes como distribuidores ofrecen un tiempo de vida para los paneles de 25 a 30 años, mientras que los acumuladores que se instalen, no tienen más de 5 años de tiempo de uso.

Con el inconveniente que al desechar los acumuladores, se convierte en material de desecho altamente contaminante, si no tienen éstos, un tratamiento adecuado, especialmente por las placas de plomo, material considerado altamente contaminante.

Probablemente el enfoque de producción de energía renovable y limpia, se pierde y se agudiza con la contaminación solapada, que se está propiciándose con el uso de acumuladores.

El uso de acumuladores se ha justificado cuando la instalación fotovoltaica se desarrolla en lugares muy apartados a la red de distribución nacional de EE.

5.4 Generación Distribuida Renovable

Es la modalidad de generación de electricidad producida por unidades de tecnología de generación con recursos renovables, que se conectan a instalaciones de distribución cuyo aporte de potencia es inferior o igual al que establece el RLGE (4),

La Generación Distribuida Renovable está establecido por la Comisión Nación de Energía Eléctrica – CNEE - , con la Norma Técnica para la Conexión, Operación, Control y comercialización de la Generación Distribuida Renovable – NTGDR – y usuarios Autoprodutores con Excedentes de Energía. (4)

Esta normativa contempla que cualquier generador de EE, por medio de fuentes de energía renovable menor de 5MW, puede aplicar ser un Usuario Autoprodutor, que consiste en verter a la red general de distribución de energía eléctrica, el excedente de su producción, convirtiéndose en un Generador Distribuidor Renovable.

Un Generador Distribuidor Renovable, no recibirá aporte económico físico de parte de las autoridades relacionadas con la generación de energía eléctrica, pero si contempla un medidor de consumo bidireccional, el cual mide los kW vertidos a la red de distribución y repercutirá en beneficio económico al ser descontado de la medición de consumo de la instalación en cuestión.

“ El Usuario Auroprodutor o Generador Distribuidor Renovable, puede ser una persona individual o jurídica, titular o poseedora de una central de generación eléctrica, que utiliza recursos energéticos renovables y participa en la actividad de Generación Distribuida Renovable. Estos serán considerados como Participantes del Mercado Mayorista”. (4)

6. ANÁLISIS FINANCIERO

6.1 Consumo Energía Eléctrica

El complejo de edificios de la Facultad de Ingeniería cuenta con 4 contadores de consumo eléctrico, estando la demanda del servicio del edificio T-6 incluida, en el control de medición del contador código T-01141, con No. Correlativo de Facturación, 972767, ubicado al frente del edificio T-3, sobre un poste, en la acera de la Facultad de Arquitectura. Este contador controla el consumo del edificio T – 3, mayoría de consumo del edificio T – 4, mayoría consumo del edificio T – 5 y edificio T – 6.

Además cuenta con los contadores:

- L-91710, con No. correlativo de facturación 658465, que mide el consumo parcial del edificio T – 4 (parcialmente la Decanatura, departamento de matemática y Centro de Cálculo).
- J-38385, No. correlativo de facturación 658656, que mide el consumo del área del laboratorio de Operaciones Unitarias, ubicado en el edificio T – 5.
- K – 21123, No. correlativo de facturación 658471, que mide el consumo del edificio T – 7.

Se estimó un consumo promedio mensual, del ciclo anual comprendido entre el mes de octubre 2007 a septiembre 2008, de los referidos contadores, según registros de la Dirección de Servicios Generales de la Universidad de San Carlos. Estos registros son sobre 11 meses, por que la USAC no presenta registros consumo en el mes de diciembre 2007 (lo cual se repite para años anteriores).

El consumo promedio del servicio eléctrico para el complejo de edificios de la Facultad de Ingeniería (25), tabla No. 9, (Anexo 7), refleja un consumo de: 58421.5 kW/mes, con un costo de Q101,014.32/mes, con IVA, y sin IVA Q90,191.36.

La Universidad de San Carlos, está clasificada como Gran Usuario, en la Empresa Eléctrica de Guatemala, con tarifa de consumo de Q 1.71 / KWH.

Tomando el rubro de consumo promedio mensual sin IVA de Q 90,191.36 dividido entre los 58,421.5 kW, da una tarifa real de consumo de Q 1.5438 / KWH.

6.2 Consumo del Edificio T – 6

6.2.1 Consumo Teórico

En el análisis de consumo para 144 lámparas presentado en la tabla No. 3 (Anexo), se tiene que para 6 horas/ día de servicio del T – 6 es 2.16 kW, lo que representa para un día de consumo de 6 horas un consumo de 12.96 kW,, con un costo de Q 121.97, en uso de las instalaciones solamente 15 días, representa 1188 kW con costo de Q 1,829.52.

Sí el servicio del T – 6 fuera las 12 horas diurnas, tendría un consumo de 158.4 kW equivalente a Q 243.94, que reflejado al mes (30 días / mes), daría 2,376 kW equivalente a Q 3,659.04. Tabla No. 10 (Anexo 8).

6.2.2 Consumo Real

La instalación de iluminación del edificio T – 6 cuenta con 2 líneas alimentación de EE, siendo Línea 1 (L 1) y Línea 2 (L 2), en el tablero eléctrico de distribución.

Se midió con un amperímetro ambas líneas y dio lecturas de:

L 1 = 95 A, L 2 = 25 A, lo que sumado nos da un total de 120 A.

Lo que ayuda a calcular la potencia con la alimentación de voltaje de 110W, $P = V \cdot A$ dando $P = (120 \text{ A}) \cdot (110 \text{ W}) = 1,320 \text{ W}$, equivalente a 13.2 kW, en comparación con el consumo teórico de 12.96 W. 13.2 kW representa un costo de Q 20.33 / hora, que en 6 horas es 79.2 kW, con Q 121.97 de consumo, equivalente a Q 1,829.52 / mes de consumo (estimando uso del edificio T – 6 15 días al mes) del edificio T – 6, aplicando Q 1.54 / kWh. Tabla No. 10 (Anexo 8).

Se estima que de la conexión de potencia del Edificio T - 6, el 25 % corresponde a iluminación, con los datos 3.3 kW / hora, Q 5.08, 19.8 kW en 6 horas, con costo de Q 30.49, dando al mes 297 kW con un valor de Q 457.38.

El monto de Q 457.38 representa el 0.51 % del consumo total del complejo de instalación de energía eléctrica de la Facultad de Ingeniería que es de Q90,191.36 al mes.

6.3 Instalación de Paneles Fotovoltaicos

6.3.1 Instalación Convencional

Considerando el área de cada panel fotovoltaico que es de 0.45 m^2 , y tomando el dato de la tabla No. 4, (Anexo 2), para una cobertura teórica del 162 % con 70 paneles, se necesita un área de $0.45 \text{ m}^2 \times 70 = 31.5 \text{ m}^2$.

Se debe tomar en cuenta que hay una pérdida de potencia, aproximada de un 25 %, en la instalación misma, por la resistencia del cableado, el almacenamiento y desalmacenamiento de la energía en los acumuladores.

El costo promedio por panel en el mercado local está en Q 4,000.00, por lo que se tendría una inversión de $70 \times \text{Q } 4,000.00 = \text{Q } 280,000.00$.

Para 70 paneles se necesitan aproximadamente 40 acumuladores de 600 amperios (A) de ciclo profundo a un precio promedio de Q 240,000.00 cada una. Con lo que se tiene una inversión de Q 240,000.00, inicial y reinversión de monto equivalente cada 5 años, por lo que como valor presente sería una inversión de Q 1,200,000.00.

Para 70 paneles se necesitan 1 inversor de 4,000 W a un precio promedio de Q 18,000.00.

El regulador para la oferta de 70 paneles, tiene un precio aproximado de Q 6,000.00.

Todo lo anterior más inversión de cableado de aproximadamente 30 m del tablero eléctrico interno del T – 6 a la terraza del T – 4, donde se colocarán los paneles fotovoltaicos, y accesorios.

Valor Presente Instalación, incluyendo reinversiones de acumuladores:

70	Paneles Fotovoltaicos	Q	280,000.00
40	Acumuladores		120,000.00
1	Inversor		18,000.00
1	Regulador		6,000.00
	Total		424,000.00

El consumo de Energía Eléctrica del edificio T – 6 (Tabla 10, Anexo 8) es de Q 1,829. / mes, lo que al año es de Q 1,829.52 / mes x 11 meses = Q 20,124.72 / años y en 30 años en Valor presente.

De estos rubros, correspondientes a la conexión de potencia total del Edificio T – 6, se estima que el 25 % corresponde a iluminación (no hay registros de referencia), por lo que se tiene un consumo de Q 457.38 / mes, anual corresponde Q 5,031.18.

Comparación Inversión con consumo del T - 6 con un incremento promedio del 3 % anual, de la Tarifa eléctrica, para 30 años.

Inversión Valor Presente	Q	424,000.00 (-)
Consumo Valor Presente		239,360.48 (-)
Generación para consumo		239,360.48 (+)
Tot Inver Equipo y Consumo	Q	424,000.00 (-)

En la tabla No. 11 (Anexo 9), se presenta el cálculo, por medio de fórmulas financieras de Excel, de la Tasa Interna de Retorno, la Tasa Mínima de Retorno y el Valor Actual y Valor Presente Neto

TIRM	0.16
TIR	Indefinido
VNA	(Q153,425.02)
INVERSION	-424,000.00
VNA	(Q153,425.02)
VPN	-577,425.02

Estos resultados nos indican que necesita una Tasa Mínima de Retorno del 0.16, sin embargo no se da Tasa Interna de Retorno en el período de 30 años, teniendo un Valor Presente Neto con valor desfavorable de Q153,425.02..

Lo anterior indica que este tipo de inversión no es conveniente, por lo tanto no es factible su desarrollo, en términos financieros.

6.3.2 Instalación no Convencional

Se considera en el presente diagnóstico de factibilidad, una instalación de generación de energía renovable como lo estipula el normativo del CNEE para Generador Distribuidor Renovable. (4)

En este tipo de instalación contempla la modalidad de verter directamente, todo el tiempo, a la línea general de distribución aquella energía solar captada y convertida a energía eléctrica, sin pasar por acumuladores de almacenamiento, por lo que no hay necesidad de contemplar la inversión relacionada con los acumuladores.

Sí el tiempo de uso del T – 6 es 15 días al mes, o 50 % del tiempo, entonces la energía excedente que generan los paneles, según tabla No. 4 (Anexo 2) la oferta de energía de 70 paneles es de 3,5 kWh, día captación energía sola, es de 6 horas, con lo que se tiene una captación de 3,5 kWh/hr *6 horas = 21,000 WH, equivalente a 21 kW, y estimando el 50 % del tiempo de energía generada excedente a 15 días, da un valor de generación de 315,000 W o sea de 315 kW mes, excedente; y comparando con la demanda del servicio del auditorium que está en 297 kW

A un costo de Q 1.54 /kW (sin IVA Tabla No. 10 Anexo ,8), se tiene 315kW*Q 1.54 = Q 485.10 / mes, de excedente.

Por 12 meses de captación solar: 315 kW * 12 = 3,780kW, equivalente a Q485.10 = Q 5,821.20.

Proyectado a 30 años Valor presente, con un incremento del 3 % anual (incremento aproximado de la tarifa eléctrica): Análisis Preliminar Valor Presente:

70	Paneles Fotovoltaicos	Q	280,000.00
1	Inversor		18,000.00
1	Regulador		6,000.00
	Total		304,000.00

Comparación Inversión con consumo del T – 6, para 30 años, calculo preliminar sin aplicar relación financiera:

Inversión Valor Presente (-)	Q	304,000.00	
Consumo Valor Presente (-)		239,360.48	50 % tiempo
Valor Energía excedente (+)		522,241.05	100% tiempo
Diferencia	(-) Q	21,119.43	

Trabajando las fórmulas financieras de Excel los valores de Tasa Interna de Retorno TIR, Tasa Interna de Retorno Mínima TIRM, Valor Actual VNA y Valor Presente Neto VPN., se obtienen los resultados:

TIRM	0.09
TIR	3.34%
VNA	Q181,496.50
INVERSION	-304000.00
VNA	Q165,274.33
VPN	-138,725.67

En la Tabla No. 11, (Anexo 9) se presenta los resultados de cálculo de Tasa Interna de Retorno, Tasa mínima de Retorno, Valor Actual, y Valor Presente Neto.

Se tomo como tasa de interés 7.025, %, como tasa estándar del Banco de Guatemala en el mes de octubre 2008., para los cálculos de Tasa Minina de Retorno, tanto para la tasa de financiamiento y Refinanciamiento (cálculo con fórmulas financieras Excel), así como para el Valor Actual, presentando a continuación los resultados de los 2 proyectos:

Se tienen los resultados:

	Proyecto 1		Proyecto 2
TIRM	0.16		0.09
TIR	Indefinido		3.34%
VNA	(Q153,425.02)		Q181,496.50
INVERSION	-424,000.00		-304000.00
VNA	(Q153,425.02)		Q165,274.33
VPN	-577,425.02		-138,725.67

Los valores para el Proyecto 2, son más alentadores, que los resultados del Proyecto 1.

Al final de 30 años, el Proyecto 2 da un monto de recuperación de Q165,274.33 a favor, con una Tasa Interna de Retorno del 3.34 %, y Valor Presente Neto ofrece una recuperación neta de Q -138,725.67.

Para El Proyecto 1, el cálculo es menos favorable, debido a que no presenta cálculo del TIR, Tasa Interna de Retorno, no ofrece ninguna recuperación en el período de 30 años, siendo un valor Q -153,425.02, y el Valor Presente Neto es deficitario con Q – 577,425.02..

El Proyecto 1, no se recomienda, en comparación con el consumo de EE del Edificio T – 6 en 30 años, sería de Q - 20,124.72 (Anexo 8 Tabla No. 10) con un incremento anual del 3%, da un monto de Q -957,441.92, Visualizando con esta proyección se aprecia porque no da el cálculo de la Tasa Interna de Retorno para 30 años.

Los dos proyectos no son factibles económicamente, no ofrecen recuperación en el plazo de 30 años.

El Proyecto 1 no es recomendable, a menos que se desee suplir una demanda en un lugar muy alejado de la red de distribución nacional,

El Proyecto 2, la oferta de recuperación con Valor Presente Neto de Q138,725.67, en rojo.

Esto no la hace factible económicamente, sin embargo, se puede considerar el enfoque de estudio de la tecnología fotovoltaica, y el rendimiento de costo – beneficio en la aplicación de la reciente Norma de DGR del CNEE.

6.3.3 Punto de Equilibrio

En la tabla No. 13 (Anexo 13) se presentan los flujos acumulados, considerando un incremento del 3 % anual de la tarifa eléctrica, para el Proyecto 1. Este flujo acumulado (tomando en cuenta las inversiones periódicas de cada 5 años de Q120,000.00 para acumuladores), llega a intersectarse con la línea de inversión hasta el año 56, aunque la tabla muestra que para el año 30 todavía no se acerca a intersectarse, esto se muestra en la Gráfica No. 5 (Anexo 14).

Para el Proyecto 2, tanto en Tabla No. 13 (Anexo 13) como en la Gráfica No. 5, respectiva) donde se presenta los flujos acumulados, considerando un incremento del 3 % anual de la tarifa eléctrica, este flujo acumulado llega a intersectarse con la línea de inversión entre el año 12 y año 13.

Según estos cálculos, entre los dos proyectos es más atractivo el proyecto 2.

CONCLUSIONES

1. En el presente diagnóstico se muestra a la tecnología fotovoltaica para la alimentación de energía eléctrica en la iluminación del Edificio T – 6, de la Facultad de Ingeniería.

Se establece que se puede adecuar la alimentación de energía para los requerimientos energéticos de iluminación para el Edificio T – 6 , considerando la opción de instalación fotovoltaica no convencional, como más accesible, en relación a los costos, debido a que no necesita acumuladores, y reinversión periódica da cada cinco años.

2. En el análisis presentado sobre las opciones de Instalaciones de Energía Renovable por medio de paneles fotovoltaicos, se clasificó como Proyecto 1: Instalación Convencional con uso de acumuladores y Proyecto 2: Instalación no Convencional sin uso de acumuladores.

Ambas Alternativas no son factibles, en relación a términos financieros. En el plazo de 30 años el Valor Presente Neto para ambos proyectos es negativo, sin embargo el Valor Presente Neto del Proyecto 2, representa el 24.02 % del Valor Presente Neto del Proyecto 1, haciendo que dicho Proyecto 2 se puede considerar como una alternativa, con consideraciones no necesariamente económicas, como son las relacionadas a producción de Energía Limpia, totalmente amigable al medio ambiente., sobre todo que no usa acumuladores, los cuales al desecharse, recurrentemente cada 5 años, y no tener un tratamiento adecuado, contraviene el enfoque medio ambiental.

Sin embargo al observar el comportamiento de las comparaciones de los flujos acumulados de ambos proyectos, respecto a las inversiones iniciales,

presentado como punto de equilibrio, es atractivo el proyecto 2, según se observa en la Gráfica No. 5, (Anexo 15),

3. Una Instalación de Energía Eléctrica por medio de Fuente Renovable Limpia, debe presentarse como un proyecto académico, usándose como laboratorio demostrativo, donde el conocimiento que se comparta con los estudiantes, dando un valor agregado de alta cuantía, y refuerza la factibilidad en el contexto de medio ambiente.

El contexto de Instalar un Sistema Fotovoltaico, como proyecto académico le da una posición de consideración, en comparación con los resultados financieros, que indican que ambos proyectos no son factibles.

4. Es una realidad la posibilidad de que una persona individual o jurídica, aún siendo un pequeño generador de EE renovable, puede verter su energía excedente a la Red de Distribución, convirtiéndose en Generador Distribuidor Renovable. (4)

Razón por la que hará a la Facultad de Ingeniería USAC, pionera en la aplicación de tecnología generadora de Energía Limpia Renovable , con la modalidad de Generador Distribuidor Renovable.

RECOMENDACIONES

1. Considerar el Proyecto 2 Instalación de Energía Fotovoltaica no Convencional, sin acumuladores de almacenamiento de energía, bajo las premisas:

- Económica: presenta resultados realizables a un plazo mayor de los 30 años de vida de los paneles fotovoltaicos
- Medio Ambiente: La consideración de energía limpia renovable, evitando contaminación por desecho de acumuladores, como energía generada por combustibles fósiles.
- Académico: Instalación accesible a la docencia relacionada con el tema de energía renovable y limpia.
- Desarrollar actividades y laboratorios que se relacionen con los beneficios que ofrece una Instalación de Energía Fotovoltaica, así como estudios para mejorar en Guatemala, este tipo de tecnología.

2. Instalar un Sistema Fotovoltaico con 70 paneles de 50 W de generación cada uno, supliendo la demanda del edificio T – 6, hasta un 162 %, en la modalidad presentada en el Proyecto 2, en la cual no incluye acumuladores para el almacenamiento de energía.

Desarrollar el Proyecto de Instalación del Sistema Fotovoltaico, con entidades no lucrativas, locales o internacionales, interesadas en donar montos totales o parciales para proyectos en beneficio del medio ambiente.

El anterior contexto, compensará los resultados de montos negativos de Valor Presente Neto de las opciones analizadas, considerando en mejor

posición la alternativa Proyecto 2, tomando en cuenta la comparación del punto de equilibrio.

3. Desarrollar en los programas del Pensum de Estudios de Ingeniería, USAC, en los cursos relacionados con el tema de generación de energía, promoviendo el estudio de energías renovables, como investigación continua del tema energético.

Estudiar, observar y dar seguimiento, de los resultados que se obtengan de las investigaciones relacionadas con el sistema fotovoltaico como alternativa de energía renovable, con acceso a la instalación de paneles fotovoltaicos.

4. Es pertinente que se instale un sistema de Energía Renovable Limpia, como lo es la energía fotovoltaica, en la Facultad de Ingeniería, siendo así la primera entidad que se convertirá en Generador Distribuidor Renovable, amparándose con la Normativa de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, convirtiéndose en Generador Distribuidor Renovable.

Esta modalidad, incide en aprovechar al 100 % de tiempo instalado la captación de energía solar, y a la vez representa una economía para el usuario, toda vez, con un contador bidireccional, el usuario tendrá una compensación en la factura de consumo de energía eléctrica.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, Reglamento de la ley General de Electricidad, ACUERDO GUBERNATIVO NUMERO 256-97, *Guatemala, 21 de marzo de 1,997*
- 2) COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA, TARIFA DE CONSUMO ELÉCTRICO, Resolución CNEE 18 -2005 , Guatemala 31 de enero de 2005.
- 3) Ministerio de Energía y Minas, DIRECCIÓN GENERAL DE ENERGÍA, Decreto Número 52-2003 Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable, Acuerdo Gubernativo No. 211-2005, Reglamento de la Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable
- 4) Comisión Nacional de Energía Eléctrica – CNEE - , Norma Técnica para la Conexión, Operación, Control y Comercialización de la Generación Distribuida Renovable – NTGDR – y Usuarios Autoproductores con Excedentes de Energía. 24-10-2008.
- 5) Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, (Decreto No. 68-86)
- 6) Dirección General de Energía, GUÍA PARA LA PRESENTACIÓN DE SOLICITUDES DE AUTORIZACIÓN DEFINITIVA PARA UTILIZAR BIENES DE DOMINIO PÚBLICO PARA LA INSTALACION DE CENTRALES GENERADORAS UTILIZADORAS DE ENERGIAS RENOVABLES NO TRADICIONALES
- 7) MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, REGLAMENTO ORGÁNICO INTERNO DEL MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, ACUERDO GUBERNATIVO NÚMERO 620-2003

- 8) Ley General de Electricidad (Decreto No. 93-96)
- 9) Acuerdo Gubernativo No. 68-2007 Ampliación Artículo No. 39 de Ley General de Electricidad.
- 10) Panel solar hibrido fotovoltaico/ térmico con incremento de eficiencia en sistema fotovoltaico, Autor: Luis López López, <http://panelsolarhibrido.es>
- 11) Consernegy Biotek. www.consernegybiotek.com
- 12) Energía Solar Fotovoltaica, CODESO – Ecuador
- 13) Guía para la presentación de solicitudes de autorización definitiva para utilizar bienes de dominio público para la instalación de centrales generadoras utilizadoras de energías renovables no tradicionales. Dirección General de Energía, Ley General de Electricidad, Artículo No. 4.
- 14) Ovalle Saenz, Flavio Francisco, APLICACIONES DE ENERGÍA SOLAR Y CONTROL DE PANEL FOTOVOLTAICO. Tesis Facultad de Ingeniería, USAC. 1993
- 15) Sagastume García, Carlos Humberto Estudio de prefactibilidad para una pequeña empresa productora de calentadores de agua mediante paneles solares / Carlos Humberto Sagastume García. Tesis, Facultad de Ingeniería USAC. 1993
- 16) Gálvez Berríos, Manuel Antonio. Factibilidad de utilizar la energía solar para el precalentamiento de agua para caldera. Tesis. Facultad de Ingeniería USAC. 1978
- 17) Villatoro Mazariegos, Wilfredo Alfonso. Evaluación de rentabilidad de un proyecto de deshidratación de manzana por medio de energía solar /

Wilfredo Alfonso Villatoro Mazariegos.. Tesis. Facultad de CC. Económicas. USAC. 2005.

18) Gramajo Castillo, Alejandro. Estudio de energía solar concentrada para obtención de energía eléctrica. Tesis. Ingeniería. USAC. 1996.

19) De la Roca Mendoza, Luis Fernando. Energía solar fototérmica aplicada a la acuicultura . Tesis. Ingeniería,. USAC. 2003.

20) Joaquín Barrios, Carmencita de los Ángeles. Diseño de un sistema solar fotovoltaico aislado, para el suministro de energía eléctrica a la comunidad rural Buena Vista, San Marcos. Tesis. Ingeniería. USAC. 2008

21) Cohen Detlefsen, Eduardo. Uso y diseño de la energía solar en ingeniería. Tesis. Ingeniería. USAC. 1994.

22) Súchite Franco, Jorge Antonio. Aplicación de la energía solar en las aldeas de Huite, Zacapa. Tesis. Ingeniería. USAC. 1997

23) Funes Aguirre, Fernando Antonio. Modelo de sistema energético descentralizado basado en tecnología fotovoltaica para electrificación de poblaciones rurales aisladas. Tesis. Ingeniería. USAC.1998.

24) Ixpatá Reyes, Edwin Josué. Implementación de la energía solar para un centro integrador de tecnología para el desarrollo en escuelas rurales . Tesis. Ingeniería. USAC. 2004.

25) Servicios Generales, Universidad de San Carlos de Guatemala, Registros contables, Consumo Energía Eléctrica.

26) <http://es.wikipedia.org/wiki/Vatio>

ANEXOS

Anexo 1

Tabla No. 3
Demanda No. lámparas comparado con Oferta No. paneles fotovoltaicos.

No.	No. lámparas	Potencia / lámpara (W)	Total Demanda (W)	Demanda lámpara / hora				No. paneles fotovoltaicos	Oferta W / tot	% cobertura Panel fotovoltaico (Wh)				
				1hr	2hr	4hr	6hr			1 hora	2 horas	4 horas	6 horas	
1	1	15	15	15	30	60	90	1	50	333	333	333	333	
2	4	15	60	60	120	240	360	1	50	333	83	83	83	
3	6	15	90	90	180	360	540	2	100	111	111	111	111	X
4	8	15	120	120	240	480	720	2	100	667	83	83	83	
5	10	15	150	150	300	600	900	2	100	667	67	67	67	
6	14	15	210	210	420	840	1260	3	150	1000	71	71	71	
7	16	15	240	240	480	960	1440	3	150	1000	63	63	63	
8	18	15	270	270	540	1080	1620	3	150	1000	56	56	56	
9	20	15	300	300	600	1200	1800	3	150	1000	50	50	50	
10	30	15	450	450	900	1800	2700	4	200	1333	44	44	44	
11	30	15	450	450	900	1800	2700	5	250	1667	56	56	56	
12	30	15	450	450	900	1800	2700	6	300	2000	67	67	67	
13	40	15	600	600	1200	2400	3600	6	300	2000	50	50	50	
14	50	15	750	750	1500	3000	4500	7	350	2333	47	47	47	
15	50	15	750	750	1500	3000	4500	8	400	2667	53	53	53	
16	55	15	825	825	1650	3300	4950	8	400	2667	48	48	48	
17	100	15	1500	1500	3000	6000	9000	16	800	5333	53	53	53	
18	120	15	1800	1800	3600	7200	10800	18	900	6000	50	50	50	
19	140	15	2100	2100	4200	8400	12600	22	1100	7333	52	52	52	
20	144	15	2160	2160	4320	8640	12960	24	1200	8000	56	56	56	
21	150	15	2250	2250	4500	9000	13500	24	1200	8000	53	53	53	
22	150	15	2250	2250	4500	9000	13500	30	1500	10000	67	67	67	
23	150	15	2250	2250	4500	9000	13500	40	2000	13333	89	89	89	
24	144	15	2160	2160	4320	8640	12960	40	2000	13333	93	93	93	
25	160	15	2400	2400	4800	9600	14400	50	2500	16667	104	104	104	
26	144	15	2160	2160	4320	8640	12960	50	2500	16667	116	116	116	X
27	170	15	2550	2550	5100	10200	15300	60	3000	20000	118	118	118	x
28	180	15	2700	2700	5400	10800	16200	60	3000	20000	111	111	111	x
29	144	15	2160	2160	4320	8640	12960	60	3000	20000	139	139	139	X
30	180	15	2700	2700	5400	10800	16200	70	3500	23333	130	130	130	x
31	190	15	2850	2850	5700	11400	17100	70	3500	23333	123	123	123	x
32	144	15	2160	2160	4320	8640	12960	70	3500	23333	162	162	162	X
32	190	15	2850	2850	5700	11400	17100	80	4000	26667	140	140	140	x
33	200	15	3000	3000	6000	12000	18000	80	4000	26667	133	133	133	x
34	144	15	2160	2160	4320	8640	12960	80	4000	26667	185	185	185	X

Anexo 2

Tabla No. 4
Cuadro Comparativo Demanda Real Teórica Vrs. Oferta No. Paneles

1 No. lámparas	2 Potencial/ lámpara (W)	3 Tot Demanda (W / hr)	4 Demanda / lámpara / t			7	8 No. paneles fotovoltaic os	9 Oferta W / tot	10 % cobertura Panel fotovoltaico (Wh)			13	
			1hr	2hr	4hr				6hr	1 hora	2 horas		4 horas
1	6	15	90	180	360	540	2	100	667	111	111	111	X
2	144	15	2160	4320	8640	12960	40	2000	93	93	93	93	
3	144	15	2160	4320	8640	12960	50	2500	116	116	116	116	X
4	144	15	2160	4320	8640	12960	60	3000	139	139	139	139	X
5	144	15	2160	4320	8640	12960	70	3500	162	162	162	162	X
6	144	15	2160	4320	8640	12960	80	4000	185	185	185	185	X

Nota: En el renglón 1, se ve la 1er. Relación de 2 paneles para 6 lámparas, con lo que se cubre demanda, a partir de 50 paneles se cumple la demanda real teórica de 144 lámparas, con excedente. Los valores de % oferta vrs demanda de columnas 11, 12 y 13, dan los mismos porcentajes, debido a que las ofertas de EE de los paneles en esos tiempos suple la demanda de las lámparas en los mismos tiempos indicados, lo cual se presenta en las columnas 5, 6 y 7..

Anexo 3

Tabla No. 5
Consumo Energía Eléctrica del Edificio T - 4,parcial, Centro de Cálculo,
Decanatura y Departamento de Matemática, Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA														
DIVISION DE SERVICIOS GENERALES														
DEPARTAMENTO DE SERVICIOS														
Año 2008 de enero a septiembre y Año 2007 octubre y noviembre														
No.	Mes	CONTADOR	UBICACION	CORRELA	LECTURA		FACTU. No.	KW	total iva	con	IVA	TOTAL		
					ACTUAL	ANTERIOR								
1	Septiembre	A-58234	Decanatura Fac. Ing. USAC Zona 12	658465	11005	7274	114247882	3731	Q	7282.92	Q	6502.61		
2	Agosto	A-58234	Decanatura Fac. Ing. USAC Zona 12	658465	7274	3356	113377922	3918	Q	7388.49	Q	6596.87		
3	Julio	A-58234	Decanatura Fac. Ing. USAC Zona 12	658465	3356	0	112667126	3865	Q	7288.68	Q	6507.75		
4	Junio	A-58234	Decanatura Fac. Ing. USAC Zona 12	658465	14194	10230	111556860	3964	Q	7292.71	Q	6511.35		
5	Mayo	A-58234	Decanatura Fac. Ing. USAC Zona 12	658465	10230	6076	110650383	4154	Q	7641.77	Q	6823.01		
6	Abril	A-58234	Decanatura Fac. Ing. USAC Zona 12	658465	6076	1666	109788117	4410	Q	8112.07	Q	7242.92		
7	Marzo	A-58234	Decanatura Fac. Ing. USAC Zona 12	658465	1666	98070	109047947	3596	Q	5801.88	Q	5180.25		
8	Febrero	A-58234	Decanatura Fac. Ing. USAC Zona 12	658465	98070	94885	108031029	3185	Q	5139.94	Q	4589.23		
9	enero	A-58234	Decanatura Fac. Ing. USAC Zona 12	658465	92003	89685	106325489	2318	Q	3718.87	Q	3320.42		
10	Diciembre	A-58234	Decanatura Fac. Ing. USAC Zona 12											
11	Noviembre	A-58234	Decanatura Fac. Ing. USAC Zona 12	658465	88467	83560	104635403	2907	Q	4661.3	Q	4161.88		
12	Octubre	A-58234	Decanatura Fac. Ing. USAC Zona 12	658465	83560	79912	103864113	3648	Q	5725.97	Q	5112.47		
								Promedio		3783	Q	682.35	Q	5686.25

Anexo 4

Tabla No. 6
Consumo Energía Eléctrica del Edificio T - 5, Laboratorio de Operaciones Unitarias
de la Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA															
DIVISION DE SERVICIOS GENERALES															
DEPARTAMENTO DE SERVICIOS															
Año 2008 de enero a septiembre y Año 2007 octubre y noviembre															
No	Mes	CONTADOR	UBICACIÓN	CORRELA	LECTURA		KW	total iva	con iva	IVA	TOTAL				
					ACTUAL	ANTERIOR									
1	Septiembre	K-22994	Fac. Ing. Ed T-5 Lab Op Unit USAC Z	658656	57600	52240	5360	9790.54	Q	1048.99	8741.55				
2	Agosto	K-22994	Fac. Ing. Ed T-5 Lab Op Unit USAC Z	658656	52240	47760	4480	8456.01	Q	906.00	7550.01				
3	Julio	K-22994	Fac. Ing. Ed T-5 Lab Op Unit USAC Z	658656	43600	39200	4400	9390.64	Q	1006.14	8384.50				
4	Juno	K-22994	Fac. Ing. Ed T-5 Lab Op Unit USAC Z	658656	39200	36720	2480	6790.84	Q	727.59	6063.25				
5	Mayo	K-22994	Fac. Ing. Ed T-5 Lab Op Unit USAC Z	658656	36720	33440	3280	7894.61	Q	845.85	7048.76				
6	Abril	K-22994	Fac. Ing. Ed T-5 Lab Op Unit USAC Z	658656	33440	31200	2240	6349.13	Q	680.26	5668.87				
7	Marzo	K-22994	Fac. Ing. Ed T-5 Lab Op Unit USAC Z	658656	31200	28240	2960	7169.26	Q	768.13	6401.13				
8	Febrero	K-22994	Fac. Ing. Ed T-5 Lab Op Unit USAC Z	658656	28240	26400	1840	5659.67	Q	606.39	5053.28				
9	Enero	K-22994	Fac. Ing. Ed T-5 Lab Op Unit USAC Z	658656	26400	23680	2720	6456.93	Q	691.81	5765.12				
10	Diciembre	K-22995	Fac. Ing. Ed T-5 Lab Op Unit USAC Z												
11	Noviembre	K-22994	Fac. Ing. Ed T-5 Lab Op Unit USAC Z	658656	18080	13040	5040	11082	Q	1187.35	9894.60				
12	Octubre	K-22994	Fac. Ing. Ed T-5 Lab Op Unit USAC Z	658656	13040	7360	5680	11784.7	Q	1262.65	10522.06				
								Promedio	5080	Q	8256.75	Q	884.65	Q	7372.10

1

Nota: No proporcionaron información del mes de diciembre 2007.

Anexo 5

Tabla No. 7
Consumo Energía Eléctrica del Edificio T - 7, Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA											
DIVISION DE SERVICIOS GENERALES											
DEPARTAMENTO DE SERVICIOS											
Año 2008 de enero a septiembre y Año 2007 octubre y noviembre											
No.	Mes	CANTADO	UBICACIÓN	CORRELA.	LECTURA		kw	total con iva	IVA	TOTAL	
					ACTUAL	ANTERIO					
1	Septiembre	K-21123	Escuela Ingeniería Mecánica	658471	98493	91183	7310	13282.29	1423.10	11859.19	
2	Agosto	K-21123	Escuela Ingeniería Mecánica	658471	91183	82948	8235	14517.41	1555.44	12961.97	
3	Julio	K-21123	Escuela Ingeniería Mecánica	658471	82948	74815	8133	14206.42	1522.12	12684.30	
4	Junio	K-21123	Escuela Ingeniería Mecánica	658471	74815	67126	7689	14851.56	1591.24	13260.32	
5	Mayo	K-21123	Escuela Ingeniería Mecánica	658471	67126	59766	7360	14343.99	1536.86	12807.13	
6	Abril	K-21123	Escuela Ingeniería Mecánica	658471	59766	50064	9702	17399.42	1864.22	15535.20	
7	Marzo	K-21123	Escuela Ingeniería Mecánica	658471	50064	42441	7623	13240.86	1418.66	11822.20	
8	Febrero	K-21123	Escuela Ingeniería Mecánica	658471	42441	34324	8117	13709.31	1468.85	12240.46	
9	Enero	K-21123	Escuela Ingeniería Mecánica	658471	34324	26980	7344	12794.61	1370.85	11423.76	
10	Diciembre	K-21124	Escuela Ingeniería Mecánica								
11	Noviembre	K-21123	Escuela Ingeniería Mecánica	658471	26980	12198	14782	20531.59	2199.81	18331.78	
12	Octubre	K-21123	Escuela Ingeniería Mecánica	658471	3818	96080	7738	17582.45	1883.83	15698.62	
13	Septiembre	K-21123	Escuela Ingeniería Mecánica	658471	96080	88358	7722	15984.87	1712.66	14272.21	
							Promedio	7979	15203.73	1628.97	13574.76

Nota: No proporcionaron información del mes de diciembre 2007.

Anexo 6

Tabla No. 8
Consumo Energía Eléctrica del Complejo de Edificios Facultad de Ingeniería
que incluye Edificios T-1, T-3, T-4 (mayoría), T-5 (no laboratorio Operacione Unitarias y 3er nivel) y T-6

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA DIVISION DE SERVICIOS GENERALES DEPARTAMENTO DE SERVICIOS													
Contador nuevo. Periodo de febrero a septiembre 2008, No hay referencia de consumo de contador anterior													
No	Mes	CONTADOR	UBICACION	CORRELA.	LECTURA		ANT.	FACTU. No.	KW	TOTAL MES	IVA	TOTAL	
					ACT.								
1	Septiembre	T-01141	FACULTAD DE INGENIERIA EDIFICIO T-3	972767	273140	227220	113515803	45920 Q	76,437.82 Q	8189.77 Q	68248.05		
2	Agosto	T-01141	FACULTAD DE INGENIERIA EDIFICIO T-3	972767	227220	184660	112667557	42560 Q	71,089.49 Q	7616.73 Q	63472.76		
3	Julio	T-01141	FACULTAD DE INGENIERIA EDIFICIO T-3	972767	184660	150920	111774452	33740 Q	70,145.65 Q	7515.61 Q	62630.04		
4	Junio	T-01141	FACULTAD DE INGENIERIA EDIFICIO T-3	972767	150920	113540	110906501	37380 Q	74,488.12 Q	7980.87 Q	66507.25		
5	Mayo	T-01141	FACULTAD DE INGENIERIA EDIFICIO T-3	972767	113540	70420	110042185	43120 Q	81,428.63 Q	8724.50 Q	72704.13		
6	Abril	T-01141	FACULTAD DE INGENIERIA EDIFICIO T-3	972767				Q	Q	0.00 Q	0.00		
7	Marzo	T-01141	FACULTAD DE INGENIERIA EDIFICIO T-3	972767	70420	37240	109182159	33180 Q	62,182.26 Q	6662.38 Q	55519.88		
8	Febrero	T-01141	FACULTAD DE INGENIERIA EDIFICIO T-3	972767	37240	0	108475190	37240 Q	65,932.64 Q	7064.21 Q	58868.43		
									PROMEDIO	41580 Q	71185.23 Q	7626.99 Q	63558.24

Anexo 7

Tabla No. 9
Consumo Promedio por mes ciclo de octubre 2007 a septiembre 2008,
de Contadores de consumo de la Facultad de Ingeniería USAC.

No.	Contador	Nº Sección	kW	PROMEDIO MES	IVA	TOTAL
1	T - 01141	Complejo Edificios Ingeniería	41580 Q	71185.23 Q	7626.99 Q	63558.24
2	A - 58234	Edificio T-4, parcial	3783 Q	6368.60 Q	682.349 Q	5686.25
3	K - 22994	Edificio T-5, parcial Lab Op Unitarias	5080 Q	8256.75 Q	884.651 Q	7372.10
4	K - 21123	Edificio T-7, Esc. Ing. Mecánica	7978.5 Q	15203.73 Q	1628.97 Q	13574.76
		Total	58421.5 Q	101014.32 Q	10823 Q	90191.36

Nota: la información del consumo se obtuvo por medio del No. correlativo de las facturas, actualmente el contador A-58234, fue sustituido por el contador L - 91710, el contador K - 22994, fue sustituido por el contador J - 38385.

Tarifa aplicada como Gran Consumidor es de Q. 1.71, incluyendo IVA, al descontar el IVA da un relación de Q 1.52 por kW

Consumo Promedio mes 58421.5 KW, lo que hace un consumo de 1947.38 kW / día , y a la ve 81.14 kW / hr

Anexo 8

Tabla No. 10:

Relación Consumo Eq - T6 comparado con el consumo total del consumo de EE de la Facultad de Ingeniería

	consumo / hora		jornada 6 horas		dia (12 hrs)		mes (15 días)		mes (30 días)		año (11 m, 15 d)		año (12 m, 30 d)					
	kW	Q	kW	Q	kW	Q	kW	Q	kW	Q	(s/ jornada 6 hrs)	kW	Q	(s/ jornada 6 hrs)	kW	Q		
Demanda Total Facultad de Ingeniería	162.3	250.53	973.7	1503.19	1947.4	3006.38	58421.5	90191.36										
Demanda Teórica iluminación Ed T-6	13.0	19.20	77.76	115.20	25.92	38.40	1166.4	1728.00			12830.4	19008.00						
(Incluyendo potencia, 25 % iluminación)	3.2	4.8	19.4	28.8	6.5	9.6	291.6	432.0			3207.6	4752.0						
Demanda Real Potencia Ed T-6	13.2	20.33	79.2	121.97	158.4	243.94	1188.0	1829.52	2376.0	3659.04	13068.0	20124.72						
(considerando 25 % iluminación)	3.3	5.082	19.8	30.492	39.6	60.984	297	457.38	594	914.76	3267	5031.18					0.51 %	
Demanda Real Potencia tot	13.2	20.33	79.2	121.97	158.4	243.94	1188.0	1829.52	2376.0	3659.04	13068.0	20124.72			28512.00	43908.48		
Demanda Real Iluminación Ed T-6	3.3	5.082	19.8	30.492	39.6	60.984	297	457.38	594	914.76	3267	5031.18			7128	10977.12		4.06 %

* Se aplica precio de Q 1.52 / kWh, precio Gran Consumidor, sin IVA, relación de precio real que sale de la información de facturación del servicio eléctrico, de Servicios Generales USAC, para 144 lámparas, según Tabla No. 1.

** Se midió con un amperímetro la demanda de corriente eléctrica en las líneas de alimentación de EE del Edificio T - 6 encendida, 144 lámparas. En el tablero Eléctrico de distribución para el Edificio T - 6 hay dos líneas de corriente eléctrica L1 y L2.

$P = V * I$
P = Potencia

$W = P * t$
I = Corriente (A = amperios)

L1 = 95 A
L1 = Línea 1 de conexión EE Ed. T - 6

L2 = 25 A
L2 = Línea 2 de conexión EE Ed. T - 6

Tot I = 120 A

$P_{tot} = (120 A) * (110 W) = 13,200 WH$

Anexo 9

**Tabla No. 11:
Cálculo con Excel Tasa Interna de Retorno (TIR),
Tasa Interna de Retorno Mínima (TIRM) y Valor Neto Actual
(VNA , Valor Presente Neto)**

Proy 1 Instalación Convencional		Proy 2 Instalación no Convencional	
Paneles 70	280,000.00	Paneles 70	280000
Reinversión cada 5 año:	120,000.00	Inversor	18000
Inversor	18,000.00	Regulador	6000
Regulador	6,000.00	Inversión inicial	304000
Inversión inicial	424,000.00		
Flujo EE demanda anua		Flujo EE demanda anual	
	5,031.18		5,031.18
		Flujo EE vertido a EE anua	
			10,977.12
		Total	
			10,977.12

Año	Proyecto 1	Proyecto 2
0	424000.00	304000.00
1	-5031.18	-10977.12
2	-5182.12	-11306.43
3	-5337.58	-11645.63
4	-5497.71	-11995.00
5	114337.36	-12354.85
6	-5832.52	-12725.49
7	-6007.49	-13107.26
8	-6187.72	-13500.47
9	-6373.35	-13905.49
10	113435.45	-14322.65
11	-6761.49	-14752.33
12	-6964.33	-15194.90
13	-7173.26	-15650.75
14	-7388.46	-16120.27
15	112389.89	-16603.88
16	-7838.41	-17102.00
17	-8073.57	-17615.06
18	-8315.77	-18143.51
19	-8565.25	-18687.81
20	111177.80	-19248.45
21	-9086.87	-19825.90
22	-9359.48	-20420.68
23	-9640.26	-21033.30
24	-9929.47	-21664.30
25	109772.65	-22314.22
26	-10534.17	-22983.65
27	-10850.20	-23673.16
28	-11175.70	-24383.36
29	-11510.98	-25114.86
30	-11856.31	-25868.30
TIRM	0.16	0.09
TIR	#¡DIV/0!	3.34%
VNA	(Q153,425.02)	Q181,496.50

INVERSION	-424,000.00	-304000.00
VNA	(Q153,425.02)	Q165,274.33
VPN	-577,425.02	-138,725.67

TIRM = Tasa interna de retorno mínima
TIR = Tasa interna de retorno
VNA = Valor neto actual
VPN = Valor Presente Neto

Tasa de interes lider 7.025 %
Tasa promedio del Banco de Guatemala.
Flujo a favor tienen un incremento de 3 %, considerando que la tarifa de EE tiene un incremento del 3 % anual.

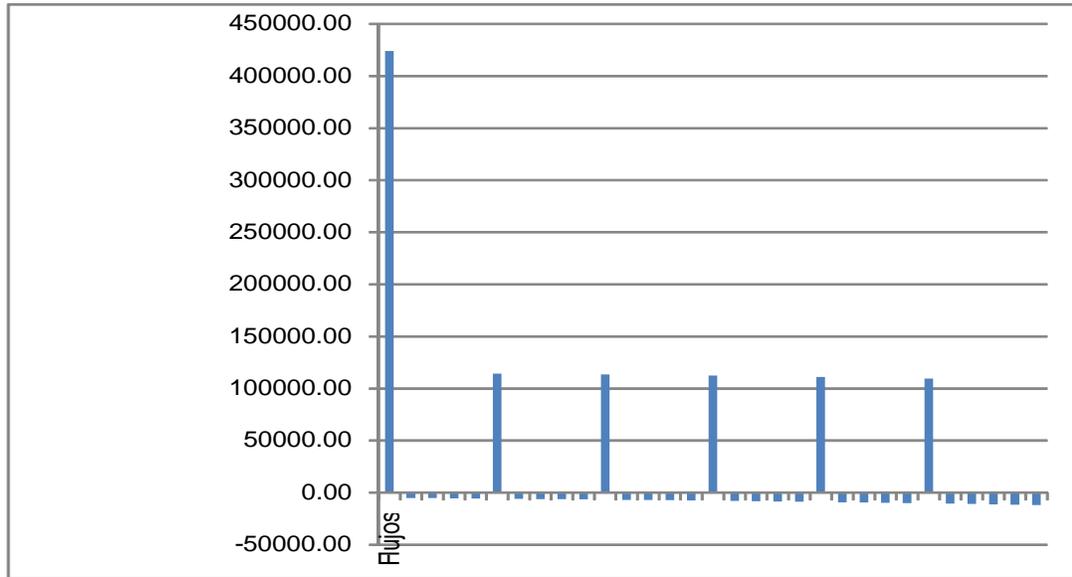
Anexo 10

Tabla No. 12
Proyeccion a 30 anos, del consumo y
Generacion EE, considerando un incrementc
del 3 % anual en la tarifa electrica

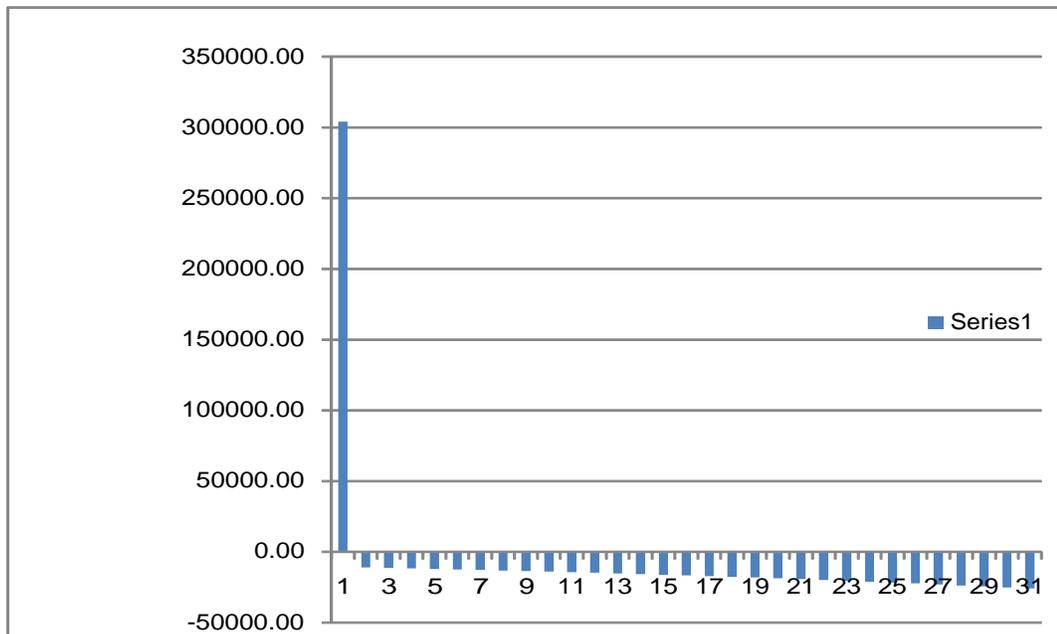
	Consumo	Generación P2	Diferencia
1	5031.18	10977.12	5945.94
2	5182.12	11306.43	6124.32
3	5337.58	11645.63	6308.05
4	5497.71	11995.00	6497.29
5	5662.64	12354.85	6692.21
6	5832.52	12725.49	6892.97
7	6007.49	13107.26	7099.76
8	6187.72	13500.47	7312.76
9	6373.35	13905.49	7532.14
10	6564.55	14322.65	7758.10
11	6761.49	14752.33	7990.85
12	6964.33	15194.90	8230.57
13	7173.26	15650.75	8477.49
14	7388.46	16120.27	8731.81
15	7610.11	16603.88	8993.77
16	7838.41	17102.00	9263.58
17	8073.57	17615.06	9541.49
18	8315.77	18143.51	9827.73
19	8565.25	18687.81	10122.56
20	8822.20	19248.45	10426.24
21	9086.87	19825.90	10739.03
22	9359.48	20420.68	11061.20
23	9640.26	21033.30	11393.04
24	9929.47	21664.30	11734.83
25	10227.35	22314.22	12086.87
26	10534.17	22983.65	12449.48
27	10850.20	23673.16	12822.96
28	11175.70	24383.36	13207.65
29	11510.98	25114.86	13603.88
30	11856.31	25868.30	14012.00
	239360.48	522241.05	282880.57

Anexo 12

Gráfica No. 2
Proyecto 1
Comparación fija 424,000 con Flujos Anuales



Gráfica No. 3
Proyecto No. 2
Comparación Inversión 304,000 con flujos anuales



Anexo 13

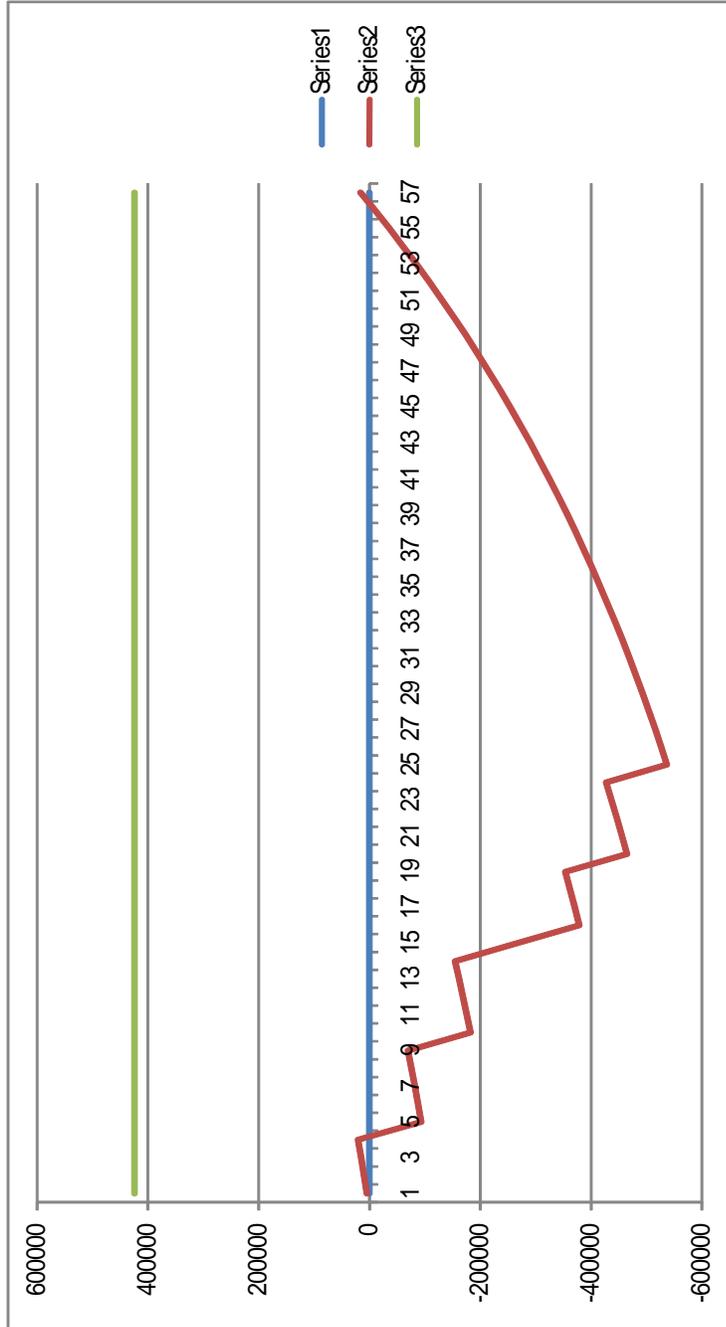
Tabla No. 13
Punto de Equilibrio

Inverisón fija en 30 años, Flujos acumulados en el tiempo, presentado hasta el año 30 para Proyecto 1 y, en las gráficas No. 4 y 5, Anexo 13. y hasta el año 15 para Proyecto 2, gráfica No. 5, Anexo 14.

Proyecto 1			Proyecto 2		
Año	Flujo Acumulado	Inversión	Año	Flujo Acumulado	Inversión
1	5031.18	424000	1	10977.12	304000
2	10213.30	424000	2	22283.55	304000
3	15550.87	424000	3	45924.18	304000
4	21048.58	424000	4	70274.02	304000
5	-93288.78	424000	5	95354.35	304000
6	-87456.27	424000	6	121187.10	304000
7	-81448.77	424000	7	147794.83	304000
8	-75261.06	424000	8	175200.79	304000
9	-68887.71	424000	9	203428.93	304000
10	-182323.16	424000	10	232503.91	304000
11	-175561.67	424000	11	262451.14	304000
12	-168597.34	424000	12	293296.79	304000
13	-161424.09	424000	13	325067.81	304000
14	-154035.63	424000	14	357791.96	304000
15	-266425.52	424000	15	391497.83	304000
16	-378587.10	424000	16	426214.88	304000
17	-370513.53	424000	17	461973.45	304000
18	-362197.76	424000	18	1169821.01	304000
19	-353632.51	424000	19	1207757.27	304000
20	-464810.31	424000	20	1246831.61	304000
21	-455723.44	424000	21	1287078.19	304000
22	-446363.96	424000	22	1328532.16	304000
23	-436723.70	424000	23	1371229.76	304000
24	-426794.23	424000	24	1415208.28	304000
25	-536566.88	424000	25	1460506.15	304000
26	-526032.70	424000	26	1507162.97	304000
27	-515182.51	424000	27	1555219.48	304000
28	-504006.80	424000	28	1604717.70	304000
29	-492495.83	424000	29	1655700.85	304000
30	-480639.52	424000	30	1708213.51	304000

Anexo 14

Gráfica No. 4
Proyecto 1
Punto de Equilibrio
Inversión Inicial Q 424,000.00 comparado con
flujos acumulados a través de mas de 30 años y no interseca
a la línea de inversión inicial, solo lo lleva a cero al año 56



Serie 1: años
 Serie 2: Flujo anual
 Serie 3: Inversión fijada para los 30 años

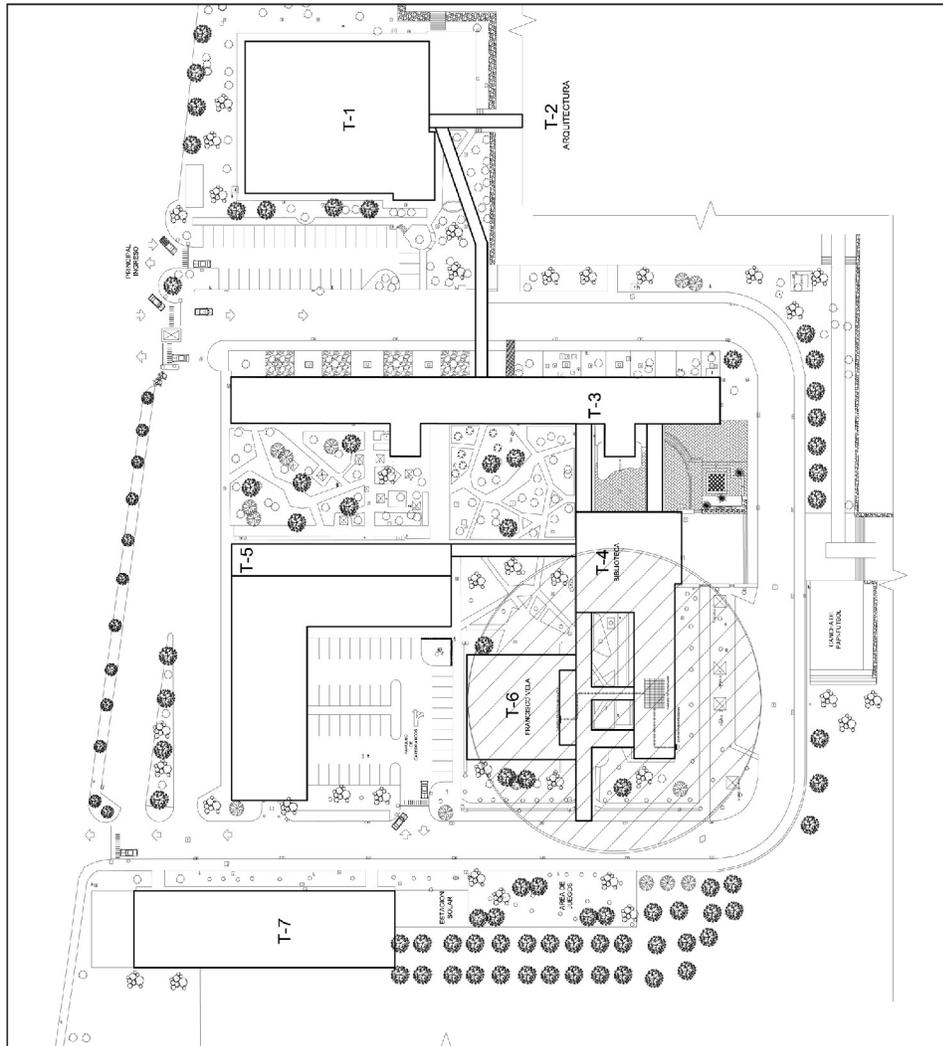
Anexo 15

Gráfica No. 5
Proyecto 2
Punto de Equilibrio
Inversión inicial 304,000 comparado con el flujos acumulados a través de 30 años
las líneas se intersectan entre los años 12 y 13



Serie 1: años
Serie 2: flujo anual
Serie 3: Inversión fijada para 30 años

Anexo 16



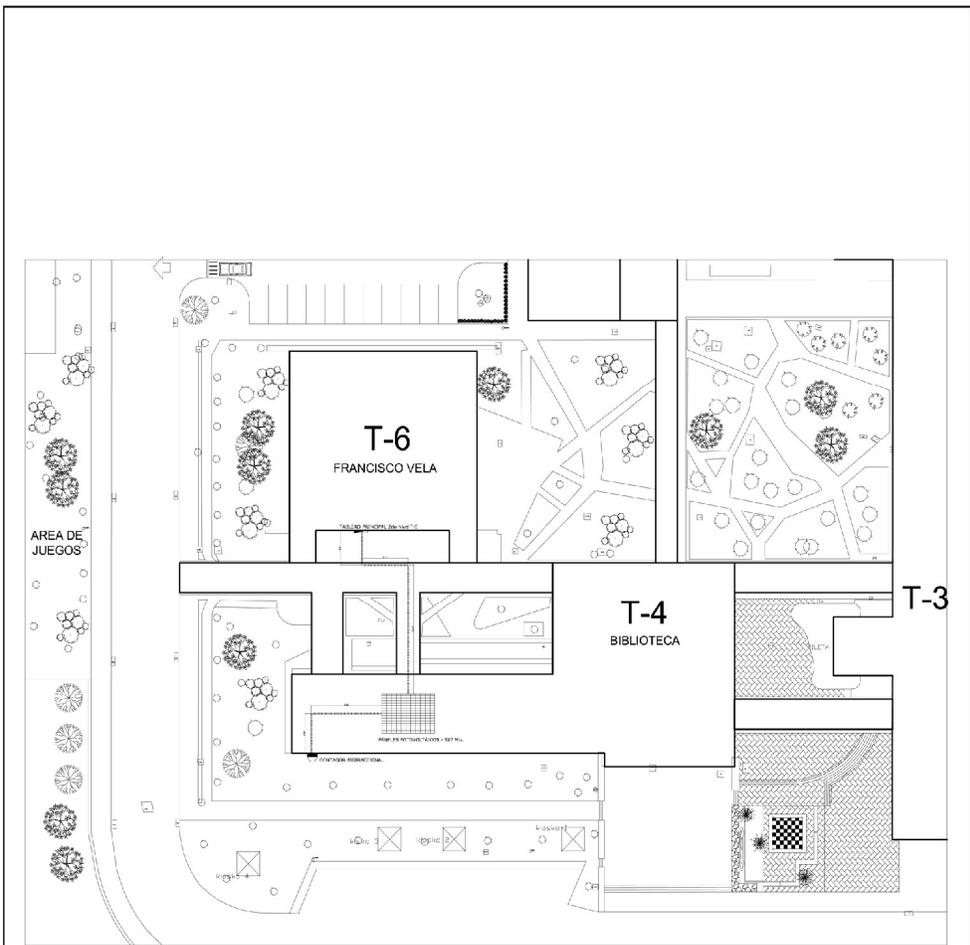
PLANTA GENERAL
CONJUNTO DE INGENIERÍA



DIBUJO: Unidad de Planificación
Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA - ANEXO

PROYECTO: ILUMINACION FOTO VOLTAICA	CONTENIDO: UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN	HOJA: 1/3
FECHA: Octubre 2008	SUSTENTANTE:	
ESCALA: Indicada	ING. QUÍMICO: VÍCTOR HERBERT DE LEÓN MORALES	



PLANTA GENERAL
CONJUNTO DE INGENIERÍA



SIMBOLOGIA	
	79 PÁNELES FOTOVOLTAICOS
	CONTADOR BI DIRECCIONAL
	TABLERO PRINCIPAL

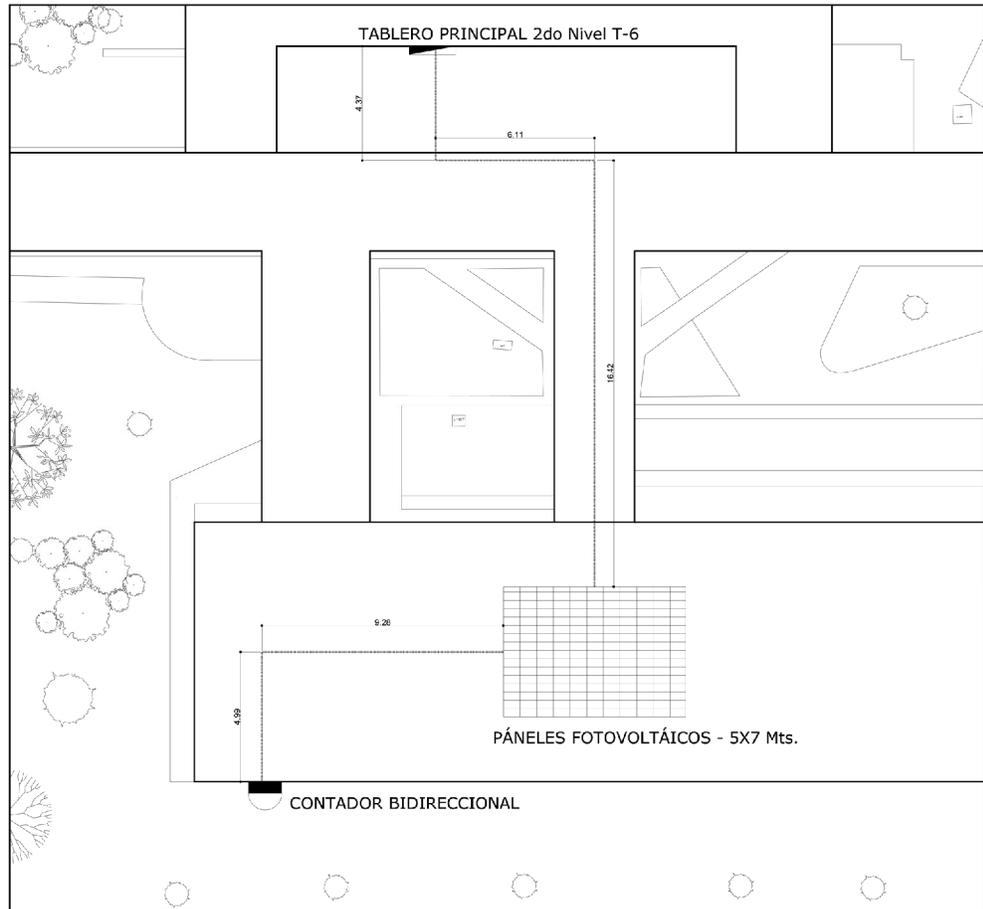


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA - ANEXO

PROYECTO: ILUMINACION FOTO VOLTÁICA	CONTENIDO: INSTALACIÓN DE PÁNELES	HOJA: 2/3
FECHA: Octubre 2008	SUSTENTANTE:	
ESCALA: Indicada	ING. QUIMICO: VÍCTOR HERBERT DE LEÓN MORALES	

DIBUJO: Unidad de Planificación
 Facultad de Ingeniería

Anexo 18



SISTEMA FOTOVOLTAICO ACERCAMIENTO DEL ÁREA

Escala Gráfica



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA - ANEXO

PROYECTO:	CONTENIDO:	HOJA:
ILUMINACION FOTO VOLTÁICA	INSTALACIÓN DE PÁNELES	3/3

FECHA: Octubre 2008

SUSTENTANTE:

ESCALA: Indicada

ING. QUÍMICO: VÍCTOR HERBERT DE LEÓN MORALES

DIBUJO: Unidad de Planificación
Facultad de Ingeniería

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.