



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES  
AVANZADOS, S. C.  
POSGRADO**

**DISEÑO, SELECCIÓN, INSTALACIÓN Y PUESTA EN  
MARCHA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL  
HOTEL MESON SAN SEBASTIAN CON CONEXIÓN A  
RED DE CFE**

**Tesis que como requisito para obtener el Grado de Maestro en  
Ciencias en Energías Renovables Presentan:**

Ing. Reyes Rubén Rojas Hernández

Ing. José Rafael Limón Martínez

Director de Tesis: Dr. Iván Alziri Estrada Moreno

Chihuahua, Chih., Febrero del 2017

## **DEDICATORIA**

A mis hijos Rubén y Jessica, a mi esposa Guadalupe y a mi nieta Xiadani con todo mi cariño.

**Ing. Reyes Rubén Rojas Hernández**

Dedico esta tesis en agradecimiento a mis padres José Laureano Limón Honorato y Ángela Santiago Martínez por sus grandes enseñanzas y el apoyo incondicional que siempre me han brindado.

A mi Hija Fátima Zoe por ser mi fuente de motivación e inspiración cada día.

**Ing. José Rafael Limón Martínez**

# CONTENIDO

DEDICATORIA .....	I
CONTENIDO .....	II
LISTA DE FIGURAS .....	IV
LISTA DE TABLAS .....	V
RESUMEN .....	1
<b>CAPITULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.3 OBJETIVO GENERAL .....	5
1.3.1 OBJETIVOS PARTICULARES.....	5
1.4 HIPÓTESIS .....	5
<b>CAPITULO II. MARCO TEORICO .....</b>	<b>6</b>
2.1 ENERGÍAS RENOVABLES .....	7
2.2 ENERGÍA EÓLICA.....	8
2.3 ENERGÍA HIDRÁULICA .....	9
2.4 ENERGÍA SOLAR .....	10
2.5 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA .....	10
<b>2.5.1 Descripción de los Sistemas Fotovoltaicos .....</b>	<b>11</b>
2.5.2 SISTEMAS TIPO ISLA O AISLADOS.....	13
2.5.3 SISTEMAS CON INTERCONEXIÓN A LA RED ELÉCTRICA.....	14
2.5.4 SISTEMAS HÍBRIDOS.....	14
2.6 CONVERSIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN ELECTRICIDAD .....	14
2.7 CARACTERÍSTICAS DE LOS PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS.....	16
2.8 TARIFAS DE CFE.....	20
<b>CAPITULO III. DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>21</b>
3.1 HOTEL MESÓN DE SAN SEBASTIÁN.....	22
3.2 SISTEMA FOTOVOLTAICO INTERCONECTADO A LA RED. ....	23
3.3 DESCRIPCIÓN DEL CLIMA Y LA RADIACIÓN SOLAR EN PUEBLA.....	23
3.4 LEVANTAMIENTO DE CARGAS.....	24
3.5 SELECCIÓN DEL TIPO DE PANEL FOTOVOLTAICO Y LA CAPACIDAD .....	26

<b>3.5.2 Características técnicas del inversor seleccionado</b> .....	29
3.7 COTIZACIÓN DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA .....	31
<b>UNIDAD IV. INSTALACION DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>32</b>
4.1 INSTALACIÓN DE LA ESTRUCTURA PARA EL MONTAJE DE LOS PANELES SOLARES.....	33
4.1.1 Nivelación del piso.....	35
AHORRO GENERADO.....	45
AHORRO GENERADO POR INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA:.....	46
CALCULO DE AMORTIZACIÓN:.....	46
<b>UNIDAD V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>47</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Componentes de una instalación fotovoltaica_____	18
Figura 2	Diseño y fabricación de una celda solar de silicio cristalizados_____	21
Figura 3	Características de voltaje para módulos fotovoltaicos_____	23
Figura 4	Curva de características de corriente para un módulo fotovoltaico_____	24
Figura 5	Hotel Meson de San Sebastian_____	24
Figura 6	Diaframa del sistema fotovoltaico con conexiona aCFE_____	29
Figura 7	Radiacion solar diara_____	30
Figura 8	Caracteristica Electrica del panel seleccionado _____	33
Figura 9	Selección de los inversores _____	34
Figura 10	Inversor marca KLNE _____	35
Figura 11	Arreglo de los paneles fotovoltaicos_____	36
Figura 12	Colocación de bases para paneles _____	40
Figura 13	Nivelación de piso _____	41
Figura 14	PAneles solares ya instalados _____	42
Figura 15	Instalacionde cuatro inversores KLNE _____	43
Figura 16	Intalacion de los interruptores de CD y CA y el centro de carga _____	43
Figura 17	Medidor bidireccional _____	44
Figura 18	Solicitud para conexión a CFE _____	46
Figura 19	Lectura general a los inversores _____	47
Figura 20	Imagen grafica de produccion de energía 26-22-2016 inversor 1 _____	48
Figura 21	Imagen grafica de produccion de energía 26-22-2016 inversor 2_____	49
Figura 22	Imagen grafica de produccion de energía 26-22-2016 inversor 3 _____	49
Figura 23	Copia del recibo actual _____	50
Figura 24	Diagrama de instalacion de paneles fotovoltaico con interconexion a CFE_____	51
Figura 25	Calculo de Amortización _____	52

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Tipo de sistema fotovoltaico_____	17
Tabla 2	Condición de operación de los módulos fotovoltaicos_____	22
Tabla 3	Eficiencia de los diferentes Materiales en una fabricación de celda fotovoltaica_____	22
Tabla 4	Tabla de carga eléctrica en el Mesón de San Sebastián _____	31
Tabla 5	Capacidad de paneles en el Mercado_____	33
Tabla 6	Costo de paneles solares _____	34
Tabla 7	Causas de no tener la potencia del fabricante_____	48

## **RESUMEN**

El presente proyecto tiene como finalidad primordial la selección, instalación y puesta en marcha de un sistema con paneles fotovoltaicos en el Hotel Mesón de San Sebastián con conexión a la red de Comisión Federal de Electricidad (CFE), para bajar los gastos de operación por concepto de facturación. Este hotel está ubicado en el centro histórico de la Ciudad de Puebla, el cual cuenta con 17 habitaciones de estilo colonial, sala de conferencias y un restaurante, este proyecto se divide para su realización en las etapas de: Levantamiento de Datos (cargas), Selección de los componentes, Instalación, y Funcionamiento. Durante todas las etapas del proyecto se tuvo la participación de 10 alumnos de la Carrera de TSU en Energías Renovables Área Solar los cuales adquirieron las competencias necesarias para desarrollar proyectos de energías fotovoltaicas para insertarse en el sector productivo con éxito.

En la etapa de levantamiento de datos se determinaron los aparatos e iluminación los cuales consumían energía teniendo un total de 30,632 watts-día, pero por medio del recibo de energía se tenía un consumo de 34,030 watts-día, por lo que se determinó realizarlo con el consumo del recibo de luz para generar más energía, también en esta etapa se recomendó que se cambiaran los aparatos antiguos que consumían más energía por equipos ahorradores modernos, además de que se cambiara toda la iluminación para reducir el consumo. En la etapa de selección de los componentes se determinó el tipo, y capacidad de los paneles fotovoltaicos, así como la cantidad de los mismos, también se realizó la selección de los inversores y elementos de protección como interruptores electromagnéticos tanto para las líneas de corriente directa, como en el lado de la corriente alterna, y por último en esta etapa se seleccionó el medidor bidireccional con certificación por parte de CFE.

En la etapa de instalación se colocaron las estructuras para soportar los paneles solares y darles la inclinación adecuada de acuerdo a la normatividad, en la última etapa de puesta en marcha del sistema se realizó la solicitud de interconexión, y después de una inspección de la compañía se realizó la sincronización con la red.

## SUMMARY

The main purpose of this project is the selection, installation and commissioning of a system with photovoltaic panels at the Hotel Mesón de San Sebastián with connection to the Federal Electricity Commission (CFE) network, to lower operating expenses by concept billing. This hotel is located in the historic center of the city of Puebla, which has 17 colonial-style rooms, a conference room and a restaurant, this project is divided into the stages of: Data Collection (loads), Selection of the components, Installation, and Operation. During all the stages of the project, 10 students of the TSU Career in Solar Renewable Energies participated, which acquired the necessary skills to develop photovoltaic energy projects to be inserted in the productive sector. with success.

In the stage of data collection, the devices and lighting were determined, which consumed a total energy of 30,632 watts per day, but by means of the energy receipt there was a consumption of 34,030 watts per day, so it was determined to do it with the consumption of the light receipt to generate more energy, also at this stage it was recommended to change the old devices that consumed more energy by modern saving equipment, in addition to changing all the lighting to reduce consumption. In the stage of selection of the components the type and capacity of the photovoltaic panels was determined, as well as the quantity thereof, also the selection of the inverters and protection elements was made as electromagnetic switches for both the direct current lines, as in the side of the alternating current, and finally in this stage the bidirectional meter with certification by CFE was selected.

In the installation stage, the structures were placed to support the solar panels and give them the appropriate inclination according to the regulations, in the last stage of commissioning the system the interconnection request was made, and after an inspection of the company, the synchronization with the network was performed.



## **CAPITULO I. INTRODUCCIÓN**

# I Introducción

## 1.1 Planteamiento del problema

Los costos de operación del Hotel Mesón de San Sebastián son elevados actualmente, por lo que después de un análisis de los beneficios obtenidos por el uso de calentadores solares desde hace 17 años, se concluyó que dicho ahorro sería conveniente usarlo para la adquisición de un equipo fotovoltaico que genere electricidad y contribuya a la disminución de costos de operación en ese establecimiento, ya que se consume 34.03 kw/día en promedio. Otro problema que se ataca con este proyecto es mejoramiento del medio ambiente ya que al consumir electricidad de CFE generada por fuentes que consumen combustibles fósiles contribuyen a la contaminación ya que generan gases de efecto invernadero, por lo que al generar su propia energía el hotel, se contribuye a evitar el deterioro del medio ambiente.

## 1.2 Justificación

Al utilizar los paneles fotovoltaicos se generará un ahorro de consumo de electricidad trayendo como beneficio secundario la preservación del medio ambiente siendo este un punto importante a tratar.

Con la aplicación de energías renovables se reducirá el impacto ambiental al no producir emisiones contaminantes en el medio ambiente que además se obtiene de fuentes consideradas inagotables y así poder independizarse relativamente de los combustibles fósiles.

Los establecimientos que implementan el uso de las energías renovables generalmente brindan una imagen de modernidad y de ser socialmente comprometidos con el medio ambiente. Se han creado categorías para diferenciarlo de otros negocios que aún no las implementan formando grupos denominados empresas verdes creando ventajas competitivas para los clientes debido a la tendencia actual de una mayor preocupación por el medio ambiente.

### **1.3 Objetivo General**

Dimensionar, e implementar un sistema de generación de electricidad mediante energía fotovoltaica interconectado a la red de CFE, con la finalidad de reducir el pago por concepto de facturación.

#### **1.3.1 Objetivos Particulares**

- Levantamiento de datos eléctricos de la empresa.
- Calcular las cargas instaladas en el hotel Mesón de San Sebastián.
- Selección de los paneles solares e inversores.
- Instalación del Sistema Fotovoltaico.
- Verificación de los resultados obtenidos.
- Elaboración de Manual de Prácticas para los alumnos de la Licencia Profesional en Energías Renovables.

### **1.4 Hipótesis**

La instalación de un sistema fotovoltaico en el Hotel Mesón de San Sebastián permitirá reducir el consumo de energía eléctrica de la red de CFE en 97% del consumo promedio.

## **CAPITULO II. MARCO TEÓRICO**

## II Marco Teórico

### 2.1 Energías Renovables

Las energías renovables a escala mundial están teniendo un auge importante esto es a causa del incremento en los costos de los combustibles fósiles como el gas el petróleo, el carbón aunado a los problemas medioambientales que se generan por el consumo excesivo de estos, tal es el caso de las grandes ciudades donde se generan problemas y contingencias ambientales debido al excesivo uso de automóviles y fábricas, poniendo en riesgo la salud e integridad física de los habitantes, en nuestra región también las constantes erupciones del volcán contribuyen a agudizar el problema, por lo que el uso de las energías renovables representa una solución importante al calentamiento global y a los problemas de contaminación, Las energías renovables se definen como aquellas que se generan por medios naturales y de manera continua, sin riesgo de agotarse, dentro de esta categoría encontramos a la generación de energía:

- Por medio del viento (energía eólica)
- Por medio de las caídas de agua (hidráulica)
- Por medio de la energía solar directa (Energía solar fototérmica y fotoeléctrica)
- Por medio de la energía del vapor (Energía Geotérmica).
- Por medio de la Biomasa (Biodiesel, Biocombustibles)

Aunque existen algunas otras como la energía maremotriz, no se utilizan en gran escala por lo que solo hablaremos de las mencionadas anteriormente, todas estas formas de generar energía nos llevan a las formas de las energías más utilizadas por el hombre la energía eléctrica, que es un medio indispensable para la vida humana, incluso se están produciendo automóviles que ocupan la energía eléctrica para su funcionamiento con una autonomía considerable y otra forma de energía que se produce con las energías renovables es la energía calorífica utilizada por ejemplo en el calentamiento del agua en los calentadores solares, estas energías tienen muchas ventajas como son:

- Se pueden complementar entre si creando sistemas híbridos
- Son respetuosas del medio ambiente.
- No generan residuos tóxicos
- Están presentes de manera natural ( El sol)
- Se está desarrollando mucha tecnología para su aprovechamiento.

## **2.2 Energía Eólica**

Los vientos en nuestro planeta se originan por diferencia de presiones entre una zona y otra en consecuencia por el calentamiento desigual de la atmosfera, el aire caliente tiende a subir y el aire frio a bajar lo que provoca el movimiento del aire provocando los vientos, esta situación crea zonas de grandes corrientes de aire que en nuestro país ya se están aprovechando en gran escala tal es el caso del parque eólico de la venta situado en la población de la venta en el municipio de Juchitán de Zaragoza y tiene 104 aerogeneradores que producen 85 MW en total, inaugurado el 10 de noviembre de 1994, construido por la empresa española Iberdrola Renovables, en fechas recientes se construyó el parque eólico PIER II con una capacidad de 66 MW, con 33 aerogeneradores, ubicado en Esperanza puebla este parque eólico fue inaugurado del 25 de noviembre del 2015<sup>1</sup>.( Asociación Mexicana de Energía Eólica 2015)

Estos aerogeneradores son capaces de convertir la corriente del viento en movimiento de sus aspas diseñadas específicamente para aprovechar estas corrientes y generar energía eléctrica estos sistemas tiene grandes ventajas:

- La energía que los mueve se da de manera natural
- No existe gasto alguno por concepto de combustibles
- No contamina
- Es amigable con el medio ambiente
- Aunque la generación de energía eléctrica por este medio tiene algunas desventajas como son:
- Su costo inicial es elevado
- También los costos de mantenimiento son elevados ya que son equipos con ajustes muy precisos.
- La generación de energía no es constante ya que depende de la existencia no del viento el cual es variable y cambia de dirección constantemente.
- Generan un impacta ambiental visual.
- Producen mucho ruido
- Perjudican a la fauna ya que los pájaros no ven las aspas y se estrellan en ellas.

- Además de que en algunos casos interfieren con las comunicaciones.

### **2.3 Energía Hidráulica**

Este tipo de energía es generado por el ciclo natural de nuestro planeta el sol calienta el agua de los mares, lagos, ríos esta agua es evaporada y cae a la tierra en forma de lluvia, nieve, o granizo el cual por se desliza a lugares más bajos como los mares provocando grandes corrientes de agua y caídas que proporcionan la energía para mover turbinas hidráulicas las cuales están acopladas a un generador el cual produce la energía eléctrica, en nuestro país destaca la presa de Chicoasen la cual lleva por nombre Manuel Moreno Torres ubicada en el municipio de Chicoasen en el estado de Chiapas , esta presa tiene una capacidad para la generación de energía eléctrica de 2400 MW <sup>2</sup> ( Ramos, G. y Montenegro, F. 2012)., que si la comparamos con lo que generan los parque eólicos existe una gran diferencia.

Dentro de las grandes ventajas que ofrece esta tecnología son las siguientes:

- No contaminan al medio ambiente.
- Son muy abundantes
- Generan grandes cantidades de energía eléctrica
- También este tipo de energía renovable tiene ciertas limitaciones como son:
- Costo inicial demasiado elevado.
- Los costos de Mantenimiento son también elevados
- Impacto en el entorno medioambiental.

## **2.4 Energía Solar**

El sol es la estrella más cercana a nuestro planeta tiene una temperatura media de 5,500°C (Méndez, M. y Cuervo, R. 2010)., en el interior se generan reacciones que desintegran la materia que libera grandes cantidades de energía, la cual viaja miles de kilómetros aproximadamente 149,600,000 kilómetros(Méndez, M. y Cuervo, R. 2010)., hasta llegar a la tierra en forma de ondas electromagnéticas y proporcionarnos la radiación solar, la unidad que mide la radiación solar que llega a la tierra es la irradiancia y es la potencia por unidad de superficie dada en  $W/m^2$  .

La radiación que llega a los objetos se puede dividir en dos la radiación solar directa y la radiación solar difusa.

La radiación solar directa la es aquella que llega en la dirección perpendicular al cuerpo y la radiación solar difusa llega al cuerpo en forma de reflejo el cual es descompuesta por la densidad atmosférica, condiciones climáticas, nubosidad llegando al objeto de manera indirecta. En condiciones de nivel del mar y cielo despejado la irradiancia es de 1000  $w-h/m^2$ . Por lo que si en un lugar determinado la irradiancia es de 700  $w-h/m$  las horas de insolación se calculan dividiendo 1000/700 lo que nos da 7 horas de insolación para el cálculo de los paneles solares para un proyecto determinado.

## **2.5 Energía Solar Fotovoltaica**

La energía solar fotovoltaica es obtenida por medio de células solares agrupadas ya sea de manera serial o paralela formando un panel solar fotovoltaico construido normalmente de silicio policristalino o monocristalino el cual tiene la propiedad de que los fotones que llegan a su superficie son transformados en energía eléctrica normalmente se genera un voltaje de 12 o 24 volts de CD y un amperaje que oscila entre los 3 amperes, dependiendo de cómo se realice el arreglo de las células, en serie y paralelo.



Los paneles solares se caracterizan por su potencia pico en WATTS que se determina con una irradiación de 1000 w-h/m<sup>2</sup>, y a una temperatura ideal de 25 °C, por lo que al estar trabajando bajo condiciones distintas a lo ideal se deberán considerar pérdidas de Eficiencia por estos conceptos.

### 2.5.1 Descripción de los Sistemas Fotovoltaicos

Un sistema fotovoltaico es un conjunto de dispositivos eléctricos y electrónicos interconectados entre sí para generar, almacenar y distribuir electricidad para su utilización en cualquier lugar que se requiera.

Los sistemas fotovoltaicos se clasifican de acuerdo a su interconexión en la siguiente tabla:

SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	Sistemas tipo isla	Con baterías
		Sin baterías
	Interconectados a red de CFE.	Monofásicos
		Trifásicos
	Sistemas híbridos en combinación con	Energía eólica
		Energía hidráulica

Tabla 1.-Tabla de tipos de sistemas fotovoltaicos

Independientemente del tipo, los componentes principales de sistema fotovoltaico son los que a continuación se presentan, Figura 1.

**Panel fotovoltaico.**-Este dispositivo es el que transforma la energía solar en electricidad que de acuerdo a su potencia en Watts produce cierto voltaje y corriente.

**Baterías o acumuladores.**-Normalmente las baterías son un medio de almacenamiento de energía eléctrica que es generada por los paneles solares, estas baterías son especialmente diseñadas para esta aplicación son de descarga profunda y difieren de las utilizadas en los automóviles, por lo que resultan más caras, las baterías de descarga profunda pueden almacenar energía hasta por 20 horas, y

descargarse en un 80% sin que sufran deterioro, sin embargo entre menos porcentaje de descarga tengan su tiempo de vida es mayor, las baterías almacenan amperes, y si por ejemplo tengo una batería de 60 amperes-hora y debo abastecer un aparato que consume 5 amperes-hora, esta podrá abastecer al aparato durante 12 horas continuas, las baterías de descarga profunda más utilizadas son las de ácido- plomo y pueden ser húmedas con electrolito líquido o cerradas con electrolito en forma de gel.

**Controlador de carga.**-Este dispositivo permite regular la corriente que entra en las baterías ya que las sobrecargas podrían poner en corto circuito a las mismas por lo que es indispensable que cuando las baterías estén completamente cargadas se interrumpa el ciclo de carga, esto se logra por medio de los controladores de carga para sistemas fotovoltaicos.

**Inversor.**-Este dispositivo tiene un papel fundamental sobre todo en instalaciones conectadas a red ya que se encarga de transformar el voltaje de CD. de 12 o 24 volts a voltajes de 127v o 240 v de CA, o en instalaciones aisladas donde se usaran aparatos electrodomésticos comunes que trabajan a 127 v, como refrigeradores, estufas de inducción electromagnética, aire acondicionado, televisor, aunque existen aparatos que trabajan con CD no son muy comunes por lo que este dispositivo es indispensable en los sistemas fotovoltaicos.

**Sistemas de protección.**-Existen muchos sistemas de protección para sistemas fotovoltaicos, entre los más importantes se encuentran los interruptores contra sobrecarga, interruptores contra sobre corriente, Diodos de bloqueo, Diodos de paso, protección de Aislamiento. De los cuales se tendrá que seleccionar los más apropiados para nuestra aplicación en el Hotel Mesón de San Sebastián.

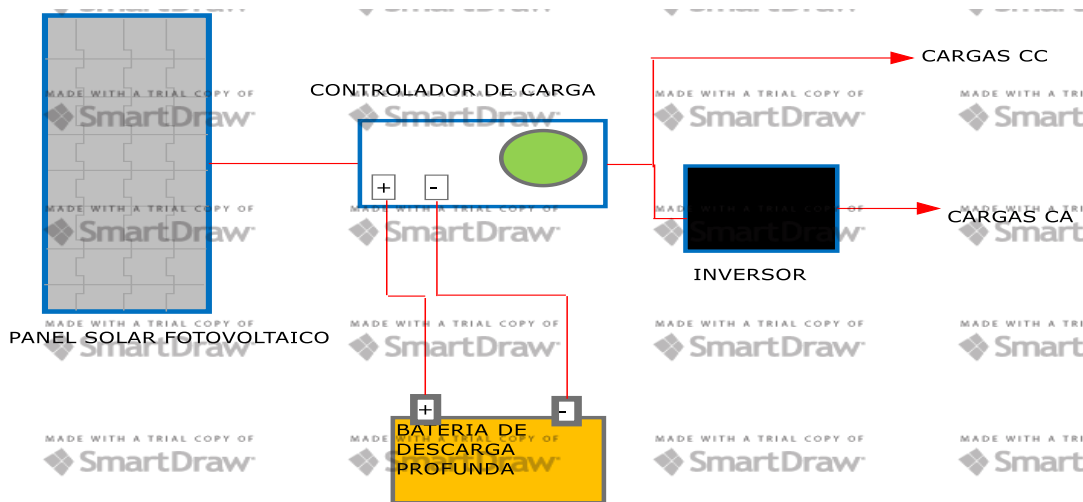


Figura 1. Componentes de una instalación fotovoltaica

Fuente: fuente propia elaborado en software Smart draw

### 2.5.2 Sistemas Tipo isla o aislados

Los sistemas tipo isla funcionan de manera autónoma y normalmente utilizan baterías para almacenar energía durante el día y ser utilizadas en las horas de mayor demanda como en la noche y en las horas pico, y se utilizan normalmente en lugares donde no llega la energía de CFE o en sistemas de bombeo en el campo el cual puede no contar con baterías y solo bombear durante las horas de insolación.

#### Aplicaciones

Se pueden utilizar en alumbrados públicos o por ejemplo en alumbrados de autopistas y carreteras en general. En sistemas de bombeo de agua en áreas rurales, para hacer funcionar sistemas de refrigeración híbridos en Autotransportes de carretera para enfriar productos perecederos, Para generar energía en estaciones repetidoras, En aplicaciones espaciales en satélites.

Elementos necesarios para su funcionamiento: Panel solar fotovoltaico, Regulador de carga, Baterías o acumuladores, Inversor (en caso de cargas de CA), Interruptor de desconexión.

### **2.5.3 Sistemas con Interconexión a la red eléctrica**

Los sistemas fotovoltaicos conectados a red eléctrica son aquellos en los que la energía eléctrica es inyectada a la red de CFE mediante un medidor que registra la energía que se entrega así como la energía consumida y solo se cobra el excedente de la energía consumida, en este sistema no se ponen baterías de respaldo lo que reduce un poco el costo de la instalación aunque el medidor bidireccional es sumamente caro los elementos que componen aun sistema fotovoltaico con conexión a red son: Panel solar, Inversor, Medidor bidireccional, elementos de protección. Precisamente nuestro proyecto construido es un sistema fotovoltaico para el Hotel Mesón de San Sebastián el cual esta interconectado a la red de CFE, buscando reducir el costo de la energía consumida ya que al sobrepasar el consumo la tarifa es mayor.

### **2.5.4 Sistemas Híbridos**

Los sistemas híbridos son aquellos que utilizan dos fuentes de energía que normalmente una de ellas es la energía fotovoltaica, la cual se puede combinar con la eólica, la hidráulica o cualquier otro tipo de energía, lo cual hace que el sistema sea más fiable pues al tener 2 fuentes de energía cuando uno de ellos falle la otra puede seguir funcionando.

## **2.6 Conversión de la Energía Solar en Electricidad**

Los rayos solares viajan miles de kilómetros y llegan a la atmosfera en forma de radiación con varias longitudes de onda, estas radiaciones atraviesan la atmósfera llegando a nuestra superficie del panel solar en forma de fotones directamente, otra parte de la radiación llega como difusa a través de las nubes y la atmósfera y finalmente a la superficie del panel solar fotovoltaico en forma de energía conocida como fotones, el panel solar fotovoltaico está formado por una superficie externa la cual está constituida por un material llamado silicio el cual tiene valencia 4 es decir tiene 14 protones y 14 neutrones en su núcleo, y tiene 14 electrones distribuidos en 3 orbitas, la más cercana al núcleo tiene 2 electrones, la segunda orbita tiene 8 electrones y finalmente la última orbita que es la que más interesa debido a que tiene 4 electrones los cuales se pueden mover con más facilidad al silicio se le agregan

partículas de fósforo conocidas como dopaje, el cual cuenta con un número atómico de 15, es decir tiene 15 protones y 15 neutrones en el núcleo así como 15 electrones girando alrededor del núcleo.

Al combinarse con el silicio ambos comparten un electrón por lo que esta combinación se carga con partículas negativas o electrones la parte exterior al ser excitada por los fotones esta combinación se carga de energía, por otro lado en el interior del panel solar fotovoltaico también formado con silicio dopado con partículas de boro convierten a esta unión como una unión positiva lo que hace que los electrones del exterior circulen hacia el interior o la parte eléctricamente positiva.

En los materiales semiconductores existe una región que separa a la banda de valencia, en la cual los electrones están ligados al núcleo atómico, de la banda de conducción, en la que los electrones pueden circular libremente. Dicha región se denomina banda prohibida.

En los materiales aislantes ésta es mayor de 5 eV (electrón-volt) y en los semiconductores, como el silicio es de 1.1 eV. Para lograr la conducción se requiere que los electrones de la banda de valencia pasen a la de conducción, y una forma de lograrlo es que los fotones de los rayos solares proporcionen la energía que se requiere para que los electrones salten la banda prohibida

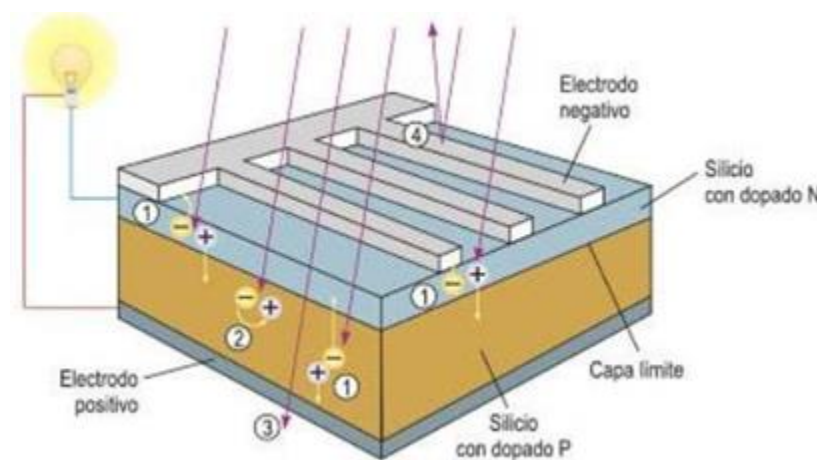


Figura 2. Diseño y funcionamiento de una célula solar de silicio cristalino.

Fuente: Miguel, M.(2014). *Energía Solar Fotovoltaica*,. Mexico D.F. Editorial Limusa

## 2.7 Características de los paneles solares fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos trabajan en corrientes y tensiones que van desde una carga cero llamadas de corto circuito hasta una carga o potencia máxima o también llamada pico representada por:

$$P_{MAX} = V_{MAX} \cdot I_{MAX}$$

Las características eléctricas de un panel solar están definidos por el fabricante normalmente definidas bajo ciertas condiciones de temperatura, irradiación, y datos como velocidad del viento, humedad relativa, entre otros, Tabla 2.

Condiciones	Datos de Ensayo	Datos de operación
Irradiación	800 W/m <sup>2</sup>	1000 W/ m <sup>2</sup>
Distribución espectral	AM 1,5	
Temperatura	20°C	25°C
Velocidad del viento	1 m/s	

Tabla 2. Condiciones de operación de los módulos fotovoltaicos. Fuente: CIE-UNAM

Los datos expresados en STC se consideran de ensayo y los datos NOCT son típicos de operación. Respecto de los parámetros eléctricos que definen los paneles o en módulos fotovoltaicos, los fundamentales son los siguientes:

Potencia Máxima nominal ( $P_m$ ): Su valor queda especificado por una pareja de valores cuyo producto es máximo.

La eficiencia de conversión de la celda ( $\eta$ ), se define como el cociente entre el valor de la potencia máxima generada ( $P_m$ ) y la potencia de la relación luminosa o irradiancia ( $P_i$ ). Para una celda solar de silicio cristalino comercial con una eficiencia del 17%, la potencia máxima generada es de 100 cm<sup>2</sup> de captación cuando incide sobre la celda 1000Watts/m<sup>2</sup> es de 1.7 W ( $V_m=0.485$ ;  $I_m=3.52$  A )

La siguiente tabla muestra la eficiencia máxima de los diferentes materiales utilizados en la fabricación de celdas fotovoltaicas.

	Eficiencia Máxima (%)	Área (cm <sup>2</sup> )
Silicio Amorfo	8	0.04
Sulfuro de Cadmio	10	1.00
Silicio Monocristalino	18	2.00
Silicio Policristalino	7-14	2-3
Arseniuro de galio	22	0.10
Teluro de cadmio	8-9	0.02

Tabla 3. Eficiencia de los diferentes materiales en la fabricación de celdas fotovoltaicas.

Fuente: Alonso C., Rodríguez V. (1985). Alternativas energéticas. México D.F. Editorial Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-Fondo de Cultura Económica.

Como podemos observar las celdas de silicio monocristalino alcanzan la máxima eficiencia que anda entre 22 y 18%, y las de silicio policristalino alcanzan solo el 14% de eficiencia.

**Voltaje máxima Potencia.** Valor de la tensión cuando el panel está suministrando la máxima intensidad de corriente. La tensión del panel presenta una variación inversamente proporcional a la temperatura de las células, sin que tal condición provoque cambios en la corriente de salida. La Figura 10 muestra un ejemplo de tal curva para cinco valores de temperatura.

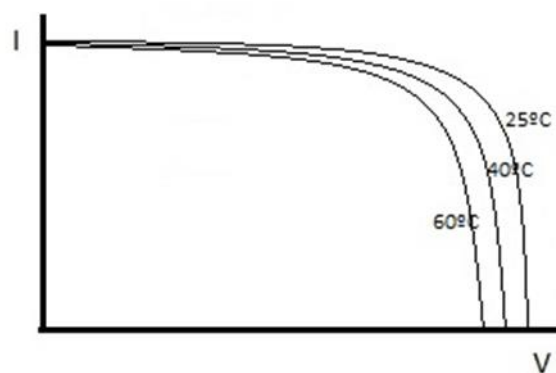


Figura 3. Curva característica de voltaje, para un módulo fotovoltaico.

Fuente: Díaz, J. (2015). *Características Eléctricas de Los Paneles Fotovoltaicos*. Eficiencia Energética y Utopía.  
<https://juanfrancisco207.wordpress.com/2015/03/23/caracteristicas-electricas-de-los-paneles-fotovoltaicos/>

El voltaje generado por el panel fotovoltaico es inversamente proporcional a la temperatura de la célula debido al calentamiento que le produce el sol al incidir sobre

dicha célula siendo las condiciones ideales a 25°C, y disminuye al aumentar dicha temperatura.

**Corriente de máxima Potencia (IMP).**-Corriente suministrada a la potencia máxima. Se considera este parámetro el representativo de la corriente nominal. La corriente suministrada por el módulo es directamente proporcional a la energía solar recibida, con poca repercusión en la tensión de salida si la temperatura es constante. En la siguiente figura se muestra la curva característica de la corriente.

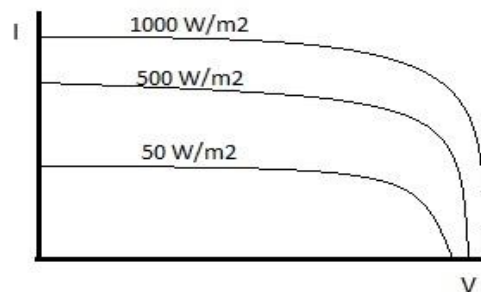


Figura 4. Curva característica de corriente para un módulo fotovoltaico.

Fuente: Díaz, J. (2015). *Características Eléctricas de Los Paneles Fotovoltaicos*. Eficiencia Energética y Utopía. <https://juanfrancisco207.wordpress.com/2015/03/23/caracteristicas-electricas-de-los-paneles-fotovoltaicos/>

**Voltaje a circuito abierto (VOC).**- Es el voltaje máximo que genera la celda solar. Este voltaje se mide cuando no existe una carga conectada a la celda. Bajo condiciones estándares de medición, el valor típico del voltaje a circuito abierto que se ha obtenido en una celda de silicio monocristalino es del orden de 0.6 V.

**Corriente de cortocircuito (ISC).**- Es la máxima corriente generada por la celda solar y se mide cuando se conecta en corto circuito las terminales positivas y negativas de la celda. Su valor depende del área superficial y de la radiación luminosa. El valor típico para la corriente de cortocircuito esta dado en unidades de Amperes.

$$ISC = I_{MAX} = I$$

**Potencia pico.** Es la potencia eléctrica que puede suministrar una célula y se define por el punto de la curva I-V. El producto de la intensidad producida y la tensión da



como resultado un valor máximo, todos los puntos restantes de la curva generan valores inferiores. Potencia Pico Corriente de Corto circuito Voltaje a circuito abierto.

$$\text{Potencia pico} = \text{Corriente de corto circuito} * \text{Voltaje de circuito abierto} = \text{ISC} * \text{VOC}$$

**Inversores de corriente.**-Este dispositivo es el encargado de transformar la entrada de corriente directa de los paneles solares a corriente alterna y adaptarla a las características de la corriente de la red de CFE, existen 2 tipos de inversores los micro inversores y los inversores centrales convencionales, Los micro inversores que aceptan la entrada de CC a partir de dos paneles solares, en lugar de uno, son un desarrollo reciente. Llevan a cabo el seguimiento del punto de máxima potencia de forma independiente en cada panel conectado, los inversores deberán cumplir ciertos requisitos de funcionamiento, deberán tener una eficiencia alta ya que de otra forma se tendrían que usar más paneles solares para cumplir con los requisitos de la instalación, además de que deberán estar protegidos contra sobrecargas y contra cortos circuitos de acuerdo a las normas mexicanas particularmente la NOM-001-SEDE-2005.

Un inversor para conexión a red deberá tener incorporado un circuito de sincronización de fase entre su salida de corriente alterna y de la red de energía eléctrica al que se conecta.

El inversor es quizá el elemento más importante del sistema fotovoltaico y es considerado como el cerebro del sistema ya que determina cuando inicia con la generación de energía por la mañana y cuando desconecta el sistema por la noche cuando ya no hay sol. Algunos inversores incluyen un switch principal el cual desconecta totalmente el sistema, todos los inversores centrales incluyen una pantalla que muestra diferentes parámetros de producción como son generación diaria, generación acumulada, voltaje registrado entre otros. La cara frontal del inversor cuenta con una serie de leds que indican cuando existe una falla que requiere atención.

## 2.8 Tarifas de CFE

Las tarifas de energía eléctrica son las disposiciones específicas que contienen las cuotas precio por kilowatt-hora (\$/kwh) y las condiciones que rigen para los suministros de energía agrupados en cada clase de servicio.

Las tarifas de servicio doméstico (01, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F y DAC) se aplican a la energía eléctrica cuyo uso es exclusivamente individual de cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda. Las tarifas 1A a 1F consideran las variantes de temporada de verano y la tarifa 01 no considera esa variante de temporada.

Las tarifas 01 a 1F corresponden a suministros en baja tensión, mientras que la tarifa DAC aplica a suministros domésticos tanto en baja como en media tensión.

Las tarifas 01 a 1F se reclasifican como tarifas DAC cuando registren un consumo mensual o bimestral promedio mayor del límite que determine el alto consumo, expresado en kWh/mes o kWh/bimestre, que se define para cada localidad en función de la tarifa doméstica (de bajo consumo) en la que se encuentra clasificada. El promedio sobre el consumo es un promedio móvil referido a los 12 últimos meses.

La tarifa DAC se compone de un cargo fijo mensual y un cargo variable por energía eléctrica consumida \$/kwh, por mes o bimestre. El cargo fijo es el mismo para todas las regiones según el mes, sin importar si se trata de verano o fuera de verano, no así el cargo variable por consumo de energía eléctrica que varía según la tarifa 01 a 1F que se reclasifico a DAC; es decir, según la región geográfica en la que aplican dichas tarifas. El cargo por kwh varia también en función de si se trata de la temporada de verano o fuera de verano.

## **CAPITULO III. DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO**

# III DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

## 3.1 Hotel Mesón de San Sebastián

La implementación del sistema fotovoltaico se llevará a cabo en el hotel Mesón de San Sebastián, localizado en el centro de Puebla, el cual, destaca por su arquitectura colonial y gran valor histórico. La edificación data del siglo XVI y desde entonces ha pertenecido a la misma familia. A lo largo de siete generaciones y más de cuatro siglos, la propiedad se ha embellecido con mobiliario antiguo, obras de arte, pinturas murales y modernas comodidades. Actualmente, es considerado Monumento Histórico por el Instituto Nacional de Antropología e Historia y forma parte del distrito declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO.

Situado a un par de cuadras de la plaza principal y con fácil acceso al centro de convenciones y a la zona financiera, el hotel es un sitio ideal para descansar y también durante tus viajes de trabajo.

El Hotel Mesón de San Sebastián cuenta con 17 Habitaciones, Televisor de Plasma LCD, Restaurant Bar, Sala de Conferencias para 50 Personas.



Figura 5. Hotel Mesón de San Sebastián

### 3.2 Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red.

El sistema fotovoltaico interconectado, consiste en módulos fotovoltaicos, un inversor, un medidor bidireccional, y sistemas de protección eléctrica, el cual se puede conectar con la red eléctrica pública (CFE), de modo tal que si el sistema fotovoltaico genera una mayor energía de la que se está consumiendo en la residencia, el excedente de energía es inyectado a la red de distribución de CFE. Esta operación se mide empleando un medidor bidireccional, así la cantidad suministrada a la red pública y la energía consumida de la red puede ser medida y CFE factura la diferencia. Si la diferencia es positiva, se genera un crédito a favor en el cual puede consumirse dentro de un periodo de 12 meses.

Este sistema no requiere baterías por lo que su costo es menor comparado con el sistema aislado, sin embargo requiere que exista un punto de interconexión con la red de distribución de CFE.

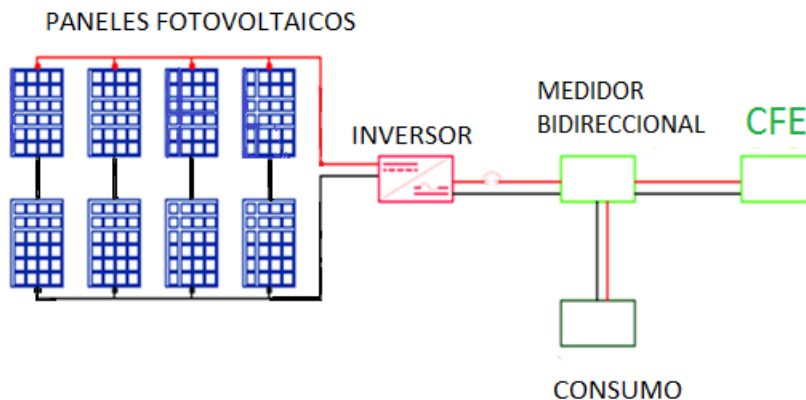


Figura 6. Diagrama del sistema fotovoltaico con interconexión a CFE.

### 3.3 Descripción del Clima y la Radiación Solar en Puebla

En comparación con NASA, la radiación solar de la zona de la implementación del circuito fotovoltaico interconectado a la red, Centro de la Ciudad de Puebla, de acuerdo a los datos obtenidos por NASA meteorología de superficie y energía solar es de lo siguiente:

Puebla está ubicada en el Valle de Puebla rodeado por sus cuatro caras por montañas y volcanes del Eje neo volcánico transversal. Está ubicado a 40 km al este de los

volcanes Popocatepetl e Iztaccíhuatl, ofreciendo a los residentes una magnífica vista de sus picos nevados. El volcán La Malinche está ubicado al Norte de la ciudad. Además se levanta el Pico de Orizaba al Este. Hidrológicamente, la corriente del Río Atoyac recorre la ciudad de Norte a Sur, desembocando con el Lago de Valsequillo. Otros ríos que cruzan la ciudad son el Alseseca y San Francisco.

- Latitud: 19° 03' N
- Longitud: 098° 12' O

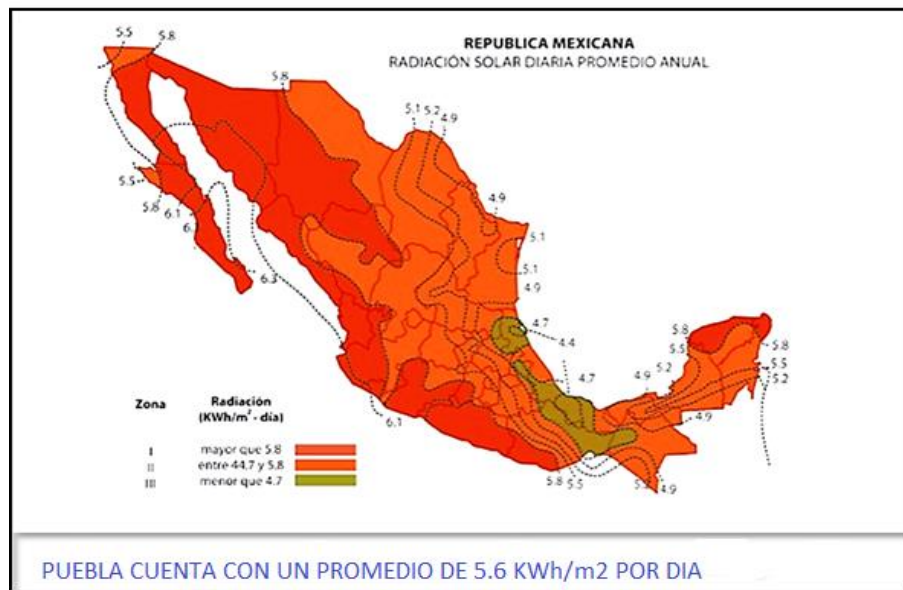


Figura 7. Radiación solar diaria.

Fuente: UNAM (20014). *Radiación Solar*. [http://www.geofisica.unam.mx/radiacion\\_solar/energia.php](http://www.geofisica.unam.mx/radiacion_solar/energia.php)

### 3.4 Levantamiento de Cargas

El primer paso para el desarrollo de un proyecto de un sistema fotovoltaico es la investigación y las mediciones eléctricas. Además, durante el levantamiento de datos se puede localizar fugas de corriente en la instalación eléctrica existente o cargas ineficientes.

Lámparas incandescentes

ANTES	AHORA	AHORRO ENERGÉTICO %
Lámpara incandescente	Lámpara de bajo consumo con igual intensidad de luz	Porcentaje de ahorro
40 W	9 W	82
60 W	11 W	82
75 W	15 W	80
100 W	20 W	80

Tabla 4. Tabla de cargas eléctricas conectadas en el Hotel Mesón de San Sebastián con los consumos promedio.

Los Datos mostrados en la tabla superior nos muestran la equivalencia en consumo de lúmenes y se visualiza el porcentaje de ahorro energético que se ahorra en cada lámpara instalada lo cual se puede corroborar con el luxómetro el cual me indica la cantidad de lúmenes de acuerdo a la NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

Cantidad	Lámpara o aparato electrodoméstico	Potencia ( Watts )	Operación hrs/día	Subtotal ( Watts )	Potencia Pico ( Watts )
86	Lámpara Fluorescente 13W	13	10	11180	1118
2	Refrigerador 1/4 HP	186.5	12	4476	373
1	Licuadaora	300	1	300	300
1	Cafetera	500	3	1500	500
13	TV	150	5	9750	1950
1	Batidora	300	1	300	300
1	Horno	1000	1	1000	1000
1	bomba de agua	746	2	1492	746
1	Lavadora	746	0,85	634,1	746
Suma				30632,1	4241
Reserva 0%				0	
Total				30632,1	Watts/día
				306,321	Kwatts/día

### 3.5 Selección del Tipo de panel fotovoltaico y la capacidad

Para la selección del panel fotovoltaico se tomaron en cuenta los factores precio, espacio y Disponibilidad, teniendo en cuenta que entre más potencia tenga nuestro panel resulta más económico ya que por ejemplo para seleccionar un panel solar fotovoltaico si es de 250 watts resulta más económico que seleccionar 2 de 125 watts

Capacidad	Costo Unitario	Existencia
100Watts	6,200.00	Disponible
195 Watts	7,800.00	Disponible
200Watts	8,800.00	Disponible
205 Watts	10,800.00	Disponible
250 Watts	12,500.00	Disponible
350 Watts	15,000.00	No hay existencias

Tabla 5. Capacidades de paneles en el mercado

Otro factor a considerar es el espacio ya que solos se cuenta con la azotea del Hotel para la Instalación, entre menos número de paneles menor espacio por lo que se debe seleccionar el más grande. El tercer factor es la disponibilidad ya que el panel con el que se cuenta con bastante existencia es el de 250, Watts ya que el de 350 Watts, no había suficientes para todo nuestro sistema y como no es muy conveniente revolver marcas se optó por el panel de 250 Watts , Mono cristalino en la marca Solarever, ya que se ha trabajado con esta marca y tienen buena calidad además de que no son tan caros.



Características	245 W	250 W	255 W	260 W
Voltaje de circuito abierto (Voc)	37.95 V	38.33 V	38.59 V	38.82 V
Voltaje óptimo de Funcionamiento (Vmp)	30.55 V	30.79 V	31.18 V	31.52 V
Corriente de corto circuito (Isc)	8.58 A	8.68 A	8.72 A	8.83 A
Corriente de funcionamiento óptima (Imp)	8.02 A	8.12 A	8.18 A	8.25 A
Potencia máxima a STC (Pmax)	245 W	250 W	255 W	260 W
Eficiencia del módulo	15.08%	15.39%	15.59%	16.01%
Temperatura de funcionamiento	-40°C a +85°C			
Tensión máxima del sistema	1000V DC			
Tolerancia de potencia	0/+3%			
STC; Irradiación 1000W / m <sup>2</sup> temperatura del módulo 25 ° C, AM = 1,5				

Figura 7. Características eléctricas del panel seleccionado.

<http://www.solarever.com/>

### 3.5.1 Determinación de la generación de energía de cada panel solar

Determinación de generación de potencia por panel respecto a la ventana solar:

$$(250W) \left( 6 \frac{HORAS}{DIA} \right) = 1500W - DIA$$

Calculo del número de paneles necesarios de acuerdo a la carga total

Calculo del número de paneles necesarios de acuerdo al consumo total del edificio

$$\frac{34.03 KW}{1.5 KW} = 22.68 PANELES$$

Para la agrupación de los paneles se tienen las siguientes opciones.

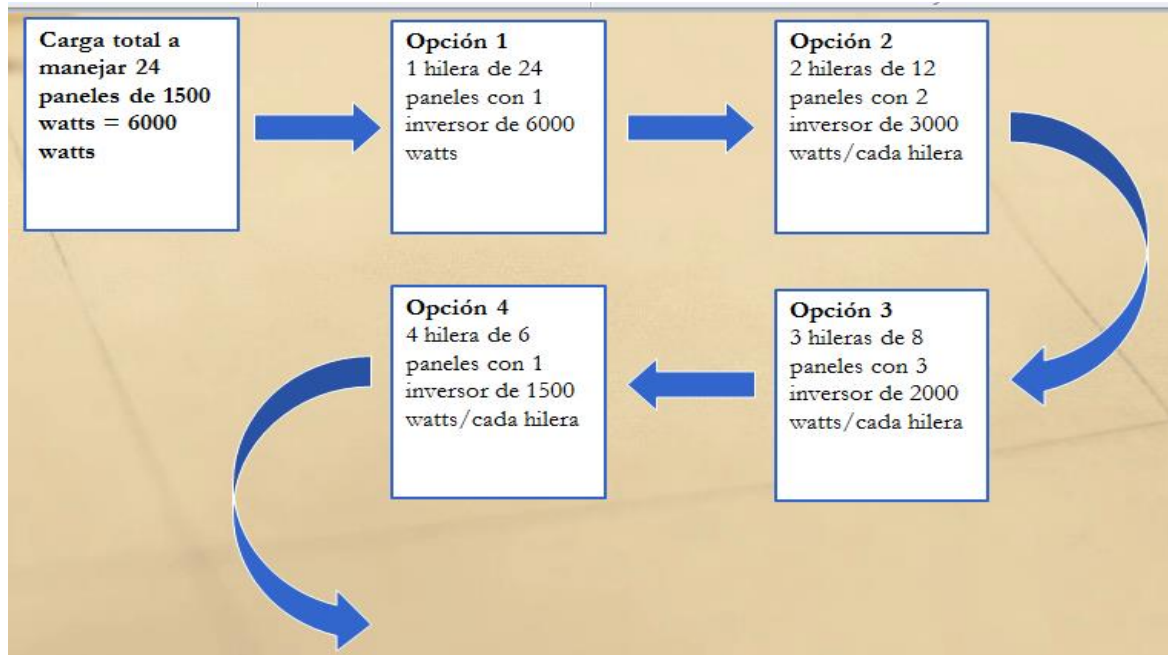


Figura 9 Selección de los inversores

Opción	Capacidad	Cantidad	Costo unitario	Costo Total
1	6000 Watts	1	150,000	150,000
2	3000 Watts	2	80,000	160,000
3	2000 Watts	3	55,000	165,000
4	1500 Watts	4	35,000	140,000

Tabla 6 costos de paneles solares

La opción seleccionada es la numero 4 ya que resulta la opción más económica además de que con esa opción tenemos la oportunidad de seccionar en 4 partes nuestro sistema, lo que resulta más viable ya que una falla de nuestro sistema solo dejaría de producir una hilera de paneles por lo que no se caería todo el sistema.

### 3.5.2 Características técnicas del inversor seleccionado

Tabla de características del inversor seleccionado.

	SUNTEANS 1500
MAX DC POWER	1750 W
MAX DC VOLTAJE	450 V
MAX INPUT CURRENT	9 A
MAX INPUT SHORT CIRCUIT CURRENT	24 A
SYSTEM START UP VOLTAJE	150 V



Figura 10 Inversor marca KLNE (Modelo SUNTEANS)

## Tipo de arreglo.

Tipo de conexión del arreglo, tenemos 4 hileras de paneles solares fotovoltaicos los cuales conectaremos en serie para aumentar el voltaje y conservar la corriente de la siguiente manera:

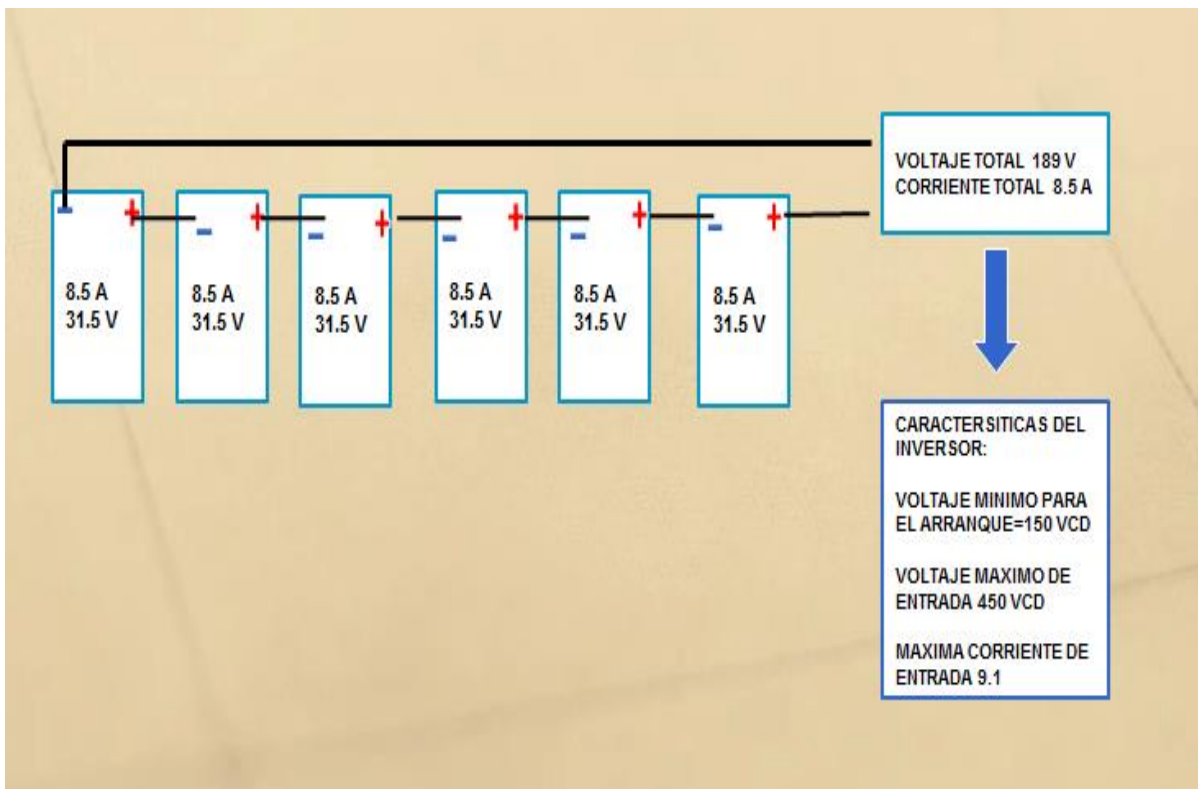


Figura 11 Arreglo de los paneles fotovoltaicos

### 3.7 Cotización de instalación fotovoltaica

En la tabla 3 se muestra la cotización de la instalación del equipo fotovoltaico.

Tabla 6. Cotización de instalación fotovoltaica.

<b>Hotel Mesón de San Sebastián</b>					
Primer Diseño. Ahorro estimado 75 al 95% del consumo Actual.					
Equipo para suministrar 6 KW hora y 30 KW día					
Potencia del Panel Solar Fotovoltaico :		250 W			
Horas de Insolación Efectiva diarias :		5 Hrs/día			
Equipo Necesario Para Cubrir el Consumo Anterior:		8,0		Módulos Fotovoltaicos 250 W	
				\$	\$
Cantidad	Equipo			Precio Unit.	Subtotal
24	Modulos Fotovoltaico de 250 W 31 VCD			\$ 12.500,00	\$ 300.000,00
1	Medidor Bidireccional para interconexion CFE			\$ 9.850,00	\$ 9.850,00
4	Inversor de Interconexión 15000 W C/U			\$ 35.000,00	\$ 140.000,00
24	Estructura Soporte Panel Solar			\$ 2.500,00	\$ 60.000,00
0				\$ -	\$ -
0				\$ -	\$ -
0				\$ -	\$ -
0				\$ -	\$ -
0				\$ -	\$ -
1	Instalación Incluye materiales y mano de obra			\$ 48.000,00	\$ 48.000,00
				<b>Total</b>	<b>\$ 557.850,00</b>
Instalación del equipo Fotovoltaico				\$ 48.000,00	
Incluye Cables , Conduit , Abrazaderas, Pijas, Taquetes, Empalmes, Terminales, Centros de Carga					
Protecciones para el circuito de Corriente Directa y Alterna, Traslados, Fletes , Montaje e Instalación.					

## **UNIDAD IV. INSTALACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO**

## IV INSTALACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

La instalación del sistema fotovoltaico es el paso más importante ya que aquí definimos si todos los pasos anteriores se hicieron de manera adecuada teniendo los siguientes pasos:

- 1.-Instalación de la estructura para el montaje de los paneles solares.
- 2.-Instalación y fijación de los paneles en la estructura
- 3.-Instalación de los Inversores en pared
- 4.-Instalación del sistema eléctrico
- 5.-Instalación del medidor bidireccional
- 6.-Conexión con la red de CFE.

### **4.1 Instalación de la estructura para el montaje de los paneles solares.**

La estructura de los paneles solares es un elemento indispensable para darles la inclinación y la orientación correcta a dichos elementos para lograr la máxima eficiencia de nuestro sistema fotovoltaico, existen estructuras a base de aluminio o de acero, para nuestro proyecto se seleccionó una estructura de aluminio ya que nos proporciona una buena resistencia contra condiciones climatológicas adversas como fuertes corrientes de aire, tormentas, granizadas, por otro lado el aluminio tiene mayor resistencia contra la corrosión, el lugar ideal para la instalación es en la azotea del Hotel ocupando las siguientes dimensiones:

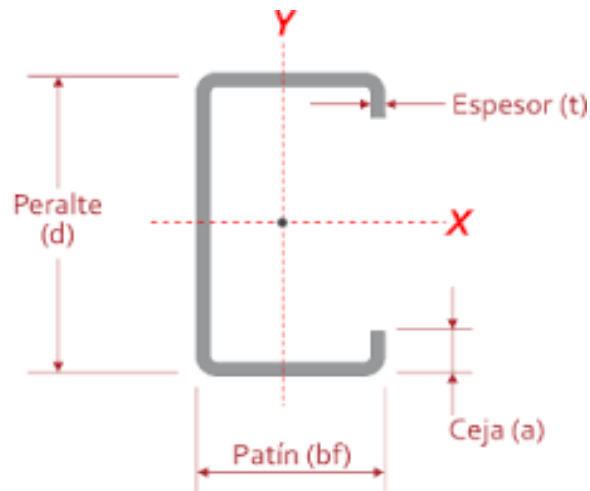
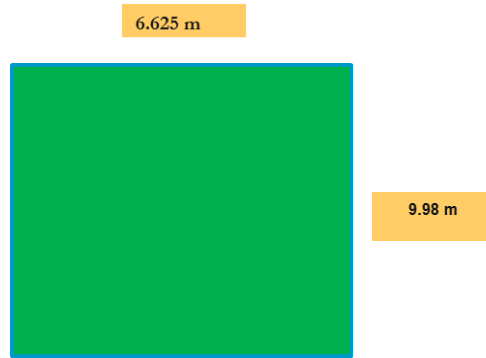
Medidas del panel solar: 1.85 x 1.10 m

Separación entre paneles solares 5 mm por las dilataciones térmicas

Ancho total ocupado: 6.625 m

Largo del espacio:  $1.85 \times 4 = 7.40$  m

Separación de 86 cm. Entre cada panel = 9.98 m



- 1.-Monten de aluminio (6m) .....4 piezas
- 2.-Angulo de aluminio
- 3.-Tornilleria, pijas y tornillos con tuerca, Taquetes

Herramienta utilizada:

Taladro

Brocas.



Figura 12 Colocación de bases para montaje de panel



#### 4.1.1 Nivelación del piso

Antes de proceder al montaje de las estructuras que soportan los paneles solares es necesario realizar la nivelación del piso ya que los paneles deberán quedar a la misma altura e inclinación uniforme

Herramienta utilizada

Nivel de gota

Flexometro

Escuadras



Figura 13 Nivelación del piso

#### INCLINACIÓN Y ORIENTACIÓN DE LOS PANELES SOLARES

Principalmente para ello es la determinación de la ubicación geográfica por latitud ( $^{\circ}$  Norte –  $^{\circ}$  Sur) y longitud ( $^{\circ}$  Este –  $^{\circ}$  Oeste/ $^{\circ}$  Oriente –  $^{\circ}$  Poniente). La orientación de los mismos es basada por lo siguiente:

- Si estamos por encima del Ecuador, es decir en el hemisferio Norte, la orientación del panel es al Sur.
- Si nos ubicamos por debajo del Ecuador, ósea en el hemisferio Sur, la orientación del panel es al Norte.
- En ambos casos el panel solar se orienta buscando o hacia al Ecuador.

De acuerdo a lo anterior tenemos que orientar los paneles hacia el sur y como tenemos que la latitud de la ciudad de Puebla de acuerdo a la ubicación del hotel tenemos 19.01, por lo que de acuerdo a la normatividad se le dieron  $20^{\circ}$  de inclinación a nuestros paneles:



Figura. 14 paneles solares ya instalados

#### INSTALACION DE LOS INVERSORES E INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS

El lugar seleccionado para la colocación de los inversores y los elementos de protección interruptores termomagnéticos fue la pared en la entrada del hotel a una altura 3mts. Para evitar que los pueda manipular cualquier persona, estos inversores e interruptores termomagnéticos se fijaron a la pared con taquetes de expansión y pijas de acuerdo a la norma NOM-001 SEDE 2012.



Figura 15 Instalación de 4 inversores marca KLNE modelo sunteam 1500

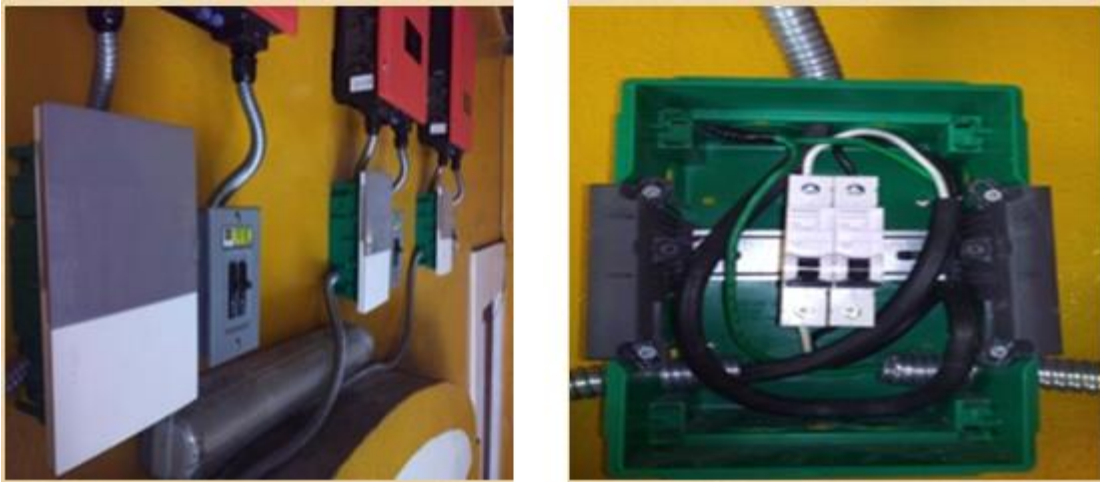


Figura 16 Instalación de los interruptores de CD y CA y el centro de carga

## INSTALACION DEL MEDIDOR BIDIRECCIONAL

Se instaló la base para colocar el medidor bidireccional en la entrada del Hotel Mesón de San Sebastián para que los técnicos de CFE puedan tomar las lecturas de dicho medidor, el cual tiene las siguientes características:

### Datos Técnicos del Medidor Bidireccional

Medidor bidireccional trifásico marca Itron, modelo Sentinel, Nivel 2, Forma 16S,

7 Terminales:

- Tensión 120-480 Volts
- Clase 20 A
- Frecuencia 60 Hz
- Precisión 0,5%,
- Registro de kWh bidireccional, kVAr bidireccional, monitoreo de factor de potencia.



Figura 17 Medidor bidireccional

- Cumple en lo aplicable con la especificación CFE G0000-48 para conexión directa.
- Cumple en lo aplicable con lo especificado en el Diario Oficial de la Federación en su artículo de interconexión del 8 de abril de 2010.
- Con número de CFE ya asignado y estampado en su carátula

## PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL HOTEL MESON DE SAN SEBASTIAN

Normatividad de CFE para interconexión de un sistema fotovoltaico a su red. Contenido Derivado de diversas disposiciones establecidas en el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, en la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, su Reglamento, así como en el Programa Especial de Cambio Climático 2008-2012; ahora puedes instalar en tu domicilio o negocio, tu propia fuente de energía renovable o sistema de cogeneración en pequeña ó mediana escala y realizar un contrato de interconexión con CFE.

Al hacerlo, además de ahorrar en tu gasto por concepto de consumo de energía, contribuirás en la utilización de tecnologías limpias para la generación de energía eléctrica, en el aprovechamiento de fuentes renovables de energía y por ende, en la conservación del medio ambiente.

Los requisitos para realizar un contrato de interconexión en pequeña escala con CFE, son que tengas un contrato de suministro normal en baja tensión, que las instalaciones cumplan con las Normas Oficiales Mexicanas y con las especificaciones de CFE, y que la potencia de tu fuente no sea mayor de 10 kW si la instalaste en tu domicilio ó de 30 kW si la instalaste en tu negocio.

Para realizar un contrato de interconexión en mediana escala, los requisitos son que tengas un contrato de suministro normal en media tensión, que las instalaciones cumplan con las Normas Oficiales Mexicanas y con las especificaciones de CFE, y que la potencia de tu fuente no sea mayor de 500 kW.

La duración del contrato es indefinida y puede terminarse cuando lo desees, avisándonos 30 días antes.

## Solicitud para la conexión de generación de electricidad

**FORMATO 1**

**SOLICITUD PARA LA CONEXIÓN DE UN CLIENTE CON GENERACION RENOVABLE O SISTEMA DE COGENERACION EN PEQUEÑA O MEDIANA ESCALA**

*Datos comerciales.*

Nombre del Cliente: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_ Población: \_\_\_\_\_

Estado : \_\_\_\_\_ RPU: \_\_\_\_\_ Tarifa: \_\_\_\_\_

*Datos de la instalación actual:*

Voltaje que CFE suministra: \_\_\_\_\_

kVA totales instalados: \_\_\_\_\_ kW instalados: \_\_\_\_\_ kW contratados: \_\_\_\_\_

*Instalación Propuesta:*

1.- Indicar el tipo de Fuente de Energía para usar:  Solar  Eolica  BioGas  
 Cogeneración  Otro: \_\_\_\_\_

2.- Indicar el número de unidades generadoras ( paneles solares, hélices, etc.): \_\_\_\_\_ unidades

3.- Indicar la capacidad total en Watt de la Planta de Generación: \_\_\_\_\_ Watt

4.- Indicar la producción diaria promedio estimada de la planta de Generación: \_\_\_\_\_ Wh

5.- Indicar el modelo y marca del dispositivo CD / CA : \_\_\_\_\_.

6a.- Indicar las protecciones que se proveen:

<input type="checkbox"/> Sobre Voltaje	<input type="checkbox"/> Sincronismo	<input type="checkbox"/> Anti-isla
<input type="checkbox"/> Sub Voltaje	<input type="checkbox"/> Frecuencia	<input type="checkbox"/> Sobrecorriente

6b.- En caso de Media Tensión, indicar la marca y modelo de las protecciones incluidas:

7.- Indicar los documentos entregados a CFE:

<input type="checkbox"/> Convenio completamente llenado	<input type="checkbox"/> Copia del manual del fabricante del generador
<input type="checkbox"/> Copia del manual del fabricante del dispositivo CD/CA	<input type="checkbox"/> Croquis de ubicación geográfica.

11.- Observaciones: \_\_\_\_\_ Lugar y Fecha: \_\_\_\_\_

RECIBE: \_\_\_\_\_

Figura 18. Solicitud para conexión a red de CFE.

Fuente: CFE

La instalación cuenta con 4 centros de carga con protecciones de 250 VCD y 10A para cada línea + y –

También cuenta con 4 centros de carga con protecciones de 250 VCA Y 20A para las líneas de 120 VCA.

Después de entregar la solicitud de interconexión en las oficinas de CFE se esperó la visita de los técnicos quienes realizaron una inspección de toda la instalación, calibre del cable, elementos de protección, líneas de tierra en paneles e instalaciones, después de la inspección se levantó una hoja técnica para aprobar la instalación y realizar la conexión y sincronización con la red CFE.

### ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS:



Figura 19 Lecturas de energía generada en el inversor

Las diferencias entre las 4 líneas de paneles solares no son considerables ya que entre la primera hilera de paneles solares y la 4 es de 34.4 watts, la diferencia mas grande es la que hay entre las especificaciones del fabricante ya que los paneles utilizados son de 250 Watts cada uno por lo que los 6 paneles deberían producir 1500 watts pero esta potencia nominal solo se logra a 25° C y 1000 Watts/m2 de insolación.

N	CAUSAS
1	Temperatura de los paneles solares por encima de 25°
2	Insolación por debajo de 1000 Watts/m <sup>2</sup>
3	Presencia de nubes y sombras

Tabla 7 Causas de no obtener la potencia de placa del fabricante

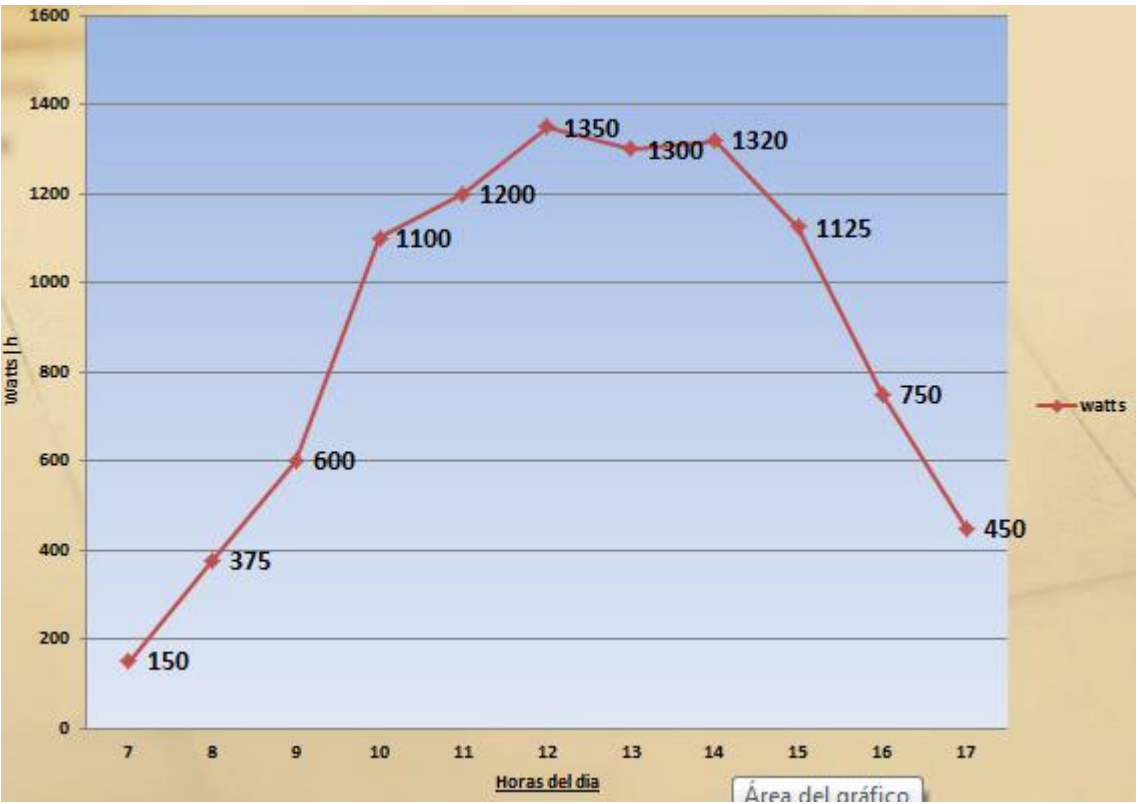


Figura 20 Imagen Gráfica de producción de energía 26 /11/2016 del inversor 1



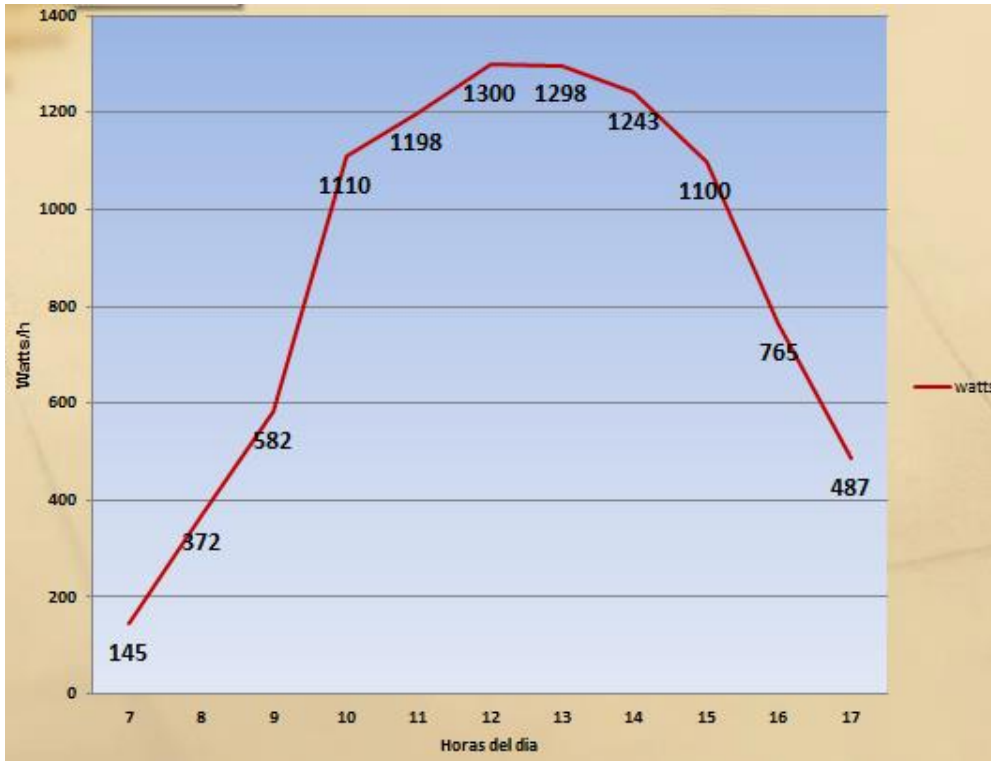


Figura 21 Imagen Gráfica de producción de energía 26 /11/2016 del inversor 2

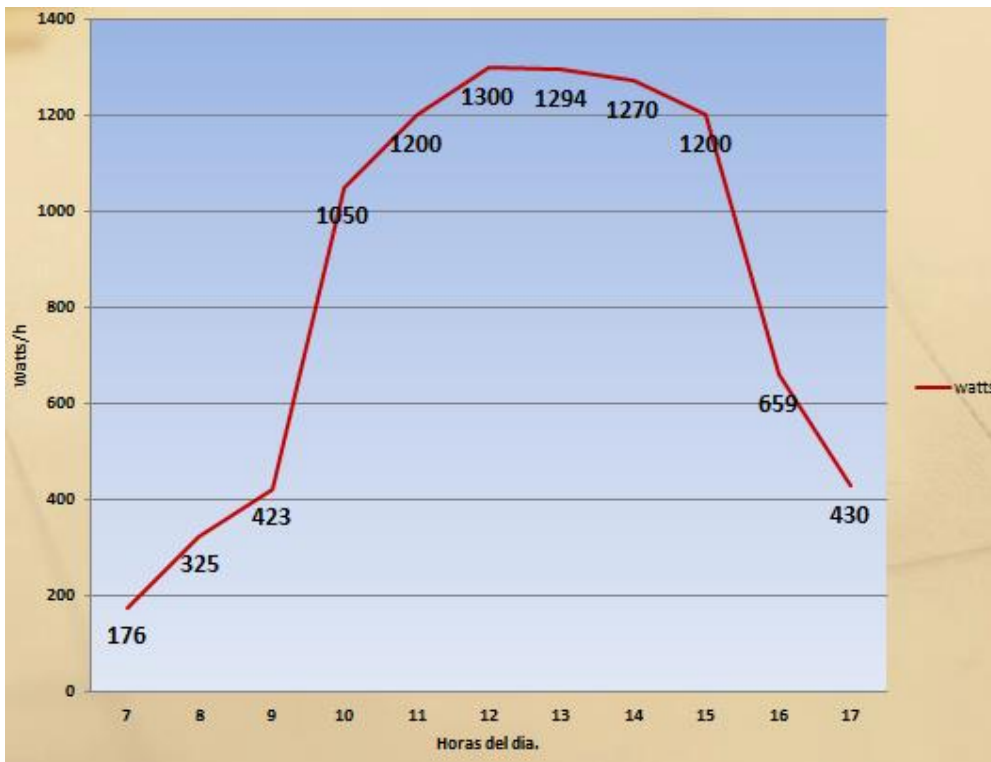


Figura 22 Imagen Gráfica de producción de energía 26 /11/2016 del inversor 3

Actualmente en el recibo de luz se verán reflejados los resultados de la instalación ya que se observa un saldo a favor del cliente el cual se acumula para los periodos donde se tenga una diferencia en contra CFE guarda este saldo por un periodo de 12 meses si en ese periodo no se utilizan se perderá dicha energía.

**CFE Comisión Federal de Electricidad**  
 Blvd. Paseo de la Reforma No. 26, Cdo. Juárez, México, D.F. C.P. 06600  
 RFC: CFE0984-00

**Nombre y Domicilio**  
 CEVADA LOPEZ JORGE  
 9 UTE 5 B  
 CENT. A/19 P. A. 11/25070  
 PUEBLA, PUE.

**Cuenta** Udo Tarifa Hilo  
 3GDV07B013053215 General - 250W D2 2

**Medición de consumo**

Num. de Medidor	Lectura actual	Lectura anterior	Mult.	Consumo kWh
258.9R	17967	16992	1	900
258.9R	15843	12615	1	3224

**Apoyo gubernamental**

**Facturación**

Concepto	kWh	Tarifa	Subtotal
Por Energía	0	2.95	0.00
Cargo fijo (C)	0		0.00

**Importe de la facturación**

Energía	12.22
IVA 16%	19.39
Plus. Luz Poblado	148.85
DAP	1.92
Adelanto Anterior	141.68
Saldo Pago	141.00
<b>Total</b>	<b>\$149.00</b>

**¡CUIDADO! QUE NO TE SORPRENDAN**

**Total a pagar del periodo facturado**  
**\$149.00**  
 (CIENTO CUARENTA Y NUEVE PESOS 00/100 M.N.)

**Número de servicio**  
 221 070 402 218

**Fecha límite de pago**  
 08 OCT 16

**Información importante**  
 Como a partir de 05/01/16, si no realizas el registro de consumo en tu casa, se desvirtúa.

**Periodo Consumo** 22 JUL 16 - 25 SEP 16  
**Consumo** 63 kWh  
**Promedio Consumo** 0 kWh  
**Promedio Consumo** 2.36 kWh

**Facturación**

**Importe de la facturación**

**Total a pagar: \$149.00**  
 CIENTO CUARENTA Y NUEVE PESOS 00/100 M.N.)

**Cuenta:** 3GDV07B013053215 **Clave de envío:** Repartir

Figura 23 Copia del recibo de luz actual

Fuente: CFE

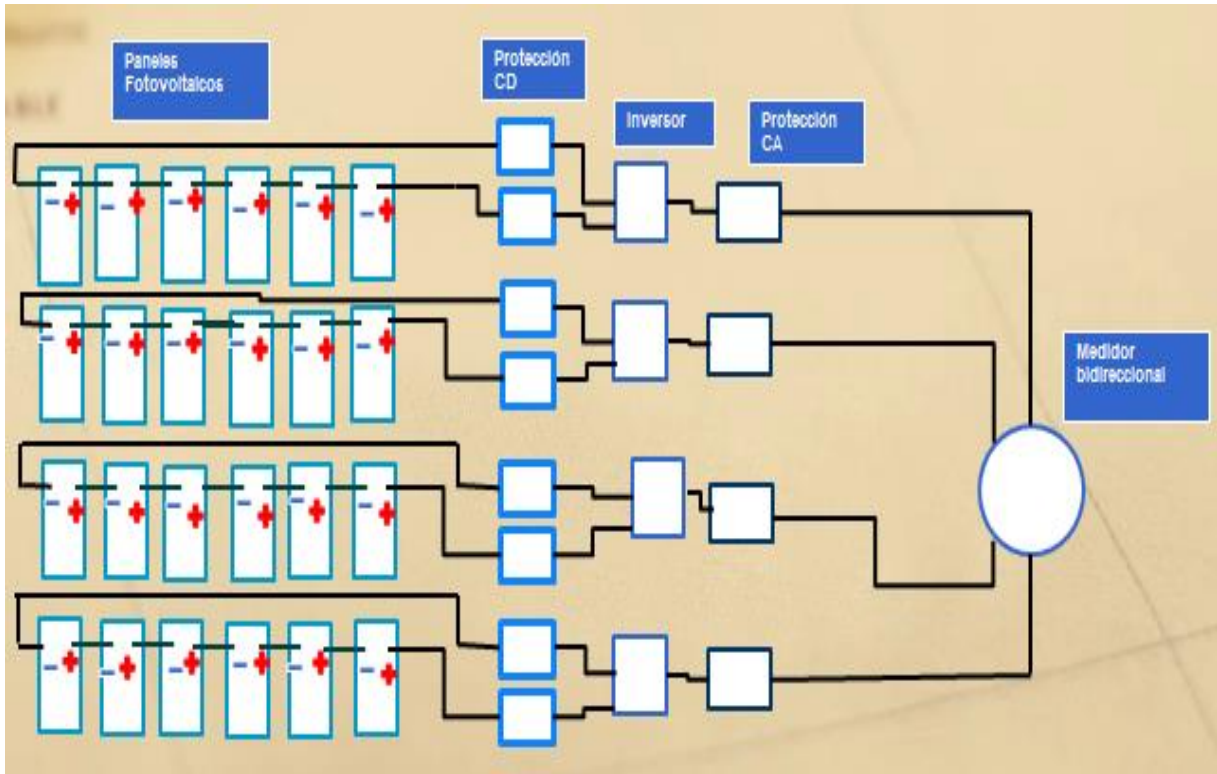


Figura 24 Diagrama de Instalación de Paneles Fotovoltaicos con Interconexión a Red CFE

Realizando el cálculo se concluye que el ahorro generado es de un 88%.

### Ahorro generado

$$\frac{(30 \text{ KW generados con energía solar})}{(34 \text{ KW recibo bimestral})} = 88\% \text{ ahorro}$$

Gasto actual bimestral \$7,388

Gasto mensual \$3,694

Gasto anual \$44,328

**Ahorro generado por instalación fotovoltaica:**

$(\$44,328) (0.88) = \$39,008.64$  ahorro anual

**Calculo de amortización:**

$$\frac{\$ 557,850 \text{ pesos}}{\$ 39,008.64 \text{ pesos año}} = 14.30 \text{ años se recupera la inversión}$$

Vida útil del equipo 25 años obteniendo 11 gratis de generación de electricidad.

$(\$39008.64 \text{ ahorro anual}) * (11 \text{ años}) = \$ 429.095.04$  utilidad.



Figura 25 Cálculo de amortización.

## **UNIDAD V. CONCLUSIONES**

## Conclusiones

En la presente memoria, presupuestos, cálculos justificativos, pliego de condiciones técnicas, planos y anexos se ha descrito la instalación de un productor de energía eléctrica en régimen especial mediante la aplicación de la Energía solar fotovoltaica por la conexión a la red de baja tensión, con el objeto de vender la electricidad generada por el sistema. Esta instalación cumplirá el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, así como las Normas Ordenanzas y medidas de Seguridad que le sean de aplicación. Las posibilidades de integración de este sistema de tecnología en un edificio Industrial ya construido son muy variadas, hoy en día existen múltiples opciones arquitectónicas posibles, así como gran variedad de soluciones. En este proyecto se ha analizado la opción más viable que era la de integrar el sistema fotovoltaico en la cubierta de diente de sierra que ya estaba construida y respetando la inclinación de la misma, con el fin de conseguir una integración total en el edificio. En el propio desarrollo del proyecto no se ha buscado exclusivamente la producción energética, sino que además se ha tenido en cuenta dada la situación del mismo, el conseguir una disminución de temperatura en la Planta Superior de Producción consiguiendo en su interior unas mejoras condiciones térmicas. Como conclusión final debemos incidir que el camino de las energías renovables está en marcha y como que está aceptado por todo el mundo, que el cambio climático viene a consecuencia de la emisión de los gases combustibles, gran parte de ellos provenientes de la generación de energía. Es lógico suponer que el sector fotovoltaico experimentará un gran impulso en los próximos años, con el consiguiente beneficio ecológico y al mismo tiempo abrirá un gran abanico de posibilidades a la industria fotovoltaica y a los inversores públicos o privados que apuesten por esta tecnología.

La instalación del equipo fotovoltaico fue realizada satisfactoriamente en el Hotel Mesón de San Sebastián, y como último paso es la interconexión a red la cual es realizada por CFE para poder iniciar con el funcionamiento del equipo en dicho lugar.

Realizando el cálculo se concluye que el ahorro generado es de un 88%.

## Referencias Bibliográficas

Alonso C., Rodríguez V. (1985). *Alternativas energéticas*. México D.F. Editorial Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-Fondo de Cultura Económica.

Asociación Mexicana de Energía Eólica (2015); <http://www.amdee.org/parques-eolicos-mexico-2015>; (20 de febrero del 2015).

Díaz, J. (2015). *Características Eléctricas de los Paneles Fotovoltaicos*. Eficiencia Energética y Utopía. <https://juanfrancisco207.wordpress.com/2015/03/23>.

González, V, J. (2009). *Energías Renovables*. Ciudad: Barcelona España. Editorial Reverté S.A.

Méndez, M. y Cuervo, R. (2010). *Energía Solar Fotovoltaica*. Ciudad: Madrid España. Editorial Fundación Confemetal.

Pareja, A. (2010). *Radiación Solar y su Aprovechamiento Energético*. Ciudad Madrid España. Editorial Marcombo.

Ramos, G. y Montenegro, F.(2012). *Las Centrales Hidrológicas en México: Pasado, presente y futuro*, Tecnología y Ciencias del Agua, Vol.III. Núm. 2 abril-junio 2012,pp 103-121, Instituto Mexicano de Tecnologías del agua, Morelos México.

Sánchez, M, A. (2014). *Energía Solar Fotovoltaica*. Ciudad: México D.F. Editorial Limusa, S.A. DE C.V.

UNAM(20014). *RadiaciónSolar*.[http://www.geofisica.unam.mx/radiacion\\_solar/energia.php](http://www.geofisica.unam.mx/radiacion_solar/energia.php). (3 marzo 2017)