



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Análisis de factibilidad de usar celdas  
fotovoltaicas en un inmueble.**

**TESIS**

Que para obtener el título de

**Ingeniero Eléctrico-Electrónico**

**P R E S E N T A N**

Fernando Jaime Bautista Pérez

Yadira Benítez López

**DIRECTOR DE TESIS**

Ing. Rodolfo Peters Lammel



**Ciudad Universitaria, Cd.Mx., 2017**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

---

Índice	01
Objetivo.	06
Introducción.	06
Método.	07
Capítulo 1 Las energías renovables y la radiación solar.	08
1.1 Energías renovables como tecnología para reducir los impactos ambientales.	08
1.2 La energía renovable como parte del desarrollo sustentable.	11
1.3 La radiación solar.	11
1.4 Aprovechamiento directo e indirecto de la radiación solar.	12
1.4.1 Conversión fototérmica.	12
1.4.2 Conversión fotovoltaica.	14
1.5 Espectro luminoso.	15
1.6 El proceso fotovoltaico.	16
1.7 Situación a nivel nacional.	17
1.8 Conclusiones Capítulo 1	21
Capítulo 2 La celda fotovoltaica	22
2.1 El efecto fotovoltaico.	22
2.2 Rendimiento de las celdas fotovoltaicas.	25
2.3 Parámetros de una celda solar.	26
2.4 Eficiencia de conversión o rendimiento.	27
2.5 Tipos de celdas fotovoltaicas.	30
2.6 Conclusiones Capítulo 2.	33

## INDICE

---

---

Capítulo 3. Elementos de los sistemas fotovoltaicos.	34
3.1 Aprovechamiento directo e indirecto de la energía solar.	34
3.2 Celdas fotovoltaicas.	34
3.3 Energía fotovoltaica.	35
3.4 El recurso solar en la República Mexicana.	35
3.5 Situación en la Ciudad de México.	37
3.6 Uso pasivo y activo del sol para generación eléctrica.	38
3.7 Evolución del precio de las celdas fotovoltaicas de silicio cristalino (en \$/Wp) entre 1977 y 2014.	41
3.8 Algunas aplicaciones de la energía solar fotovoltaica.	42
3.9 Conclusiones Capítulo 3.	43
Capítulo 4 Tipos de instalaciones fotovoltaicas.	44
4.1 Instalaciones fotovoltaicas conectadas a red. Cálculo y dimensionado.	44
4.2 Sistemas interconectados a la red con respaldo de banco de baterías.	46
4.3 Sistemas sin conexión o independientes de la red.	47
4.4 Módulos fotovoltaicos.	48
4.5 Inversores.	48
4.6 Dimensionamiento de la instalación	49
4.7 Cualidades y ventajas de la generación de electricidad con tecnología fotovoltaica.	50
4.8 Cálculo de la irradiación solar.	51
4.9 Distancia entre paneles.	52
4.10 Conclusiones Capítulo 4.	53

## INDICE

---

---

Capítulo 5. Diseño del sistema fotovoltaico.	54
5.1 Obtención de la demanda de energía del edificio.	54
5.2 Cálculo de la potencia total requerida.	55
5.3 Elección del panel solar.	56
5.4 Cálculo del campo generador.	57
5.5 Cálculo del número de inversores.	59
5.6 Cálculo del banco de baterías.	59
5.7 Dimensionado del sistema.	62
5.8 Cálculo de las emisiones de CO <sub>2</sub> .	64
5.9 Evaluación de costos del diseño fotovoltaico.	65
5.10 Determinación del costo anual de inversión.	66
5.11 Cálculo del costo del kilowatt-hora generado.	67
5.12 Comparativo de facturación de energía.	69
5.13 Circuito fuente de corriente.	71
5.14 Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico.	76
Conclusiones Capitulo 5.	78
Anexo 1.	80
Anexo 2.	109
Glosario	115
Lista de tablas y figuras.	121
Bibliografía.	124

## AGRADECIMIENTOS

---

“Cuida tus pensamientos porque se volverán actos. Cuida tus actos porque se harán costumbre. Cuida tus costumbres porque formarán tu carácter. Cuida tu carácter porque formará tu destino. Y tu destino será tu vida.”

Gandhi

Agradezco a Dios porque me dio la fuerza para culminar esta etapa de mi vida escolar. Por las alegrías y tristezas que he pasado a lo largo del tiempo para elaborar este trabajo

Agradezco a mis padres Eloy Bautista Torres y Martha Pérez Bautista porque me brindaron la vida para llegar a este momento, la educación, esfuerzo, consejos y regaños han hecho que no claudicara para concluir esta tesis que perdurara por siempre.

A Yadira Benítez López, que también participó en este trabajo; entre muchos desafíos encontrados siempre se mantuvo optimista, con gran amor y siempre encontré un apoyo incondicional.

También agradezco de manera muy especial al Ing. Rodolfo Peters Lammel, una gran persona que siempre nos brindó un espacio, sus conocimientos y su paciencia para realizar este trabajo.

A cada uno de los sinodales que aceptaron ser parte de esta tesis.

A mi hermano, mi tía Alejandra, a mis tíos, por darme en algún momento su apoyo, a Jorge, que siempre me ha brindado su amistad.

***Fernando Jaime Bautista Pérez.***

## AGRADECIMIENTOS

---

### DEDICATORIA A:

Al que me amo desde antes de la fundación del mundo, al poseedor de toda gloria, todo poder y de la majestad eterna.

**Mi Madre**  
**Estefana López Garfias**  
el latir de mi corazón

**Mi Padre**  
**Santos Benítez Aguirre**

Al constructor principal de mi vida profesional, quien me brindo su amor, la calidez y dicha de una familia

**A mis abuelos**  
**Celia Garfias Nava, Santos López Tavira**  
Por su amor, lealtad y principios

**Hermanos**  
**Olga Berenice Benítez López e Irving Benítez López**  
Por inspirarme ternura, responsabilidad y superación.

**A Fernando Jaime Bautista Pérez**  
Por su participación en este trabajo, por su entereza en la elaboración de este proyecto. Por su bondad, nobleza y persistencia sea muy dichoso.

**A mis Amigos**  
Verónica, Mariana Fajardo Corkidi, Abel, Iván, Alan, Irma.

**Al jurado de la tesis**  
Ing. Hugo Alfredo Grajales Román, Dr. Gabriel León de los Santos, Ing. David Vázquez Ortiz, Ing. Gabriel Alejandro Jaramillo Morales, a todos ellos por dedicar un poco de su tiempo a este trabajo. Pero especialmente al Ing. Rodolfo Peters Lammel por hacer darnos el apoyo total y necesario para la conclusión de este trabajo, y muy principalmente por la calidez humana que brindo.

**YADIRA BENÍTEZ LÓPEZ**

### Objetivo:

Hacer de manera teórica el diseño de un sistema de generación de energía eléctrica basado en la tecnología solar fotovoltaica, mediante módulos fotovoltaicos, por ser una buena alternativa dentro de las energías limpias. Estos sistemas se caracterizan por su durabilidad, versatilidad y fácil mantenimiento.

La generación solar fotovoltaica es capaz de suministrar energía eléctrica en el mismo sitio que se genera, abasteciendo la demanda del lugar, así como enviar la energía excedente a la red de distribución, reduciendo con esto las pérdidas por transmisión y distribución.

Con esto se pretende motivar el cambio de la forma de obtención de energía eléctrica; de una producción basada en combustibles fósiles a otra fuente de energía basada en el recurso solar para contribuir a la disminución de los gases de efecto invernadero.

### Introducción

El desarrollo de la humanidad a través de la historia está ligado de manera muy significativa al tipo de energía utilizada y sus formas de aprovechamiento. Existen incluso teorías que posicionan a la energía como eje principal del desarrollo humano.

El aumento del contenido en la atmósfera de los gases de efecto invernadero y principalmente el CO<sub>2</sub> producido por las actividades humanas y especialmente por la utilización de los combustibles fósiles como fuentes de energía, contribuye a aumentar el efecto invernadero y a elevar la temperatura en la superficie de la Tierra; lo que está produciendo un cambio climático a nivel global.

Por ello se hace necesario establecer un nuevo modelo energético que sea sustentable, en el que las energías renovables sean el eje de desarrollo. Las fuentes de energías renovables tienen un ciclo de regeneración mayor al de consumo, por lo que son inagotables. El Sol es el origen de todas las energías renovables presentes en la Tierra.

La Tierra recibe del Sol en una hora más energía que la utilizada por la población humana mundial en un año, y México, que tiene 5.36 h de Sol pico (de acuerdo con datos del Sistema de Información Geográfica para las energías renovables en México), debe sumarse al proceso de cambio de tecnología para la producción de energía eléctrica.

El aumento de la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos y los estímulos gubernamentales han propiciado la introducción de este tipo de instalaciones. Además, el costo de generación fotovoltaica compite con el precio de la energía eléctrica a nivel de la distribución, ya que es de menor costo que el de las plantas generadoras convencionales de la red de alta tensión, lo que facilita la introducción de la energía fotovoltaica. Por lo tanto, se ha optado en este proyecto: realizar una propuesta de implementación de paneles fotovoltaicos.

### Método

Para la realización de esta Tesis, se obtuvo información mediante la consulta de catálogos, artículos especializados en el tema, revistas, también se recabó información de las dependencias competentes en materia de energía (SENER, CRE, IIE, CONUEE).

Los datos en los cuales nos apoyaremos serán los de un inmueble de oficinas ubicado en Palmas 100, Ciudad de México. De este inmueble se obtuvieron los siguientes datos:

- 1) Carga total instalada.
- 2) Consumo actual de energía.
- 3) Recibos por concepto de pago de energía.

Se realizó la evaluación del proyecto tomando en cuenta:

- Inversión inicial
- Costos del equipo

Se realizó posteriormente un análisis comparativo en cuestión del ahorro en el pago a la compañía suministradora de energía eléctrica y el costo de la energía generada por módulos fotovoltaicos.

Debido a que la instalación de estos equipos es costosa, el alcance de este trabajo es demostrar y comparar de manera teórica los impactos ambientales, sociales y económicos que conlleva el uso de la energía solar.

## Capítulo 1. Las energías renovables y la radiación solar.

### 1.1 Energías renovables como tecnología para reducir los impactos ambientales.

México ha dependido fundamentalmente de los hidrocarburos; la economía, las finanzas del gobierno, la política y grandes segmentos de la población reconocen al petróleo como una base fundamental de la sustentabilidad; y la influencia de la industria del petróleo y del gas se puede apreciar en todas partes.

A pesar de que la extracción del petróleo está en decadencia actualmente, seguirá siendo una fuente básica de energía durante las próximas décadas, ya sea a través del monopolio estatal o con la apertura hacia el sector privado.

El sector energético tiene repercusiones importantes en el estado del medio ambiente. Este sector representa una fuente importante de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), lo cual implica un aumento en la concentración atmosférica y sus consecuentes efectos sobre uno de los principales problemas ambientales del planeta: el cambio climático. Este sector en México, tiene muchas similitudes con lo que ocurre a nivel internacional, alrededor del 60% de las fuentes de emisión de GEI, está relacionado con la generación y uso de la energía, como se muestra en la figura 1.

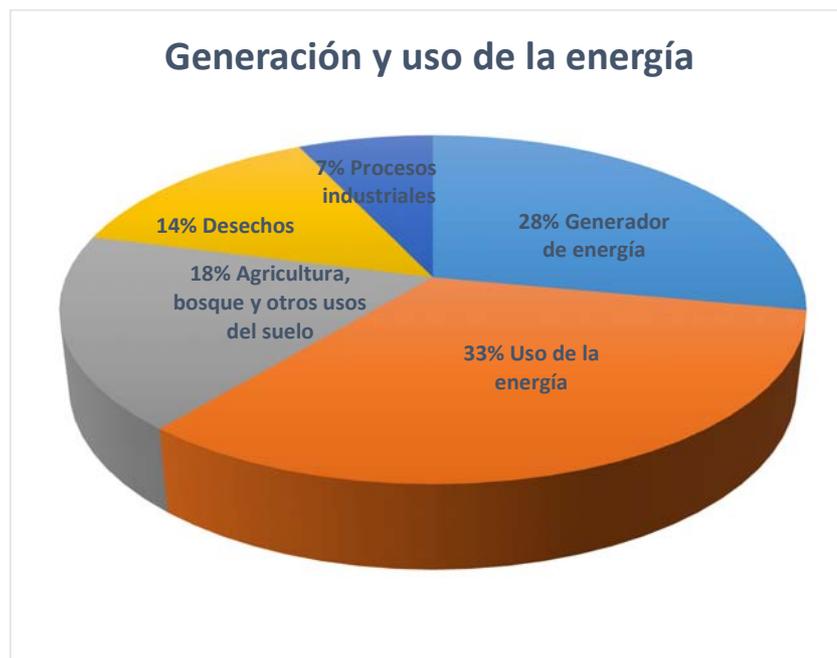


Figura 1. Generación y uso de la energía.  
Fuente. IEA

La Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés), es una de las principales instancias internacionales en cuanto a cooperación energética se refiere.

## Capítulo 1. Las energías renovables y la radiación solar.

Esta agencia informó que, en el año 2007, el Suministro Total de Energía Primaria (TPES, por sus siglas en inglés) fue de 12026 Mtoe, de las cuales 1492 Mtoe se produjeron a partir de fuentes renovables de energía.

Toe se define como tonelada equivalente de petróleo (tonne of oil equivalent). Esta unidad es equivalente a 10.7 gigakcal. La figura 2 muestra que los combustibles fósiles siguen siendo la principal fuente de energía, con más del 80% del total.

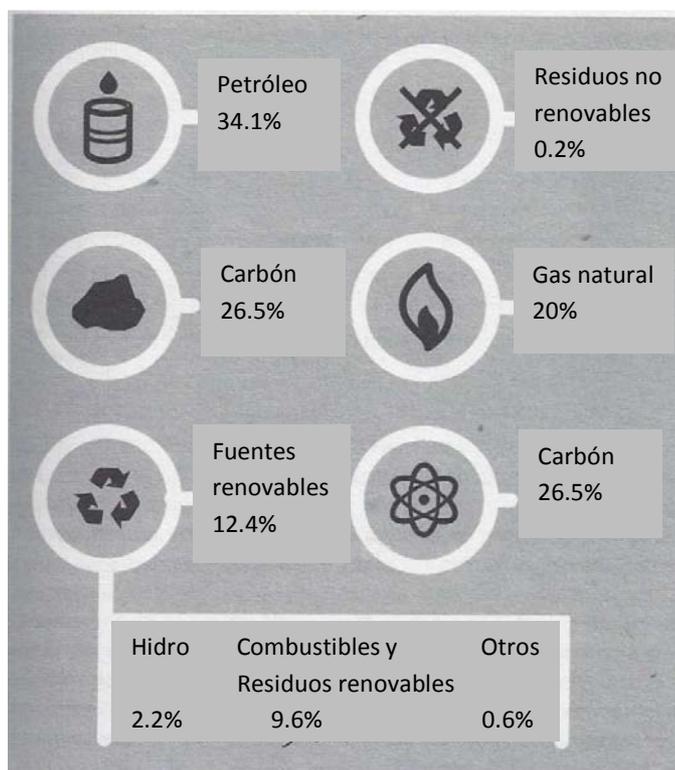


Figura 2. Combustibles fósiles.  
Fuente IEE.

La urgencia de encontrar alternativas a los combustibles fósiles se ha confirmado en los últimos años debido a una progresiva evidencia científica: el planeta está modificando su temperatura, el desprendimiento de las capas de hielo polar, el derretimiento de los glaciares, las condiciones climáticas extremas y una creciente incidencia de desastres naturales.

Se estima que las temperaturas globales aumentaron un grado centígrado en los últimos 100 años y que al final de este siglo serán siete u ocho grados mayores a los actuales. A pesar de las reducciones en las emisiones GEI, que se contemplan como la estrategia de mitigación más ambiciosa, las temperaturas globales podrían aumentar hasta 6%. Dado que el 86% de la energía global proviene de los combustibles fósiles (IEA, 2008) y que producen anualmente 27,000 millones de toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub>, encontrar fuentes alternas de energía es muy importante dentro de las estrategias para mitigar los efectos del cambio climático.

## Capítulo 1. Las energías renovables y la radiación solar.

El calentamiento global es consecuencia de la emisión de gases de efecto invernadero, como el bióxido de carbono y óxido nitroso, que reducen la radiación de luz infrarroja debido al calentamiento de la superficie terrestre, absorbiéndola y afectando a todos los seres vivos.

No cabe duda que atacar el calentamiento global debido al efecto invernadero a través de una reestructuración radical del sistema energético global, constituye el reto tecnológico del siglo XXI. Este implica por lo menos tres condiciones: voluntad política, investigación y desarrollo tecnológico orientado y cooperación internacional.

Debe quedar muy claro que el impacto del efecto invernadero en la sociedad es un problema energético que no desaparecerá simplemente por decretos, normas o reglamentos. El sistema energético, que se representa esquemáticamente en la figura 3, puede causar impactos ambientales en las diferentes fases de actividad, determinadas por el flujo de energía desde las fuentes de energía primaria hasta el uso final de la energía.



Figura 3. Sistema energético.

Fuente: Energía e impacto ambiental, UNAM, 2012.

Estos impactos ambientales pueden ser de tres tipos:

- a. Contaminación material del aire, agua o suelo
- b. Contaminación energética: calor de desecho y ruido
- c. Contaminación estructural, causada por la alteración del medio ambiente: problemas de localización de instalaciones energéticas y de la infraestructura necesaria; minería del carbón y del uranio.

Las estrategias para controlar estos problemas de impacto ambiental incluyen aspectos técnicos, económicos, sociales y políticos. Entre los aspectos técnicos, pueden jugar un papel muy importante el uso racional de la energía y el aprovechamiento de los desechos, tanto energéticos como de materia orgánica e inorgánica.

Tomar en cuenta la densidad de población es importante para abordar temas como las provisiones de energía o el cambio climático, ya que conforme aumenta la población global y se enriquezca, se presenta una mayor demanda de energía para los bienes de consumo.

## Capítulo 1. Las energías renovables y la radiación solar.

---

Las fuentes de energía renovables ofrecen una alternativa casi ilimitada, su potencial es suficiente como para reemplazar completamente los recursos no renovables; ya existe la tecnología necesaria para utilizar la energía renovable tanto en los países en vías de desarrollo como en los ya completamente maduros. Esto significa que, con niveles adecuados de inversión, políticas gubernamentales efectivas y los cambios culturales y de actitud necesarios en la sociedad, la energía renovable avanzará rápida y significativamente en los próximos años.

### 1.2 La energía renovable como parte del desarrollo sustentable.

La vinculación del cambio climático, ocasionado por la actividad económica, con el crecimiento poblacional y la presión energética dieron origen al concepto de desarrollo sustentable (término acuñado a fines de los años ochenta en el reporte Brundtland titulado “Nuestro futuro común”, 1987). En él se establece que el desarrollo sustentable se basa en la noción de que la evolución de hoy no debe comprometer la capacidad de futuras generaciones para lograr sus propios objetivos. Esto significa un menor énfasis en los recursos no renovables y en las políticas de desarrollo que destruyen y dañan el ambiente. Fue a partir de la publicación del reporte Brundtland que el desarrollo sustentable se convirtió en un tema central dentro de la política de la organización gubernamental e internacional.

Un elemento importante para los países en vías de desarrollo ha sido el vínculo positivo entre las estrategias para la mitigación de los efectos del cambio climático y el desarrollo social y económico. Los Créditos de Energía Renovable (CER), en los que la energía producida a partir de fuentes renovables reemplaza, en la red nacional, a la electricidad producida convencionalmente. A cambio, se reciben fondos como una compensación de carbono.

### 1.3 La radiación solar.

La radiación solar que alcanza la parte superior de la atmósfera terrestre tiene una potencia por unidad de superficie de alrededor de 1370 [watts/m<sup>2</sup>]. El espectro de la radiación es similar al de un cuerpo negro radiando a 5800 kelvin [K], que es la temperatura en la superficie del Sol; el 10% de la radiación es ultravioleta, de longitud de onda muy corta, el 40% corresponde a la región visible y el 50% es infrarroja, la de mayor longitud de onda.

Solamente una fracción de esa radiación llega a la superficie de la Tierra; parte de la radiación ultravioleta es absorbida por la capa de ozono situada en la parte alta de la atmósfera; alrededor del 19% de la radiación total es absorbida por las nubes y el 31 % es reflejada por la atmósfera al espacio exterior, constituyendo lo que se llama el albedo; el resto de la radiación llega a la superficie de la tierra y casi toda es absorbida, excepto un 3% que es reflejada.

## Capítulo 1. Las energías renovables y la radiación solar.

---

La superficie de la Tierra, al calentarse, emite radiación infrarroja, la mayor parte de la cual es absorbida por el vapor de agua y por el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y otros gases presentes en la atmósfera y radiada de nuevo a la Tierra, lo que constituye el llamado efecto invernadero, que contribuye a mantener una temperatura media en la superficie de la tierra del orden de  $25^\circ\text{C}$ , superior a la que se tendría si no hubiese este efecto invernadero. Si no existiera la atmósfera la temperatura media en la superficie terrestre sería de  $-15^\circ\text{C}$ .

La insolación recibida en una localización determinada en la superficie de la Tierra puede variar entre 0 y  $1050$  [ $\text{watts/m}^2$ ], dependiendo de la latitud, la época del año, la hora del día y la nubosidad.

El aumento del contenido en la atmósfera de los gases de efecto invernadero y principalmente del  $\text{CO}_2$  producido por las actividades humanas y especialmente por la utilización de los combustibles fósiles como fuentes de energía, contribuye a aumentar el efecto invernadero y a elevar la temperatura en la superficie de la Tierra, lo que está produciendo un cambio climático a nivel global. De aquí la importancia de promover el uso de fuentes de energía limpias como la solar, que no contribuyen al aumento del efecto invernadero.

### 1.4 Aprovechamiento directo e indirecto de la radiación solar

La Tierra recibe del Sol en una hora más energía que la que utiliza la población humana mundial en un año. Esta energía solar se debe a la radiación solar tanto directa como difusa.

Hay dos formas de aprovechar la radiación solar para producir energía eléctrica: mediante la conversión directa de esa radiación en electricidad utilizando celdas fotovoltaicas, constituidas por un material semiconductor y mediante la concentración de la radiación solar para obtener energía térmica que caliente un fluido, el cual impulse a una máquina térmica que a su vez mueva un generador eléctrico.

A continuación, se describen estas dos tecnologías:

#### Conversión fototérmica

Los sistemas de conversión fototérmica para producir energía eléctrica que utilizan espejos para concentrar la radiación solar reflejándola sobre un sistema captador en el que se calienta un fluido, cuya energía térmica se aprovecha para mover una máquina que impulse a un generador eléctrico.

## Capítulo 1. Las energías renovables y la radiación solar.

---

Existen cuatro tipos de colectores solares de concentración:

a) Sistemas fototérmicos lineales parabólicos

Estos sistemas consisten en una superficie reflejante lineal de sección parabólica, que concentra la radiación solar en un tubo colocado a lo largo de la línea focal, por el cual circula un fluido que extrae el calor producido por la radiación solar concentrada.

Las instalaciones de este tipo están formadas por un gran número de colectores, dispuestos en filas paralelas, orientadas en la dirección norte-sur para aumentar la captación de energía solar. Puede además disponerse de un mecanismo de control que haga girar los colectores sobre un eje de manera que sigan el movimiento del Sol de oriente a poniente.

El fluido que circula por el tubo que recibe la radiación solar concentrada suele ser aceite mineral, que produce vapor de agua en un cambiador de calor. Este vapor se utiliza en una máquina térmica que impulsa un generador eléctrico. Se han realizado instalaciones que generan hasta 80 [MW] y los nuevos diseños alcanzarán 250 [MW]. Puede completarse este tipo de instalaciones con un sistema de almacenamiento térmico, que permite obtener vapor de agua también durante la noche.

b) Sistemas fototérmicos lineales con reflector de Fresnel

Recientemente se ha propuesto y está en construcción un sistema lineal en el que se utilizan espejos planos o ligeramente curvados, colocados al nivel del piso sobre una estructura móvil que permite enfocar la radiación solar sobre un tubo receptor colocado a cierta altura sobre los espejos. El agua que circula por el tubo al calentarse se convierte en vapor que impulsa una turbina y esta a su vez, un generador eléctrico.

c) Sistemas fototérmicos de disco parabólico

Consiste en un disco formado por un espejo cuya superficie es un paraboloides de revolución, que concentra los rayos solares en un receptor colocado en el foco del paraboloides; este dispositivo está montado sobre una estructura que orienta el disco permanentemente hacia el Sol. El receptor de la radiación solar concentrada calienta un fluido, generalmente hidrógeno o helio, el cual impulsa una máquina térmica, usualmente un motor Stirling, instalado en la proximidad del receptor de la radiación y que está acoplado a un generador eléctrico, produciendo potencias del orden de 3 a 25 [kW].

## Capítulo 1. Las energías renovables y la radiación solar.

---

### d) Sistemas fototérmicos de torre central

En estos sistemas un gran número de espejos planos, llamados helióstatos, movidos por un mecanismo que los orienta permanentemente hacia el Sol, reflejan la radiación solar sobre el cambiador de calor montado en una torre central. El vapor de agua producido mueve una turbina que impulsa un generador eléctrico, pudiendo obtenerse potencias del orden de 10 a 200 [MW]. También en este tipo de instalaciones puede tenerse un sistema de almacenamiento térmico. Para enfrentar el problema de la variación de la radiación solar recibida, que se reduce a cero durante la noche y cuya intensidad puede variar durante el día en función de la nubosidad, se han desarrollado instalaciones para almacenar la energía térmica.

Si el fluido de trabajo que se calienta en los sistemas fototérmicos es aceite, puede transferir parte del calor a depósitos con sales, que lo almacenan para utilizar esa energía ulteriormente. Se investigan otros sistemas de almacenamiento de calor, como la utilización de materiales con cambio de fase, lo que permite almacenar grandes cantidades de energía en volúmenes relativamente pequeños.

### Conversión fotovoltaica:

La mayor parte de las celdas fotovoltaicas actualmente en uso están constituidas por la unión de dos capas muy delgadas de silicio cristalino, que se han contaminado con pequeñas cantidades de otros elementos, como boro y fósforo, lo que da lugar a materiales semiconductores de tipo positivo (p) y negativo (n). El contacto entre dos materiales de distinta polaridad crea una diferencia de potencial y la radiación solar incidente sobre la celda así constituida libera electrones, que circulan por un circuito exterior en forma de corriente continua, impulsados por la diferencia de potencial.

Otro tipo de celda fotovoltaica utiliza silicio amorfo en capas aún más delgadas y se desarrollan celdas de silicio microcristalino. También se fabrican celdas con películas de otros materiales tales como compuestos de cadmio, indio y galio.

La eficiencia de una celda fotovoltaica está dada por la porción de la potencia de la iluminación solar incidente en la celda que se convierte en energía eléctrica.

Una celda fotovoltaica de silicio cristalino tiene una eficiencia del orden del 20%, mientras que en otros tipos de celdas de película muy delgada la eficiencia es del orden del 11 %, pero requieren menos material y su proceso de fabricación consume menos energía que en el caso de las celdas de silicio cristalino.

## Capítulo 1. Las energías renovables y la radiación solar.

Para aumentar la eficiencia de las celdas fotovoltaicas se han desarrollado celdas formadas por elementos de los grupos III y V de la tabla periódica, como por ejemplo las compuestas por una capa superior de arsénio de galio (GaAs), una capa intermedia de fosforo de galio e indio y una capa inferior de germanio; con este tipo de celdas se alcanzan eficiencias cercanas al 40% debido a que absorben una porción mayor del espectro de la luz solar. Además, para compensar el alto costo de estos materiales, esas celdas se utilizan con sistemas de concentración de la luz solar, constituidos por lentes o espejos, lo que permite reducir la superficie de las celdas.

Las celdas solares se interconectan formando módulos o paneles para obtener la potencia deseada. Estos módulos se montan sobre estructuras que pueden ser fijas, orientadas hacia el Sol de acuerdo con la latitud del lugar, o móviles para seguir la trayectoria del Sol, que es un requisito indispensable en el caso de celdas con concentración, ya que requieren recibir la radiación solar directa perpendicularmente a la celda. Si las celdas fotovoltaicas se van a conectar a un sistema eléctrico de corriente alterna, se requiere un dispositivo inversor para convertir la corriente continua producida por las celdas fotovoltaicas en corriente alterna.

### 1.5 Espectro luminoso

La luz, sea esta de origen solar, o generada por un foco incandescente o fluorescente, está formada por un conjunto de radiaciones electromagnéticas de muy alta frecuencia agrupadas dentro de un cierto rango, llamado espectro luminoso.

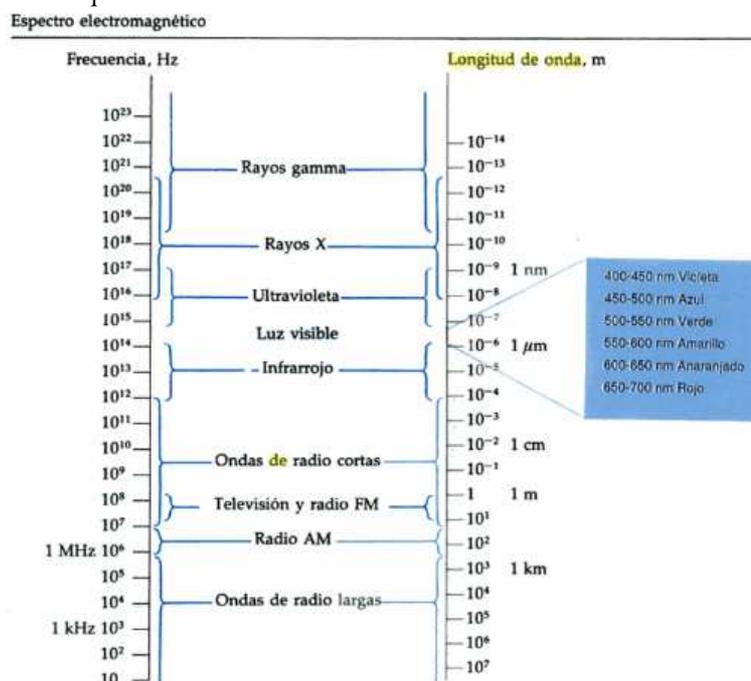


Figura 4. Espectro electromagnético de la luz solar.  
Tipler, Paul A, Física Preuniversitaria. Reverté, S.A, España 1998.

## Capítulo 1. Las energías renovables y la radiación solar.

La intensidad y frecuencias del espectro luminoso generado por el Sol sufren alteraciones cuando la luz atraviesa la atmosfera. Ello se debe a la absorción, reflexión y dispersión que toma lugar dentro de esta. Los gases presentes en la capa atmosférica actúan como filtros para ciertas frecuencias, las que se ven disminuidas en su intensidad o son absorbidas totalmente.

### 1.6 El proceso fotovoltaico

Responde a un limitado rango de frecuencias dentro del espectro visible, de manera que es importante definir el espectro de radiación de la fuente luminosa que se utiliza para evaluar la celda fotovoltaica. Esto se hace especificando un parámetro denominado masa de aire como a continuación se describe.

La posición relativa del Sol respecto a la horizontal del lugar determina el valor de la masa de aire atravesada por la radiación solar. Cuando los rayos solares caen formando un ángulo de 90° respecto a la horizontal, se dice que el Sol ha alcanzado el zenit.

Para esta posición la radiación directa del Sol atraviesa una distancia mínima a través de la atmosfera. Cuando el Sol está más cercano al horizonte, esta distancia se incrementa, es decir, "la masa de aire" es mayor.

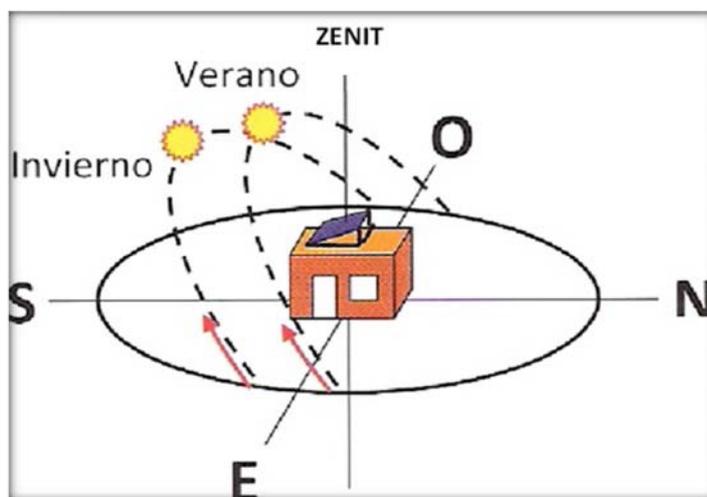


Figura 5. Variación de la masa de aire a través de la atmósfera.

Fuente: IIE.

A la posición del zenit se le asigna una masa de aire igual a 1 ( $M_1$ ). Cualquiera otra distancia tendrá una masa de aire que puede calcularse usando la expresión:

$$\text{Masa de aire} = \frac{1}{\cos \alpha} \quad \text{Ecuación 1}$$

## Capítulo 1. Las energías renovables y la radiación solar.

---

Donde  $\alpha$  es el ángulo formado entre la posición de zenit y la posición del Sol en ese momento. Algunos autores asignan, arbitrariamente, el valor  $M = 0$  para el espectro luminoso fuera de la atmósfera. El valor carece de sentido matemático, ya que no se satisface la ecuación de Masa de aire.

La fuente luminosa usada para medir la potencia de salida de un panel fotovoltaico tiene un espectro luminoso correspondiente a una masa de 1.5 (M 1.5), el que ha sido adoptado como estándar. La intensidad es muy cercana a  $1 \text{ [kW/m}^2\text{]}$ .

La cantidad total de radiación solar (directa y reflejada) que se recibe en un punto determinado del planeta, sobre una superficie de  $1 \text{ [m}^2\text{]}$ , para un determinado ángulo de inclinación entre la superficie colectora y la horizontal del lugar, recibe el nombre de insolación. Para obtenerla se necesitan tener en cuenta las variaciones cíclicas estacionales realizando mediciones de la radiación solar diaria durante 10 o más años. Se usan diferentes unidades para expresar el valor de la insolación de un lugar. La más conveniente para nuestra aplicación es el kilowatt hora por metro cuadrado  $\text{[kWh/m}^2\text{]}$ , o su valor equivalente en 100 miliwatt hora por centímetro cuadrado  $\text{[10}^2\text{mWh/cm}^2\text{]}$ .

Si la superficie colectora mantiene un ángulo de inclinación fijo, el valor de la insolación en una localización dada depende de las condiciones atmosféricas y la posición del Sol respecto al horizonte. La presencia de nubes incrementa la absorción, reflexión y dispersión de la radiación solar. La posición respecto a la horizontal cambia durante el día y con las estaciones.

Los fabricantes de paneles fotovoltaicos (FVs) determinan la máxima potencia eléctrica de salida usando una fuente con una potencia luminosa de  $1 \text{ [kW/m}^2\text{]}$ . Este valor, conocido con el nombre de SOL, se ha convertido en un estándar para la industria.

$$1 \text{ SOL} = \frac{1 \text{ kW}}{\text{m}^2} = \frac{100 \text{ miliwatts}}{\text{cm}^2} \quad \text{Ecuación 2}$$

### 1.7 Situación a nivel nacional

México es un país privilegiado en lo referente al alto nivel de irradiación solar incidente en gran parte de su territorio. La irradiación promedio diaria anual estimada es superior a  $4.4 \text{ [kWh/m}^2\text{]}$  en todo el territorio nacional y en algunas regiones llega a valores mayores de  $6 \text{ [kWh/m}^2\text{]}$  situación que hace factible la instalación de sistemas fotovoltaicos para producir energía eléctrica máxime si se comparan estas intensidades con las alcanzadas en países líderes en la implantación de la tecnología Sistemas Fotovoltaicos Interconectados como es el caso de Alemania cercana a  $3 \text{ [kWh/m}^2\text{]}$  y Japón  $4 \text{ [kWh/m}^2\text{]}$ .

## Capítulo 1. Las energías renovables y la radiación solar.

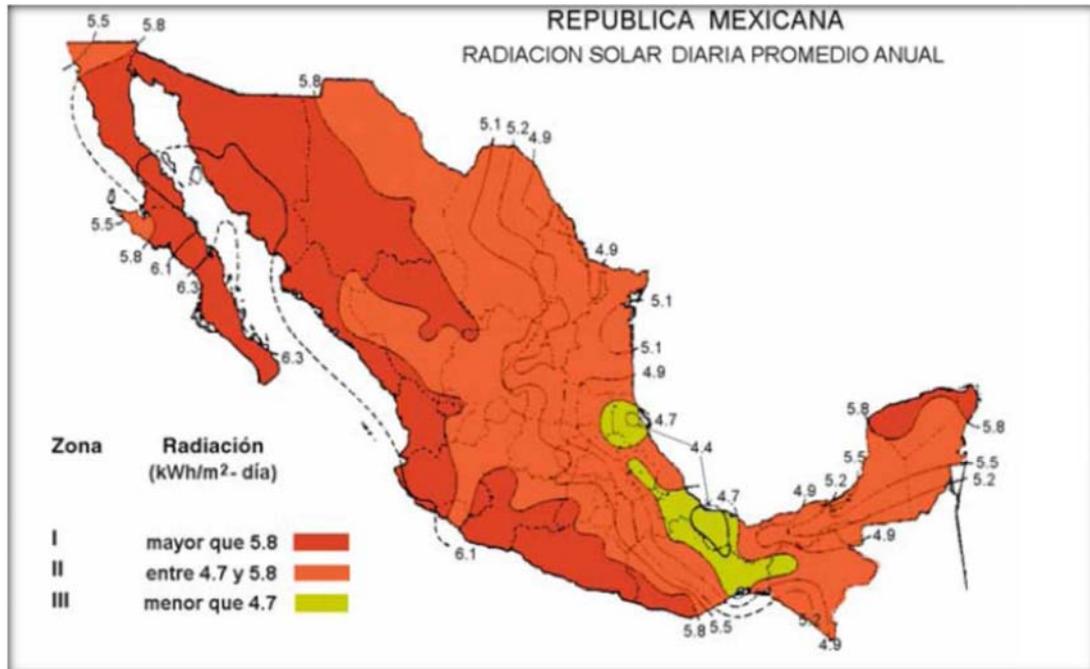


Figura 6. Radiación solar diaria promedio anual.

Fuente: IIE

En el caso de México la mayor parte de energía fotovoltaica corresponde a Sistemas Aislados y son pocos todavía los sistemas interconectados a la red.

El Instituto de Investigaciones Eléctricas ha evaluado desde hace más de 10 años la tecnología de Sistemas Foto-Voltaicos Interconectados (SFVI), primero con sistemas monofásicos de menos de dos kilowatts pico (2 [kWp]) en diferentes poblaciones de la República y en 2005 con un sistema trifásico con capacidad de 30.6 [kWp] que funciona en la Ciudad de México.

A finales de 2006 en Mexicali B.C., 220 viviendas económicas de un fraccionamiento nuevo fueron dotadas con un SFVI con capacidad de 1 [kWp] y se estima que podrán generar hasta el 50% anual del consumo de energía eléctrica.

## Capítulo 1. Las energías renovables y la radiación solar.

Horas de sol pico por día para la República Mexicana										
Entidad Federativa	Ciudad	Latitud norte (°)	Horas de sol pico*		Entidad Federativa	Ciudad	Latitud norte (°)	Horas de sol pico*		
			Hor	Inc				Hor	Inc	
Aguascalientes	Aguascalientes	21.88	5.78	6.10	Nayarit	Tepic	21.51	6.06	6.42	
Baja California	Ensenada	31.87	5.98	6.76	Nuevo León	Monterrey	25.70	5.17	5.43	
	Mexicali	32.65	5.96	6.81		Oaxaca	Oaxaca	17.06	4.88	5.01
	Tijuana	32.54	5.96	6.79		Puebla	Puebla	19.06	5.22	5.44
Baja California Sur	La Paz	24.15	6.46	6.89	Querétaro	Querétaro	20.61	5.57	5.87	
	San José del Cabo	23.06	6.41	6.80	Quintana Roo	Cancún	21.16	6.01	6.32	
Campeche	Campeche	19.83	5.91	6.16		Chetumal	18.51	5.85	6.09	
Chiapas	Tuxtla Gutiérrez	16.76	4.88	5.00	San Luis Potosí	San Luis Potosí	22.16	5.57	5.85	
Chihuahua	Chihuahua	28.63	5.96	6.52	Sinaloa	Culiacán	24.82	6.05	6.52	
	Ciudad Juárez	31.73	5.78	6.41			Los Mochis	25.80	6.35	6.84
Coahuila	Salttillo	25.42	5.54	5.86			Mazatlán	23.20	6.04	6.47
	Torreón	25.53	5.96	6.37	Sonora	Ciudad Obregón	27.49	6.35	6.89	
Colima	Colima	19.26	5.97	6.30		Hermosillo	29.07	6.22	6.81	
Distrito Federal	Ciudad de México	19.33	5.11	5.36	Tabasco	Villahermosa	18.00	5.36	5.50	
Durango	Durango	24.04	5.92	6.36	Tamaulipas	Ciudad Victoria	23.73	5.18	5.38	
Guanajuato	Guanajuato	21.02	5.77	6.09		Nuevo Laredo	27.49	4.95	5.19	
	León	21.11	5.75	6.07		Tampico	22.21	5.05	5.23	
Guerrero	Acapulco	16.88	6.19	6.52	Tlaxcala	Tlaxcala	19.32	5.08	5.29	
	Chilpancingo	17.54	6.09	6.43	Veracruz	Coatzacoalcos	18.15	4.88	5.00	
Hidalgo	Pachuca	20.11	4.96	5.17		Orizaba	18.85	4.64	4.76	
Jalisco	Guadalajara	20.69	5.89	6.24		Veracruz	19.20	4.56	4.66	
México	Toluca	19.28	5.77	6.09		Xalapa	19.50	4.71	4.84	
Michoacán	Morelia	19.71	5.79	6.13	Yucatán	Mérida	20.97	5.94	6.23	
Morelos	Cuernavaca	18.92	5.76	6.07	Zacatecas	Zacatecas	22.77	5.86	6.21	

Hor = Plano horizontal    Inc = Plano inclinado a la latitud de la localidad correspondiente  
 \*De acuerdo con datos del Sistema de Información Geográfica para las Energías Renovables en México (SIGER) IIE-GENC, y del Observatorio de Radiación Solar del Instituto de Geofísica de la UNAM.

Figura 7. Horas de sol pico por día para la República Mexicana

El territorio mexicano se encuentra en el hemisferio norte. En esta región, la trayectoria aparente del Sol durante la mayor parte del año, desde el amanecer hasta el atardecer se observa hacia el sur.

## Capítulo 1. Las energías renovables y la radiación solar.

La latitud del sitio define la orientación e inclinación que deberá poseer un arreglo fotovoltaico. Por ejemplo, para la Ciudad México, el ángulo de inclinación del arreglo de los paneles fotovoltaicos es igual a la latitud local para obtener una mayor producción de energía, esto es a aproximadamente a  $19^\circ$ .

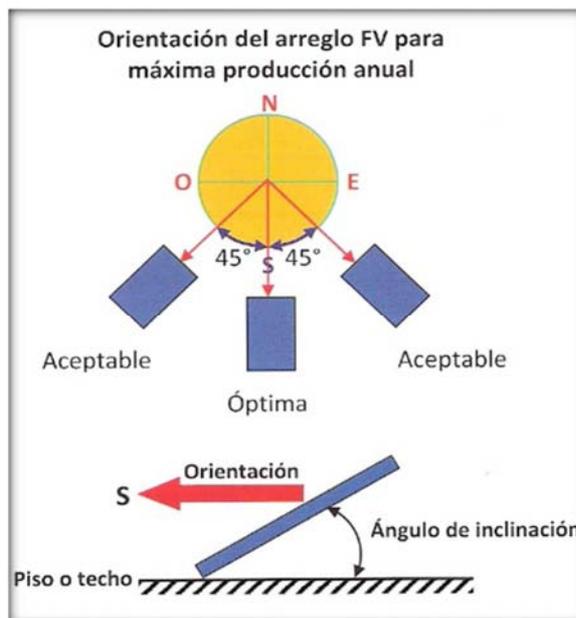


Figura 8. Orientación del arreglo FV para máxima producción de energía eléctrica anual.  
Fuente: IIE.

A continuación, se muestran en la tabla los ángulos de inclinación más adecuados para la orientación de los paneles respecto al Sol.

Ángulo de Inclinación	Resultado
Latitud	Máxima generación eléctrica anual y durante la primavera y el otoño.
Latitud -15	Máxima generación eléctrica en verano
Latitud +15	Máxima generación eléctrica en invierno

### Conclusiones

El aumento de GEI y principalmente de CO<sub>2</sub> por las actividades humanas y por la utilización de combustibles fósiles como fuente de energía promueve el aumento de la temperatura en la superficie terrestre, por tal motivo se tiene que promover el uso de fuentes de energía limpias para mitigar este efecto.

El sistema de generación de energía eléctrica que consiste en: generación (fuentes de energía primarias), transporte, transformación (energías secundarias), transporte y utilización (uso final de la energía causa impactos ambientales en las diferentes fases de esta actividad

Alrededor del 60% de las fuentes de generación de GEI se debe a la generación y uso de la energía, por depender de combustibles fósiles debido a que el aumento desmedido de la población y su enriquecimiento demanda una mayor producción de energía. Para abastecer dicha energía y reducir la dependencia de combustibles fósiles como fuente principal y no comprometer a las futuras generaciones dio paso a lo que se conoce como desarrollo sustentable.

El territorio de la República Mexicana tiene una radiación solar promedio diario anual de 4.4 [kWh/m<sup>2</sup>], mayor a otros países que son líderes en la implementación de la tecnología de sistemas fotovoltaicos, lo que hace factible la instalación de esta tecnología para la generar energía eléctrica.

## Capítulo 2. La celda fotovoltaica

### 2.1 El efecto fotovoltaico.

Es posible convertir directamente energía solar en energía eléctrica mediante un proceso fotovoltaico basado en los semiconductores. El efecto fotovoltaico es la generación de una fuerza electromotriz como resultado de la acción de los iones. Los dispositivos para la conversión de la luz solar en energía eléctrica son conocidos como celdas fotovoltaicas o celdas solares. Ya que básicamente un diodo es capaz de desarrollar un voltaje de 0.5 a 1 volt y una corriente de 20 a 40 [mA/cm<sup>2</sup>] dependiendo de los materiales usados.

Los materiales usados para las celdas fotovoltaicas son los semiconductores, ya que la energía que liga a los electrones de valencia con su núcleo es similar a la energía de los fotones que constituyen la luz solar. Al incidir ésta sobre el semiconductor (normalmente silicio), sus fotones suministran la cantidad de energía necesaria a los electrones de valencia como para que se rompan los enlaces y queden libres para circular por el semiconductor.

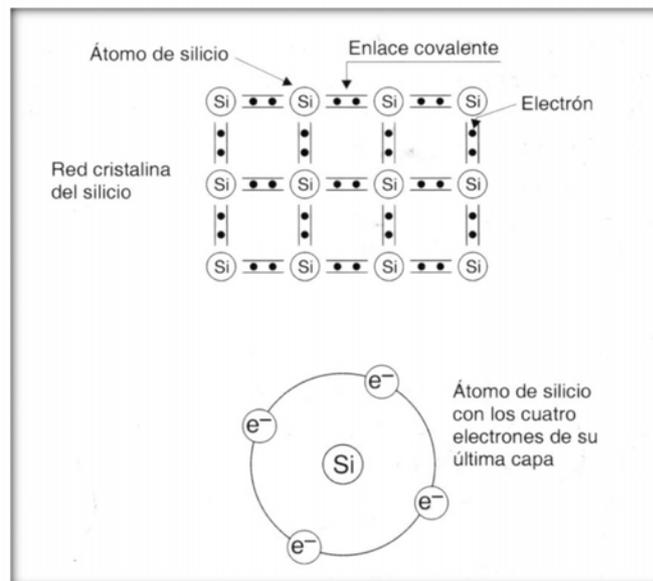


Figura 9. Átomo de silicio.

Fuente:Alcor, Instalaciones solares fotovoltaicas, 2002

Al lugar dejado por ausencia del electrón liberado se le llama hueco, y dispone de carga eléctrica positiva. Estos huecos también se desplazan, ya que el electrón liberado es susceptible de caer en un hueco próximo, produciéndose entonces un movimiento de estas “ausencias de electrones”. Al hecho de que los electrones ocupen huecos dejados por otros electrones se le denomina recombinación.

## Capítulo 2. La celda fotovoltaica

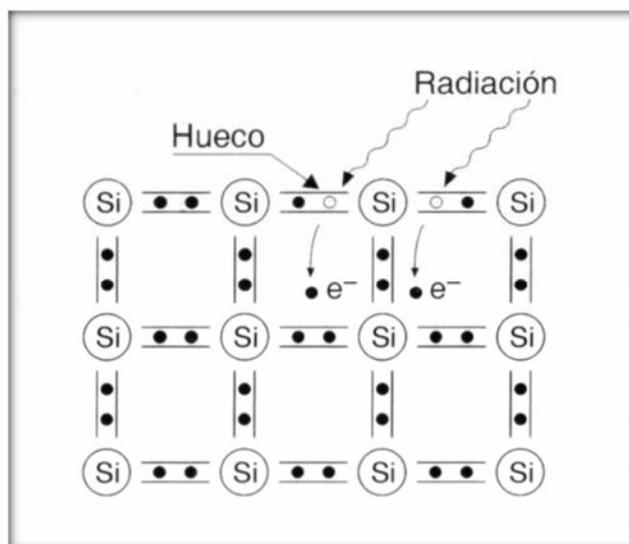


Figura 10. Liberación de electrones del átomo de silicio.  
Fuente: Alcor, Instalaciones solares fotovoltaicas, 2002

Estos electrones libres y estos huecos creados en los puntos donde hay luz, tienden a difundirse hacia las zonas oscuras, con lo cual pierden su actividad. Sin embargo, al moverse ambas partículas en el mismo sentido, no producen corriente eléctrica, y antes o después se recombinan restableciendo el enlace roto. En la región donde estas parejas de electrones y huecos han sido creados se formará un campo eléctrico en el interior del semiconductor, este campo separa a los electrones de los huecos, haciendo que cada uno circule en dirección opuesta y dando lugar a una corriente eléctrica en el sentido del campo eléctrico.

En las celdas solares convencionales este campo eléctrico se consigue mediante la unión de dos regiones de un cristal de silicio que ha sido tratado químicamente. Una de las dos regiones, la llamada n, ha sido dopada o se han agregado a esta región impurezas con fósforo. El fósforo tiene cinco electrones de valencia, uno más que el silicio, de manera que la región dopada con fósforo muestra una afinidad por los electrones menor que el silicio puro. La otra región, llamada p, ha sido dopada con boro. El boro tiene sólo tres electrones de valencia, uno menos que el silicio, y por ello el silicio dopado con boro tiene una afinidad por los electrones superior al silicio puro. De esta manera, la unión p-n formada presenta una diferencia de potencial  $V$  que hace que los electrones tengan menos energía en la zona n que en la zona p. Un campo eléctrico dirigido de la zona n hacia la p tiende a enviar los electrones hacia la zona n y los huecos hacia la zona p.

La construcción de una celda de silicio convencional parte de una barra cristalina de silicio dopado con boro, que se corta en discos de un espesor de  $0.3 \text{ [mm]}$ . Una de sus caras se dopa fuertemente con fósforo, mediante difusión a alta temperatura en una atmósfera gaseosa rica en el mismo, de forma que este elemento penetre en el silicio, hasta una profundidad aproximada de  $0.3$  micras. Encima de esta capa se deposita una rejilla metálica conductora, y en la parte posterior una capa continua. Estas sirven para facilitar la toma de contactos eléctricos con las dos regiones.

## Capítulo 2. La celda fotovoltaica

Cuando inciden fotones sobre la capa superior de la celda, algunos enlaces se rompen, generándose entonces pares electrón-hueco. Si esta generación se produce a una distancia de la unión menor que lo que se denomina longitud de difusión, antes o después estos portadores serán separados por el fuerte campo eléctrico que existe en la unión, moviéndose el electrón hacia la zona n y el hueco hacia la p y dando lugar a una corriente desde la zona n a la zona p.

Los fotones absorbidos en las regiones posteriores de la celda solar que son los de mayor longitud de onda tendrán pocas posibilidades de alcanzar la unión si la longitud de difusión no es lo suficientemente grande. Es necesario que el cristal de silicio sea estructural y constitucionalmente muy puro, es decir, que sea monocristal y que tenga una bajísima concentración de impurezas distintas a las añadidas de boro y fósforo.

La corriente dada por cada celda solar para una iluminación determinada varía en función de la caída de tensión producida en el exterior. La corriente suministrada es casi constante, hasta que se llega a un valor de tensión para el cual el campo de la unión decrece sensiblemente. Entonces la corriente tiende a cero rápidamente. La potencia máxima que puede dar una celda corresponde a una tensión algo inferior a la de circuito abierto, como se muestra en la figura 11. La máxima intensidad de cortocircuito  $I_{cc}$  que puede suministrar la celda se produce cuando no existe ninguna tensión exterior, pero en ese caso no suministra potencia en absoluto. El valor de la intensidad máxima,  $I_{m\acute{a}x}$  es menor que la intensidad de cortocircuito  $I_{cc}$ .

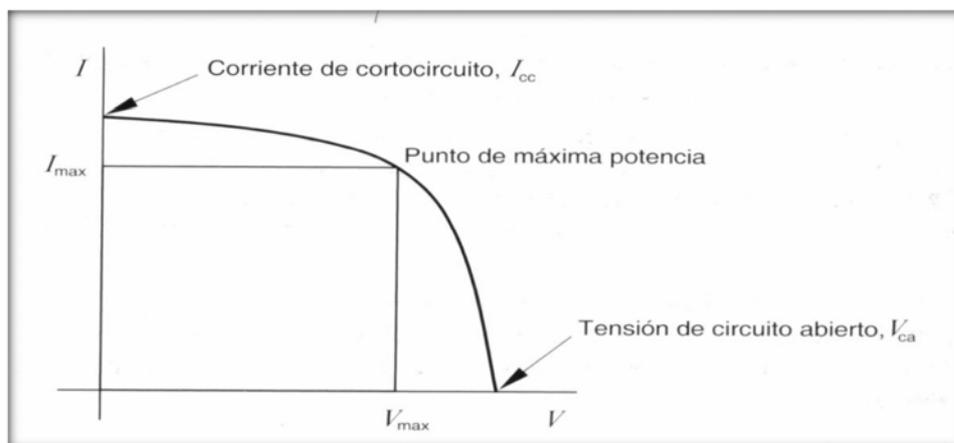


Figura 11. La corriente dada por cada celda solar en función de la caída de tensión producida en el exterior.

Para obtener un buen rendimiento en las celdas solares, éstas deben estar constituidas por un material en el que la energía del enlace de sus electrones de valencia no sea muy baja, ya que se perdería buena parte de la energía del fotón, ni muy alta, pues entonces sólo los fotones más energéticos del espectro solar podrían romper los enlaces. El silicio, con 1.1 [eV] es el material más usado. El arseniuro de galio, con 1.4 [eV], tiene teóricamente mejores características, pero es más caro. El sulfuro de cobre, con 1.2 [eV], es un material prometedor.

## Capítulo 2. La celda fotovoltaica

---

### 2.2 Rendimiento de las celdas fotovoltaicas

El rendimiento se define como el cociente entre la potencia eléctrica máxima que puede suministrar una celda fotovoltaica y la potencia luminosa que incide sobre su superficie. El rendimiento obtenido en laboratorio sobre celdas de silicio monocristalino es del 22% a 24%, pero una vez que se pasa a su fabricación masiva éste baja a un valor aproximado del 14 % al 20%, lo que quiere decir que, de cada 100 watts que se recibe del Sol, tan sólo 14 o 20 se aprovechan para nuestro uso. El hecho de este rendimiento tan bajo se debe fundamentalmente a los siguientes factores:

- a) Energía de los fotones incidentes. Ocurre en gran medida que los fotones contenidos en la luz solar no disponen de la energía suficiente como para romper el enlace covalente y crear el par electrón-hueco.
- b) Pérdidas por recombinación. Hacen que la tensión de vacío disminuya desde aproximadamente 1.1 [V] hasta un máximo de 0.6 [V] en circuito abierto, debido a diversos factores y al propio proceso de fabricación de la celda solar.
- c) Pérdidas por reflexión. Si se dispusiera la oblea de silicio tal y como queda después de haberse producido el corte en la barra de silicio monocristalino, la cantidad de luz reflejada tendría un valor aproximado del 30 %. No obstante, se han empleado diferentes recubrimientos que reducen este valor aproximadamente al 10%
- d) Pérdidas por los contactos eléctricos. Evidentemente, el hecho de dotar a la celda solar de unos contactos que canalicen los electrones liberados hacia el circuito exterior, hace que parte de su superficie de captación se vea tapada por estos contactos eléctricos de rejilla, que no son transparentes y, en definitiva, restan iluminación. Las pérdidas por este concepto pueden evaluarse, como media, en un 8 %, ya que dependen del diseño de la celda.
- e) Pérdidas por resistencia serie. Son debidas al efecto Joule que se produce al circular la corriente eléctrica a través del silicio, produciendo un calentamiento. Representan sobre el conjunto un 2% a 3%. La eficiencia real de la celda solar fotovoltaica no puede superar el 15 %, debido a las dificultades de reducir las diferentes pérdidas.

Una celda solar de silicio monocristalino no es otra cosa que un diodo de unión p-n que se hace especialmente sensible a la iluminación, generando la corriente eléctrica. En la figura 12 se observa el circuito equivalente de una celda fotovoltaica, donde se aprecia el generador de corriente fotogenerada, el diodo, un pequeño efecto capacitivo y dos resistencias típicas de la fabricación, una en serie y otra en paralelo (o shunt), que están formadas por los propios materiales utilizados.

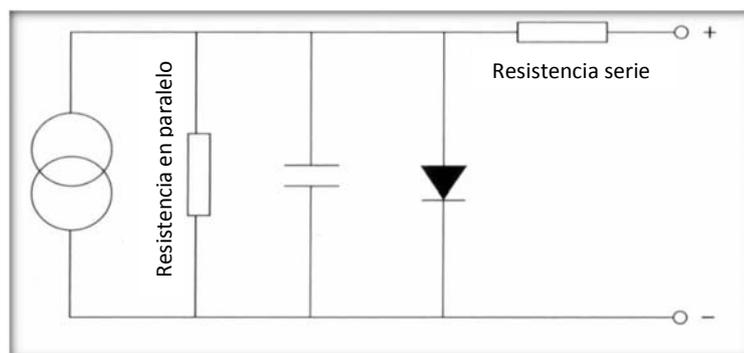


Figura 12. Circuito equivalente de una celda solar.

### 2.3 Parámetros de una celda solar

La curva intensidad-tensión ( $I$ -  $V$ ) que define el comportamiento de una celda fotovoltaica es la mostrada en la figura siguiente:

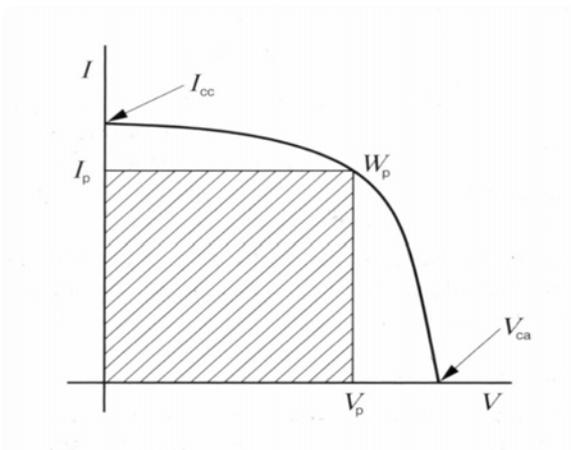


Figura 13. Curva intensidad-tensión.

En dicha figura se pueden ver los parámetros típicos que definen a una celda solar. Estos parámetros son los siguientes:

#### Intensidad de cortocircuito, $I_{cc}$

Es aquella que se produce a tensión cero, pudiendo ser medida directamente con un amperímetro conectado a la salida de la celda solar. Su valor varía en función de la superficie y de la radiación luminosa a la que la celda es expuesta. En celdas cuadradas de 4, 5 y 6 pulgadas, las corrientes se sitúan en los 3.1 [A], 4.4 [A] y 7.1 [A] respectivamente, para una radiación de 100 [mW/cm<sup>2</sup>].

## Capítulo 2. La celda fotovoltaica

---

### Tensión de circuito abierto, $V_{ca}$

Es la tensión que se puede medir al no existir una carga conectada y representa la tensión máxima que puede dar una celda. Su medida se realiza simplemente conectando un voltímetro entre bornes, y su valor oscila, según el tipo de construcción interior de la celda, alrededor de los 0.5 [V].

### Potencia pico, $W_p$

Es la potencia eléctrica máxima que puede suministrar una celda, y queda determinada por el punto de la curva I-V donde el producto de la intensidad producida y la tensión son máximos.

### Factor de forma (FF)

Se define mediante la expresión:

$$FF = \frac{W_p}{W_{m\acute{a}x}} = \frac{I_p V_p}{I_{cc} V_{ca}} \quad \text{Ecuación 3}$$

El FF siempre será un valor más pequeño que la unidad, y la celda solar será tanto mejor cuanto más se aproxime el valor del factor de forma a la unidad. Normalmente, en las celdas comerciales el FF está comprendido entre 0.7 y 0.8, teniendo las de silicio monocristalino, por regla general, mejor valor que las fabricadas con silicio policristalino. El factor de forma resulta ser un parámetro de gran utilidad práctica, ya que al ser comparado con el de otro tipo de celda nos da una idea de la calidad relativa de una celda con respecto a otra.

## 2.4 Eficiencia de conversión o rendimiento

Por último, otro parámetro que define la calidad de una celda fotovoltaica es el rendimiento o eficiencia de conversión, representado por la siguiente fórmula:

$$\eta = \frac{W_p}{W_x} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde  $W_p$ , (potencia pico) es igual al producto de la intensidad pico ( $I_p$ ) por la tensión pico ( $V_p$ ), representada en la figura 13 por el rectángulo rayado, y  $W_x$  es la potencia de radiación incidente sobre la superficie de la celda solar. Y  $W_x$  se puede definir como la irradiancia [ $W/m^2$ ] por el área de los paneles [ $m^2$ ].

Para conocer bien el funcionamiento de una celda fotovoltaica se deben tener presentes dos conceptos fundamentales:

a) La tensión en bornes de una unión p-n varía en función de la temperatura, pero a un determinado valor de esta última, dicha tensión es constante.

## Capítulo 2. La celda fotovoltaica

b) La corriente suministrada por una celda solar a un circuito exterior es proporcional a la intensidad de la radiación y a la superficie de la celda. Si se mantiene una iluminación constante y se varía la temperatura, la curva inicial se va desplazando a la vez que la tensión de circuito abierto va haciéndose más pequeña.

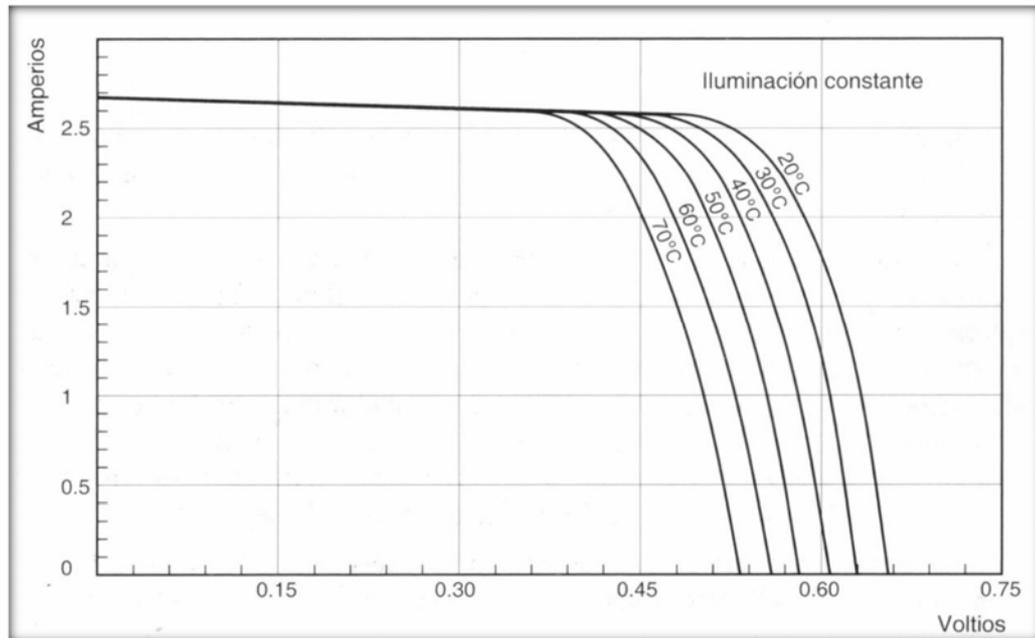


Figura 14. Efecto de la temperatura (variable).

Si se mantiene a la celda a una temperatura constante y se disminuye la radiación incidente, se obtienen unas corrientes de cortocircuito cada vez menores, pero que están relacionadas proporcionalmente con las iluminaciones.

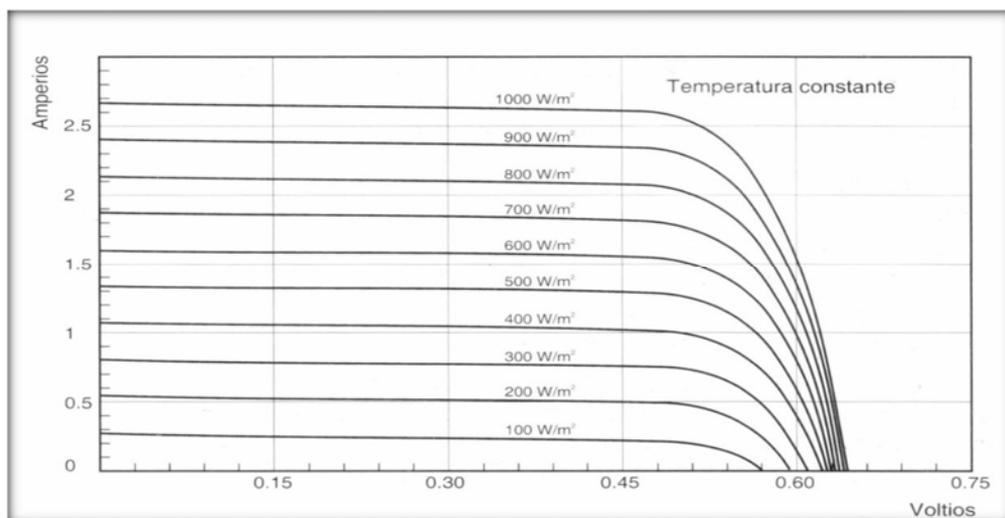


Figura 15. Efecto de la temperatura (constante).

## Capítulo 2. La celda fotovoltaica

Se puede decir, en consecuencia, que a medida que la temperatura a la que se encuentra la celda aumenta, disminuye el rendimiento, produciéndose el efecto contrario, es decir, un aumento del rendimiento, en función de temperaturas más bajas.

Dos parámetros se definen con respecto a la variación con la temperatura. Son los llamados parámetros alfa ( $\alpha$ ) y beta ( $\beta$ ), que lógicamente son diferentes para cada tipo de celda. Sus definiciones y los valores típicos de los mismos para tecnología monocristalina son:  $\alpha$ : variación de la intensidad de cortocircuito con la temperatura valor típico =  $0.63 \text{ [mA/}^\circ\text{C]}$ ,  $\beta$ : variación del voltaje de circuito abierto con la temperatura.

A continuación, se numeran los diferentes atributos de tecnologías fotovoltaicas.

Atributos de tecnologías fotovoltaicas	Silicio policristalino	Película delgada
Mayor eficiencia	✓	
Mayor capacidad de generación para áreas iguales	✓	
Menor requerimiento de área de arreglo	✓	
Mayor producción eléctrica al año por kW instalado		✓
Mayor confiabilidad y estabilidad	✓	
Mayor desempeño en clima cálido y con nublados		✓
Mayor desempeño en clima frío	✓	
Mayor afectación del desempeño por sombreados		✓
Mayor versatilidad de integración arquitectónica		✓
Eficiencia aproximada	18%	13%

Tabla 1. Fuente: IIE

Para aumentar la eficiencia de las celdas fotovoltaicas se han desarrollado celdas formadas por elementos de los grupos III y V de la tabla periódica, como por ejemplo las compuestas por una capa superior de arsénio de galio, una capa intermedia de fosforo de galio e indio y una capa inferior de germanio; con este tipo de celdas se alcanzan eficiencias cercanas al 40% debido a que absorben una porción mayor del espectro de la luz solar.

## Capítulo 2. La celda fotovoltaica

---

### 2.5 Tipos de Celdas fotovoltaicas

#### a) Celda de arseniuro de galio

Son quizá estas celdas fotovoltaicas las más indicadas para la fabricación de módulos, ya que su rendimiento teórico alcanza límites cercanos al 27% a 28% en su versión monocristalina. El problema principal radica en que este material es raro y poco abundante, hecho por el cual no se ha empezado su manipulación hasta hace relativamente poco tiempo.

Una característica interesante del AsGa es su elevado coeficiente de absorción, que hace que con poco material se obtenga una eficiencia elevada. Otra particularidad de suma importancia es que puede trabajar a temperaturas altas con menores pérdidas que el silicio monocristalino, lo que permite que sea utilizado con ventaja en sistemas de concentración.

En definitiva, la celda de arseniuro de galio presenta unas buenas características, pero su uso se ve limitado por el elevado costo de producción de este material, que hace, por el momento, que su precio no resulte competitivo frente a las tecnologías actualmente utilizadas.

#### b) Celda de sulfuro de cadmio y sulfuro de cobre

Se ha experimentado también en la obtención de celdas compuestas por dos capas: una de sulfuro de cadmio (SCd) y otra de sulfuro de cobre (SCu<sub>2</sub>). Los rendimientos máximos obtenidos en laboratorio no superan el 10%, viéndose disminuidos a la mitad una vez que se llegara a la práctica industrial. El grave problema que presenta este tipo de celda es la degradación que se produce con el paso del tiempo.

#### c) Celdas bifaciales

Esta tecnología de fabricación consiste en crear una doble unión, normalmente n-p-p de tal forma que la célula sea activa tanto en la cara frontal como en su cara posterior. Este procedimiento permite captar la radiación frontal y la reflejada en el suelo o albedo, que es transformada en energía eléctrica en la parte posterior de la célula fotovoltaica. Lógicamente, la energía producida por el albedo es menor que la que produce la radiación directa, pudiendo llegar su valor al 30% de la energía total cuidando la calidad de la superficie de reflexión, así como ciertas condiciones mecánicas en la colocación del panel formado por este tipo de celda. Las celdas bifaciales obtienen, por tanto, mejor rendimiento que las monofaciales, pero lógicamente el costo de producción se eleva, ya que se necesitan varios tratamientos extras en el dopaje del silicio para crear las diferentes capas activas.

#### d) Celda de silicio amorfo

La gran ventaja de la utilización del silicio amorfo para la fabricación de celdas fotovoltaicas radica en el espesor del material a utilizar, ya que puede llegar ser 50 veces más fino que el equivalente fabricado en silicio monocristalino. El silicio amorfo tiene unas propiedades totalmente diferentes al silicio cristalino. Por ejemplo, su elevada velocidad de recombinación, producida por la gran cantidad de imperfecciones en la red cristalina, que crean núcleos activos para la recombinación.

## Capítulo 2. La celda fotovoltaica

---

Este defecto se ve compensado en parte por la adición de hidrógeno en proporciones cercanas al 50%, que hace disminuir la velocidad de recombinación de los portadores.

El silicio amorfo presenta también un alto coeficiente de absorción, lo que permite la utilización de espesores de material activo muy pequeños.

Existen estudios para comprobar la viabilidad de fabricar celdas solares de silicio amorfo superponiendo varias capas, cada una sensible a unas determinadas radiaciones, con lo cual se podrían obtener rendimientos próximos a los del silicio monocristalino, al sumarse la efectividad de cada una de ellas. El desarrollo histórico del silicio amorfo desde que, aproximadamente en 1983, saliera al mercado fotovoltaico con un rendimiento entre el 3 % y el 4 %, en su versión de unión simple p-n, ha llegado a conseguir eficiencias del 9 % en este mismo tipo de unión, y valores próximos a los estándares del silicio monocristalino en las versiones multicapa.

En definitiva, el silicio amorfo se presenta como un candidato importante para la fabricación de celdas fotovoltaicas, una vez que sean resueltos los problemas de degradación que sufren las celdas al ser expuestas al sol después de un determinado tiempo de trabajo. Estudios realizados llegaron a la conclusión de que el parámetro causante de dicha disminución de potencia entregada es el FF, debido a una disminución de la longitud de colección de portadores, y se proponían diversas soluciones, entre las cuales se citaba una mayor utilización de las celdas de silicio amorfo multicapa.

El costo de fabricación de las celdas de silicio amorfo es, en principio, mucho más barato que el del resto de las tecnologías, como consecuencia del poco material que se emplea y la facilidad de su fabricación en masa, por lo que son muy usadas en pequeñas aplicaciones (calculadoras, relojes, radios, linternas, etc.) donde su limitada vida no es un problema, dado que la vida activa del propio aparato que las incorpora suele ser más corta, por tratarse de equipos inmersos claramente en mercados de consumo. Algunas compañías fotovoltaicas siguen experimentando con este material en su producción industrial para aplicaciones profesionales, sin que hasta el momento se comercialice masivamente.

### c) Celda de silicio monocristalino

Las celdas fotovoltaicas más usadas en la actualidad son las de silicio monocristalino. Esto puede deberse en gran parte a la importante industria que se ha montado alrededor del silicio, ya que es la base de todos los transistores, circuitos integrados y otros componentes activos electrónicos. Por otro lado, no podemos olvidar que el silicio es el segundo material más abundante en la Tierra, después del hidrogeno. Después de estos datos, uno puede preguntarse la razón por la cual las celdas fotovoltaicas tienen un costo elevado. La respuesta a esta cuestión tiene varias vertientes. Primeramente, el silicio no se encuentra en estado puro y existen ciertos elementos de difícil eliminación.

## Capítulo 2. La celda fotovoltaica

---

Por otra parte, se ha de fundir y hacerse crecer para formar un monocristal, como se verá más tarde, etapa en la cual se invierte mucho tiempo y mucha energía. Otro aspecto importante es que, por el momento, su uso está un poco limitado, no pudiéndose fabricar en cantidades tales que pudieran abaratar sensiblemente el costo del producto.

### f) Celda de silicio policristalino

Son aquellas obtenidas a partir de procesos que no necesitan un control exhaustivo de la temperatura en la solidificación del material de silicio, ni tampoco un crecimiento controlado de su red cristalina. Son denominadas policristalinas, ya que la solidificación no se hace en un solo cristal sino en múltiples.

Del primer rendimiento obtenido al inicio de la década de los ochenta, que se situaba entre el 7% y el 8%, se ha logrado incrementar a valores próximos al 12%, siendo incluso posible, en los procesos de fabricación refinados, llegar a valores del 14 %. No obstante, su precio difiere en estos casos poco o nada respecto a la tecnología monocristalina tradicional habitualmente utilizada. Una gran ventaja en la fabricación de celda de silicio policristalino es la posibilidad de producir las directamente en forma cuadrada, lo que facilita enormemente la fabricación de paneles solares compactos sin posteriores mecanizaciones de la célula.

Hay diferentes tipos de silicio policristalino atendiendo al tamaño de los cristales que lo componen, que generalmente en los más modernos es mucho más pequeño que en las celdas más antiguas, lo que da un aspecto más homogéneo a su superficie.

## Capítulo 2. La celda fotovoltaica

---

### Conclusiones

En este capítulo, se describió el funcionamiento de la celda fotovoltaica, que se puede caracterizar como un diodo de unión p-n y las diferentes curvas que definen su funcionamiento.

Existen diferentes tipos de celdas fotovoltaicas dependiendo de los materiales de fabricación, siendo las, más usadas en la actualidad las fabricadas de silicio monocristalino.

Una definición importante en la caracterización de las celdas fotovoltaicas es la potencia pico, que se define como la máxima potencia que puede suministra una celda, en donde el producto de la intensidad producida ( $I[V_p]$ ) y la tensión ( $V[V_p]$ ) son máximos.

Es importante tomar en cuenta que el rendimiento de las celdas fotovoltaicas se encuentra entre 22% y 24% en laboratorio, y que, montadas en operación normal de trabajo, de cada 100[W] que reciben del Sol, solo de 14 a 20[W] son aprovechados. Estos valores dependen de las características ambientales del lugar en la que son instalados, a mayor temperatura disminuye su rendimiento y por el contrario, si las temperaturas son por debajo de la temperatura media, el rendimiento de estas celdas aumenta, y este es un parámetro muy importante para el diseño de un SFV.

## Capítulo 3. Elementos de los Sistemas Fotovoltaicos

---

### 3.1 Aprovechamiento directo e indirecto de la energía solar

La radiación solar puede convertirse en energía térmica de baja temperatura (menos de 100 [°C]) por medio de captadores solares relativamente sencillos. Si se requiere obtener temperaturas más altas es necesario concentrar la radiación solar con diferentes dispositivos. Las temperaturas más elevadas permiten producir el calentamiento de un fluido a través de un ciclo termodinámico. Este proceso constituye un aprovechamiento directo de la energía solar mediante una conversión foto térmica.

También puede aprovecharse la energía solar por medio de una aplicación del efecto fotovoltaico, que consiste en que cuando la energía solar incide sobre ciertos materiales, se emiten electrones y mediante dispositivos adecuados pueden obtenerse corrientes y voltajes continuos, lo que se denomina conversión fotovoltaica de la energía.

La energía del viento o energía eólica constituye una manifestación indirecta de la energía solar. El viento se debe a la circulación del aire atmosférico producido por las diferencias de calentamiento de la superficie del globo terrestre, lo que crea gradientes de temperatura entre distintas regiones (mares, continentes), localizados a diferentes latitudes.

Igualmente, la energía que puede obtenerse de una caída hidráulica es una forma indirecta de aprovechamiento de la energía solar, que es la que produce el ciclo hidráulico de evaporación, desplazamiento de las nubes, precipitaciones como lluvia, nieve, granizo y escurrimiento del agua por la superficie de la Tierra hasta regresar a mares y lagos o recargar los acuíferos subterráneos. La utilización de la biomasa como energético es otra forma de aprovechamiento indirecto de la energía solar.

### 3.2 Celdas fotovoltaicas

Las celdas fotovoltaicas que se encuentran distribuidas formando paneles solares tuvieron en los primeros satélites espaciales una de sus aplicaciones; en la actualidad son muy convenientes en los sistemas de electrificación rural. La electricidad obtenida con las celdas fotovoltaicas puede usarse en forma directa con los motores eléctricos o alumbrado nocturno y en aplicaciones de conexión a la red.

## Capítulo 3. Elementos de los Sistemas Fotovoltaicos

La siguiente figura muestra el aprovechamiento del sol.

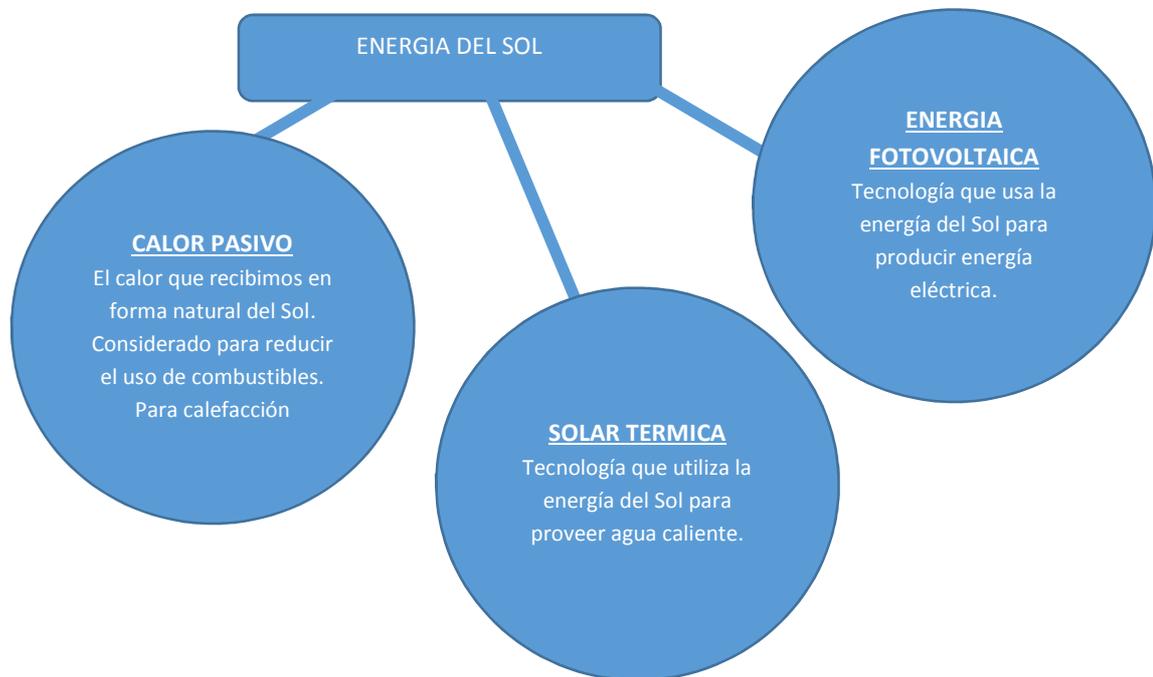


Figura 16. Aprovechamiento de la energía del Sol.  
Fuente: elaboración propia.

### 3.3 Energía fotovoltaica

La palabra fotovoltaica es la combinación de dos palabras “foto” de origen griego que significa luz y “voltaica” que viene de volt que representa la unidad para medir la diferencia de potencial eléctrico. Los sistemas fotovoltaicos usan las celdas para convertir la radiación solar en energía eléctrica. Una celda fotovoltaica está constituida de dos capas de material semiconductor, cuando la luz incide en la celda esta genera una diferencia de potencial a través de las capas creando un flujo eléctrico. El material semiconductor más comúnmente usado en las celdas fotovoltaicas es el silicio que representa uno de los materiales más abundantes en la Tierra.

### 3.4 El recurso solar en la República Mexicana.

#### a) La Radiación Solar producida

- La energía solar es producida en el interior del Sol por un proceso de fusión nuclear de núcleos de hidrógeno que se convierten en núcleos de helio, con lo cual libera una enorme cantidad de energía.

### Capítulo 3. Elementos de los Sistemas Fotovoltaicos

- Del espectro de la radiación 9% es ultravioleta, de longitud de onda muy corta, 40% corresponde a la región visible y 50% es infrarroja. Solamente una fracción de esa radiación llega a la superficie de la Tierra; parte de la radiación ultravioleta es absorbida por el ozono en la parte alta de la atmósfera; alrededor de 19% de la radiación total es absorbida por las nubes y 31% es reflejada al espacio exterior por las nubes y la atmósfera, constituyendo lo que se llama el albedo. El resto de la radiación llega a la superficie de la Tierra y casi toda es absorbida, excepto un 3% que es reflejada.

#### b) Radiación solar y sus componentes

Debido a que la radiación solar atraviesa la atmósfera, esta radiación sufre pérdidas que son de absorción parcial por los gases atmosféricos y el vapor de agua. Por tanto la radiación recibida por la Tierra es inferior al flujo inicial y depende del ángulo de incidencia y del espesor de la atmósfera.

La radiación solar es aprovechable en sus tres componentes:

- radiación directa: llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias.
- radiación difusa: ha sido modificada por diversas circunstancias, por ejemplo por la densidad atmosférica, nubes o partículas u objetos con los que choca.
- radiación global: la suma de ambas.

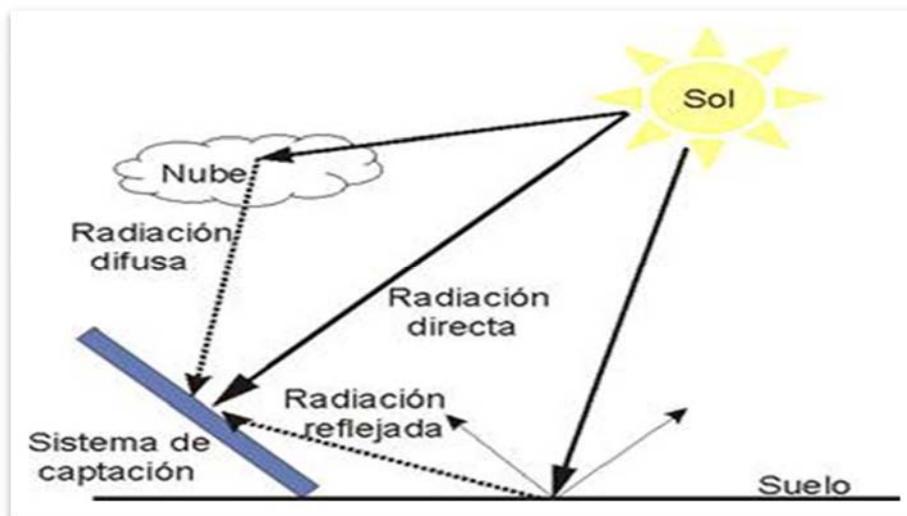


Figura 17. La radiación solar y sus componentes

## Capítulo 3. Elementos de los Sistemas Fotovoltaicos

### 3.5 Situación en la Ciudad de México.

En la figura 18 se observa el comportamiento mensual de la irradiación [ $\text{kWh}/\text{m}^2$ ] así como la irradiación global anual en el plano horizontal, con un valor de 1889 [ $\text{kWh}/\text{m}^2$ ] que en promedio corresponde a 5.17 [ $\text{kWh}/\text{m}^2\text{-día}$ ].

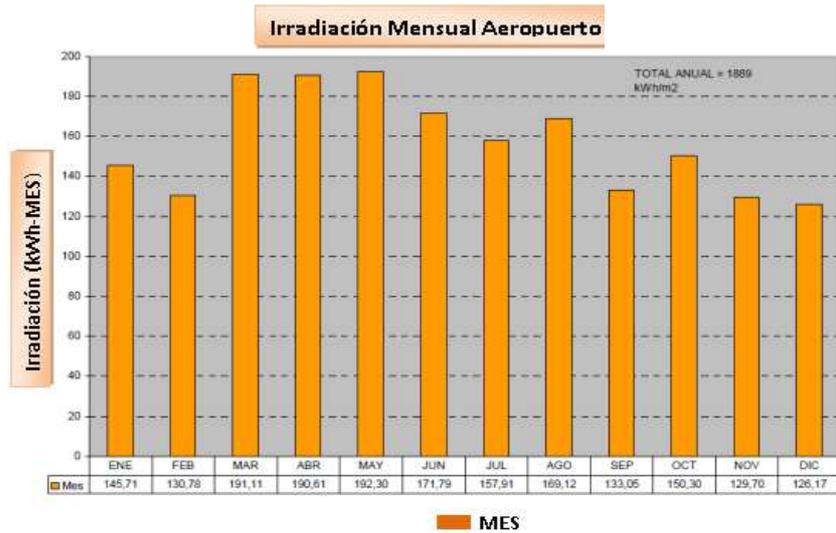


Figura 18: Patrón mensual de la irradiación e irradiación global anual [ $\text{kWh}/\text{m}^2$ ]. Plano Horizontal (fuente: SMN)

#### a) Patrón nacional diario de generación eléctrica.

En la figura 19, se presenta el patrón diario estacional verano-invierno de irradiancia, que corresponde al comportamiento promedio de la irradiancia a lo largo del día.

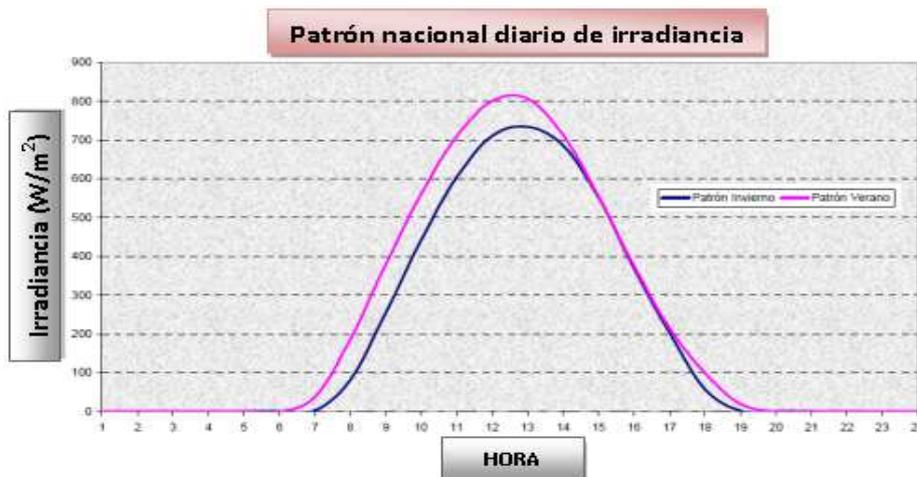


Figura 19. Patrón estacional (verano-invierno) diario de la irradiancia [ $\text{kW}/\text{m}^2$ ] Plano Horizontal (fuente: SMN)

#### b) Patrón estacional (verano-invierno) diario de generación eléctrica [W/kWp]. Plano del arreglo

En la figura 20 se muestra el comportamiento de la generación fotovoltaica [W/kWp] para un día típico de verano y de invierno, para superficies fotovoltaicas expuestas con un ángulo de inclinación equivalente a la latitud de la Ciudad de México.



Figura 20. Patrón de generación de un SFVI en un día típico de verano e invierno.  
Fuente:UAM Iztapalapa

### 3.6 Uso pasivo y activo del sol para generación eléctrica.

#### a) Los Sistemas Pasivos

Los diseños pasivos se basan en la orientación del Sol durante las distintas estaciones del año. Un diseño solar pasivo proporciona usos de calefacción. Estas instalaciones toman en cuenta la orientación del Sol. Como se muestra en la siguiente figura:

### Capítulo 3. Elementos de los Sistemas Fotovoltaicos

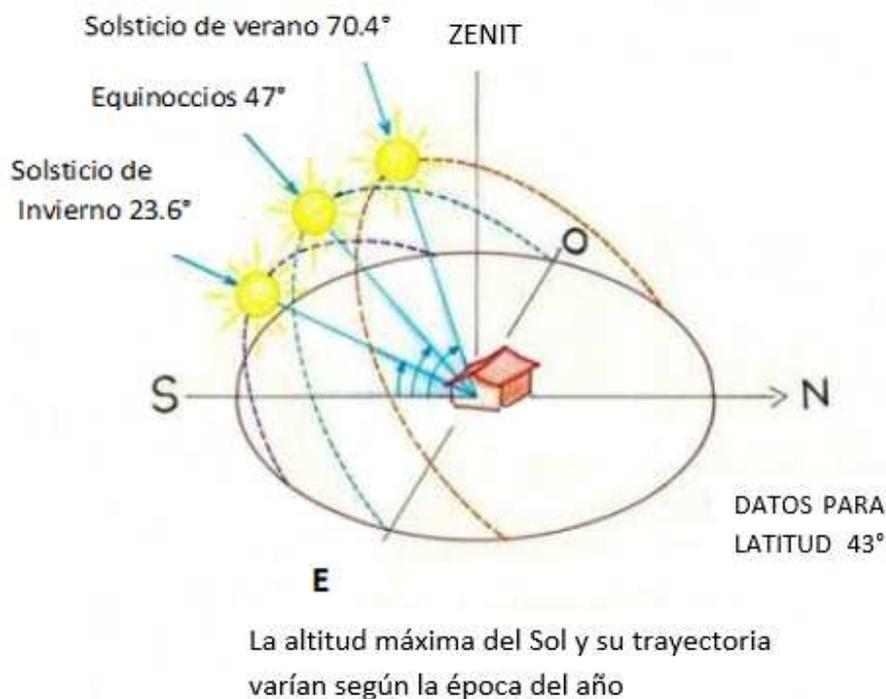


Figura 21. Movimiento del Sol durante las distintas estaciones del año.

Las aplicaciones solares pasivas ayudan a la sociedad a reducir la dependencia del gas y del petróleo, cuya producción declina constantemente. En aplicaciones de calefacción y aire acondicionado, puede ayudar a reducir el consumo de energía eléctrica. Una orientación apropiada es siempre de Este a Oeste.

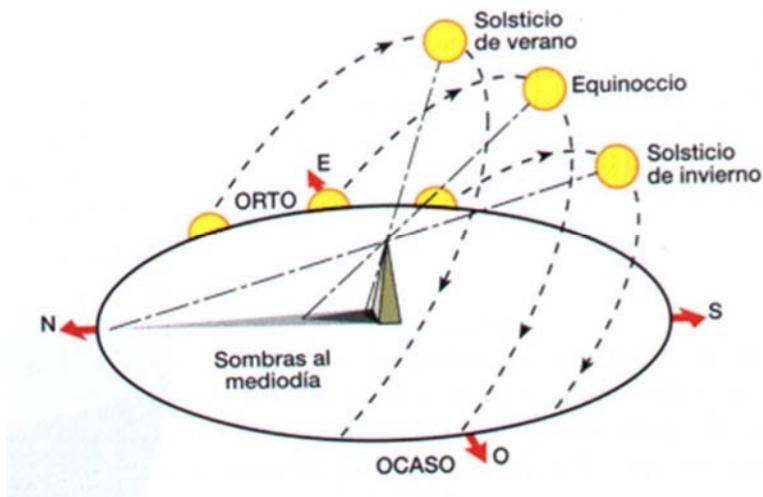


Figura 22. Orientación del Sol Este a Oeste.

A continuación, se muestra la curva de potencia de salida de un sistema pasivo.

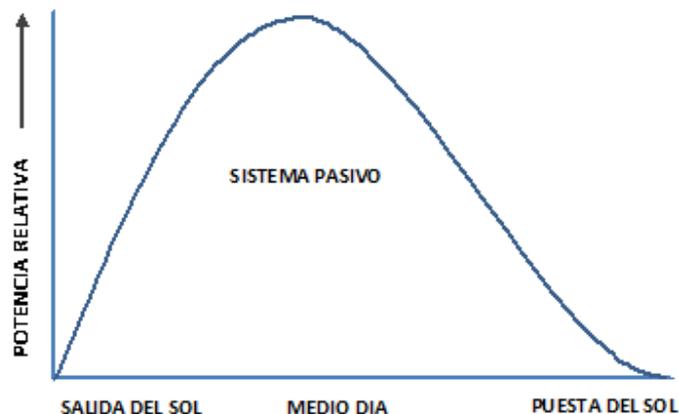


Figura 23. Curva de potencia de un sistema pasivo.  
Fuente: Harper, Instalaciones y sistemas fotovoltaicos,2010

#### b) Los Sistemas Activos.

Los sistemas activos solares se apoyan de sensores, dentro de estos sistemas se encuentran los sistemas de seguimiento solar que emplean elementos seguidores del movimiento del Sol que favorezcan la captación de la energía solar.

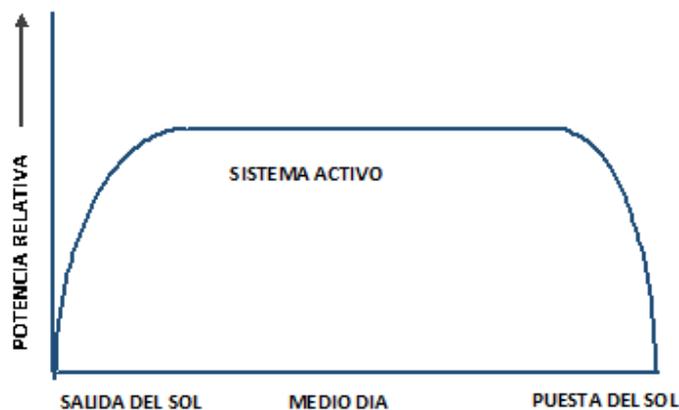


Figura 24. Curva de potencia de un sistema activo.  
Fuente: Harper, Instalaciones y sistemas fotovoltaicos,2010

### Tipos de Sistemas Activos

- 1) Los colocados con soporte estático: soporte sencillo sin movimiento.
- 2) De seguimiento solar con un eje: la rotación del soporte se hace por medio de un solo eje, ya sea horizontal, vertical u oblicuo. El tipo de seguimiento es sencillo y relativamente económico, pero limitado, ya que solo puede seguir la inclinación o el azimut del Sol pero no ambos.
- 3) De seguimiento solar con dos ejes: es posible hacer un seguimiento total del sol en altitud y azimut con lo que se consigue que la radiación solar siempre incida en forma perpendicular, obteniendo de esta forma la mayor captación posible. Estos sistemas se subdividen en:
  - 3.1) Sistemas mecánicos. -El seguimiento es realizado por medio de un motor y un sistema de engranes que se ajustan de acuerdo con las variaciones de inclinación del sol durante el año.
  - 3.2) Con dispositivos de ajuste automático. - El ajuste se realiza por medio de sensores que detectan la radiación en forma perpendicular al panel fotovoltaico, y se ajusta la posición por medio de los motores.
  - 3.3) Dispositivos sin motor. - El seguimiento del Sol se realiza por medio de la dilatación de ciertos gases; la evaporación y equilibrio.

### 3.7 Evolución del precio de las pilas fotovoltaicas de silicio cristalino (en \$/Wp) entre 1977 y 2014.

Y por los datos que se observan podemos ver que con el transcurso del tiempo en costo por Wp de los módulos decrece.

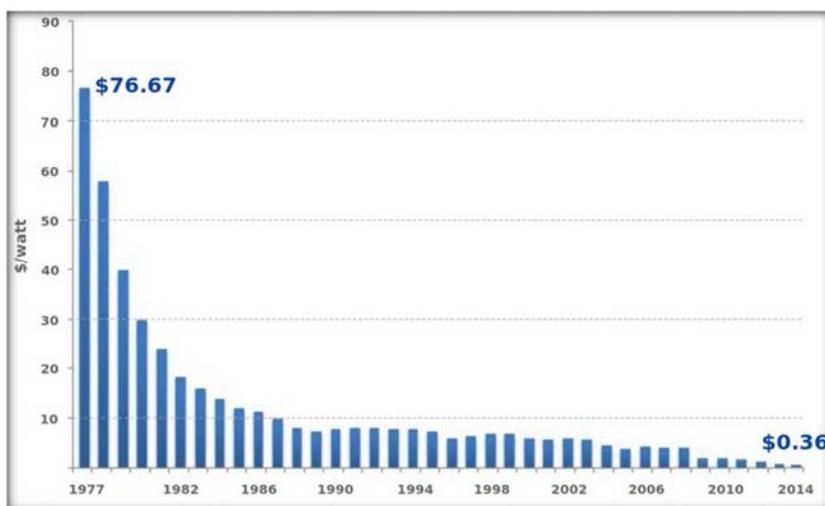
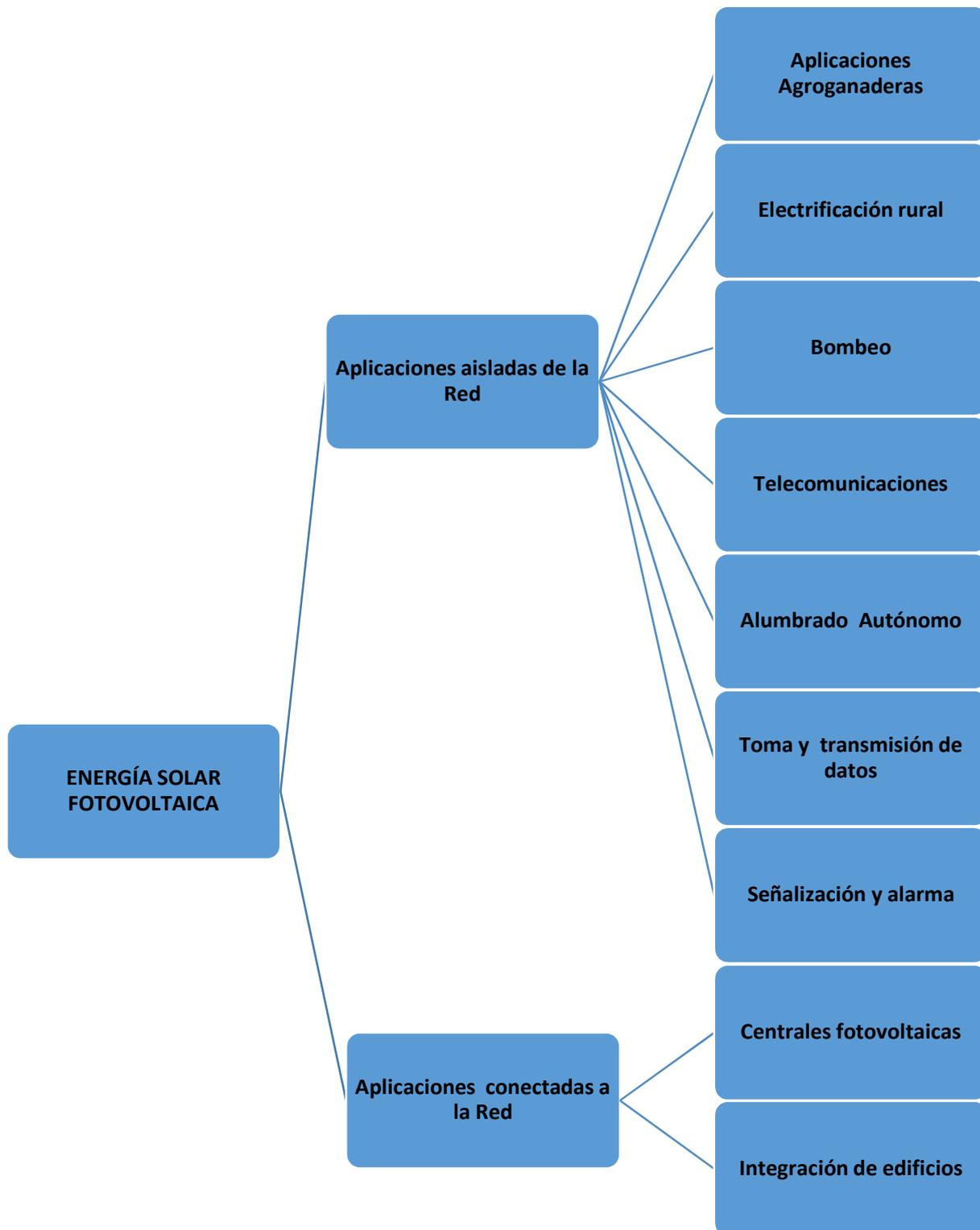


Figura 25. Evolución de los costos de las celdas.  
Fuente: Bloomberg, New Energy Finance & pv. energytrend

3.8 Algunas de las aplicaciones de la energía solar fotovoltaica.



### Conclusiones

Los sistemas fotovoltaicos muestran ser una opción de aprovechamiento eficiente de la energía solar, en nuestro País y el resto del mundo. Si la sociedad diera la importancia necesaria a cada una de las tecnologías de generación alterna de energía eléctrica y principalmente a la generación fotovoltaica se tendrían eficientes sistemas de generación de energía eléctrica contando con el aprovechamiento de la radiación solar.

La tecnología fotovoltaica en el país se ha aplicado a sistemas de electrificación rural, aunque rudimentarios muy eficientes, sustentables y de gran utilidad para las familias que forman una población aislada, ya que, al ser comunidades alejadas de alguna conexión con la red eléctrica, resulta ser viable para su vida diaria.

También cabe mencionar que debemos de considerar ampliamente la abundancia del silicio en nuestro planeta, ya que gracias a este se ha dado un auge a la tecnología basada en la captación solar, siendo económico y abundante se convierte en un elemento de gran importancia en la producción de las celdas fotovoltaicas.

México es un país que se puede considerar como uno de los más bastos en cuanto al comportamiento de irradiación diaria, ya que en promedio obtenemos del Sol 5 [Kw/m<sup>2</sup>-día]. Además, podemos notar que conforme pasa el tiempo, el costo de las celdas fotovoltaicas va disminuyendo, y aunque en la actualidad aun esta forma de generación eléctrica que es considerada costosa, cada día se va reduciendo el costo de generación de energía eléctrica mediante celdas fotovoltaicas, esto es: que el costo por kilowatt instalado mediante tecnología fotovoltaica decrece y se va haciendo competitivo.

## Capítulo 4. Tipos de Sistemas Fotovoltaicas.

---

### 4.1 INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A RED. CÁLCULOS Y DIMENSIONADO

Este tipo de instalaciones constan fundamentalmente de un campo fotovoltaico de paneles que producen la energía y un inversor que realiza la inyección de esa energía en la red eléctrica.

Estos sistemas se basan en captar la radiación solar emitida hacia la Tierra todos los días del año y transformarla en energía eléctrica mediante la instalación de un campo fotovoltaico, compuesta por paneles solares.

Posteriormente esta energía se envía a la red de distribución eléctrica mediante un inversor de corriente específico para este tipo de instalaciones. Al contrario de los sistemas aislados, la energía captada no se almacena en batería. Estas instalaciones las podemos dividir en dos tipos:

- Sobre una edificación

El sistema se compone esencialmente de un campo de paneles fotovoltaicos y un inversor de acuerdo con las características especiales de cada sistema.

- En el suelo

Se trata de centrales solares fotovoltaicas, generalmente son extensiones con paneles fotovoltaicos que pueden estar fijos al terreno o bien con seguimiento solar a fin de optimizar la captación de la radiación solar. Normalmente estas instalaciones se ubican en la proximidad de la red eléctrica.

También llamada red interactiva, red interconectada o utilidad interconectada y otros términos descriptivos, la construcción de los sistemas solares interconectados sobre las edificaciones se conectan directamente a la alimentación de los servicios eléctricos. Esto es posible en áreas que permiten una medición neta mediante la cual un sistema solar requiere de un medidor de energía eléctrica bidireccional cuando se está produciendo más energía de la que se está utilizando. Este tipo de sistemas no proporciona energía de respaldo cuando el suministro de energía falla. En los últimos años los sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica constituyen una de las aplicaciones más importantes de la Energía Solar Fotovoltaica, por su elevado potencial de utilización en zonas urbanizadas próximas a la red eléctrica. Estos sistemas están compuestos por un generador fotovoltaico que se encuentra conectado a la red eléctrica convencional a través de un inversor, característico de este tipo de instalaciones. Así, el sistema inyecta energía en la red cuando su producción supera al consumo local, y extrae energía de ella en caso contrario.

La diferencia fundamental entre un sistema fotovoltaico autónomo y los conectados a red, consiste en la ausencia, en este último caso, del subsistema de acumulación, formado por la batería y la regulación de carga. Además, el inversor, en los sistemas conectados a red, deberá estar en fase con la tensión de la red. Un sistema fotovoltaico entrega energía eléctrica de forma intermitente, de acuerdo con el perfil diario que exhibe la energía solar incidente en el arreglo de módulos. Sin embargo, al interconectarse con la red, se logra que ésta actúe como una gran batería de respaldo, y que el servicio eléctrico sea constante.

## Capítulo 4. Tipos de Sistemas Fotovoltaicas.

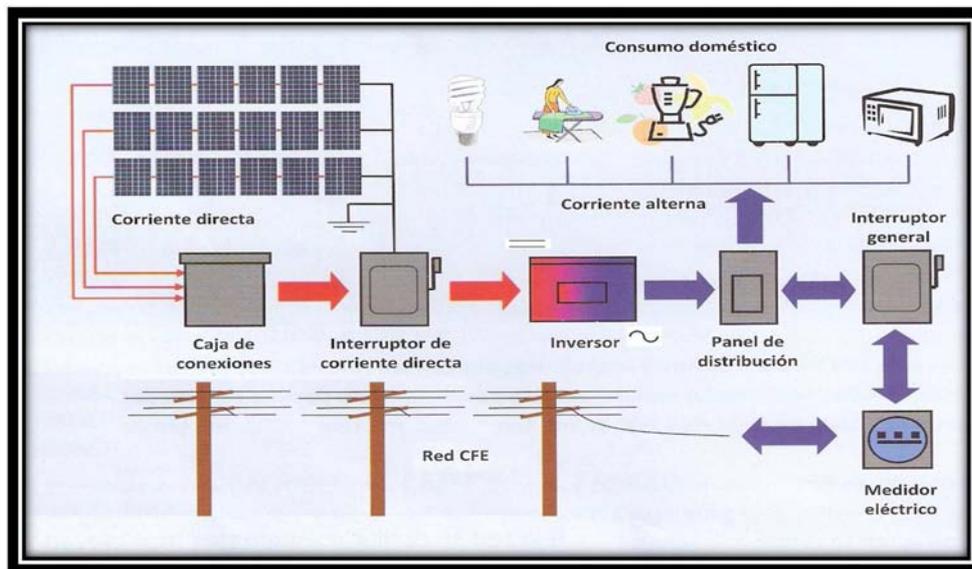


Figura 26. Sistema fotovoltaico interconectado a la red.  
Fuente: IIE

### a) Características de un Sistema de Conexión a Red

- 1) No puede contar con ningún mecanismo de acumulación de energía, por tanto:
  - El mantenimiento de la instalación resulta más sencillo.
  - Los costes de conservación son más baratos.
- 2) El usuario no percibe cambio alguno en el servicio eléctrico.
  - Si la instalación se realiza en un lugar en donde ya existía un consumo el usuario no percibe el cambio en el servicio eléctrico, manteniendo la misma seguridad de suministro, además de que cada [kW] que produzca el generador contribuirá a disminuir la generación de energía eléctrica por otros medios contaminantes.
- 3) La energía generada se envía a la red eléctrica.
- 4) Permiten la recuperación de la inversión.
  - Las grandes instalaciones de conexión a red permiten la recuperación de la inversión y la generación de beneficios continuos para los inversionistas durante la vida de la instalación fotovoltaica.
  - Este tipo de instalaciones han de ser proyectadas conforme a la normativa ambiental, debido a su impacto en el entorno.
- 5) Se deberá tener en cuenta la capacidad de las líneas de distribución.

## Capítulo 4. Tipos de Sistemas Fotovoltaicas.

---

### 4.2 SISTEMAS INTERCONECTADOS A LA RED CON RESPALDO DE BANCO DE BATERIAS

Un sistema interconectado con baterías de respaldo se alimenta del excedente de energía solar y proporciona energía de reserva cuando la red eléctrica es insuficiente. Con este tipo de sistemas baja la eficiencia en la generación de energía a cambio de tener energía de reserva cuando hay un fallo de suministro eléctrico.

La cantidad de baterías que se pueden tener dependen del tamaño y de las cargas eléctricas que se le conecten a las mismas.

#### Caracterización del potencial de generación de energía eléctrica del sistema fotovoltaico conectado a la red.

Los sistemas fotovoltaicos generan potencia en proporción a la irradiación que incide sobre la superficie del arreglo fotovoltaico. Como la irradiación varía a lo largo del día y de día a día, la salida de un sistema solar estará variando sensiblemente.

Existen otros factores que afectan también la máxima potencia de salida de dichos SFV:

Los módulos solares producen energía en forma de corriente directa. Para poder hacer comparaciones consistentes de los productos, los fabricantes establecen la potencia nominal para condiciones estándar: temperatura de la celda  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; irradiancia  $1000\text{ }[\text{W}/\text{m}^2]$  y espectro luminoso correspondiente a una masa de aire de  $M=1.5$ . El valor máximo de salida que corresponde a estas condiciones se conoce como valor pico  $[\text{Wp}]$ . Bajo condiciones de operación el valor real difiere del valor nominal.

El valor nominal de la potencia se reduce conforme la temperatura de las celdas aumenta.

Hay pérdidas adicionales en la conversión de CD a CA.

La potencia máxima de salida del arreglo FV siempre es menor a la suma de la potencia máxima individual de los módulos. La diferencia es el resultado de las inconsistencias de las características eléctricas de los módulos que conforman el arreglo.

El polvo que puede acumularse en la superficie de los módulos bloquea parcialmente la radiación y disminuye la salida de potencia.

Deberán considerarse las pérdidas por conducción en el cableado. Al diseñar un sistema y dimensionar adecuadamente el cableado habrá sin embargo que considerar una reducción del 2%.

## Capítulo 4. Tipos de Sistemas Fotovoltaicas.

### 4.3 SISTEMAS SIN CONEXIÓN O INDEPENDIENTES DE LA RED.

Este tipo de sistemas de energía es independiente del suministro de la red. Estos sistemas usan módulos solares, generadores eólicos, un micro generador hidroeléctrico, o una combinación de cualquiera de todos estos para producir energía eléctrica.

Los propietarios de este tipo de sistemas frecuentemente usan gas o diésel para obtener una reserva cuando la energía del sistema no cubre todas sus necesidades.

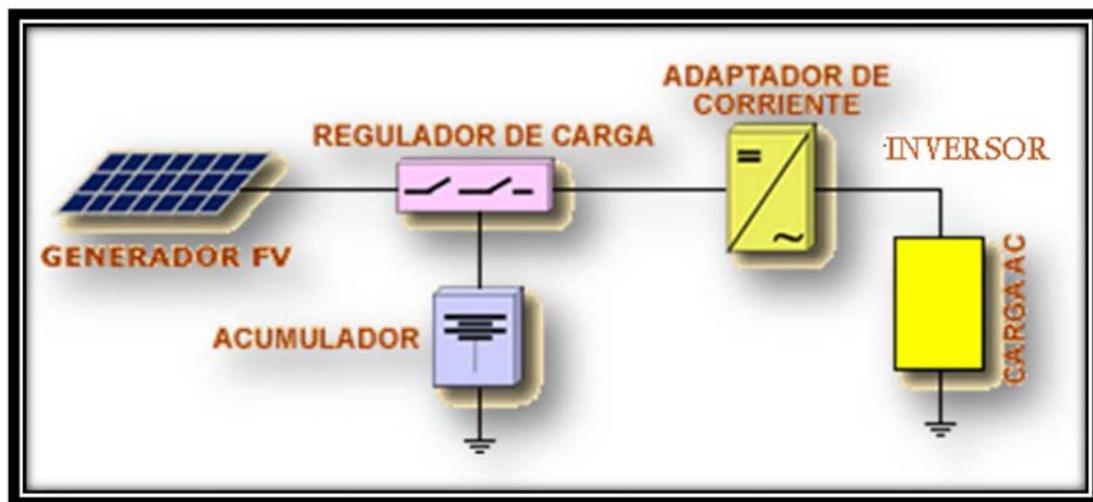


Figura 27. Sistema Fotovoltaico Autónomo.  
Fuente: [www.ujen.com](http://www.ujen.com), diciembre, 2013

### Sistemas Generadores Fotovoltaicos

Los módulos deberán satisfacer las especificaciones UNE-EN61215: Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para uso terrestre., calificados por algún laboratorio reconocido, por ejemplo:

- Centro Nacional de Energías Renovables.
- Laboratorio de Energía Solar Fotovoltaica del Departamento de Energías Renovables del CIEMAT.

Los Módulos fotovoltaicos y los Colectores Solares deberán llevar de forma visible:

- Modelo y nombre o logotipo del fabricante.
- Identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.

## Capítulo 4. Tipos de Sistemas Fotovoltaicos.

---

### 4.4 Módulos Fotovoltaicos

Las celdas solares se interconectan formando módulos o paneles para obtener la potencia deseada. Estos módulos se montan sobre estructuras que pueden ser fijas, orientadas hacia el Sol de acuerdo con la latitud del lugar, o móviles para seguir la trayectoria del Sol, que es un requisito indispensable en el caso de celdas con concentración, ya que requieren recibir la radiación solar directa perpendicularmente a la celda.

Los módulos fotovoltaicos para sistemas interconectados con la red están disponibles en capacidades de 100 a 300 Wp (watts-pico) nominales. Esta potencia corresponde a condiciones estándar de prueba: radiación solar de 1,000 [ $\text{W}/\text{m}^2$ ], temperatura de módulo de 25° y sin viento.

Los voltajes nominales en los módulos y arreglos en sistemas autónomos pueden ser de 12, 24 o 48 V, convenientes para acoplarse a bancos de baterías. Sin embargo, para los sistemas interconectados a la red se configuran voltajes más elevados, típicamente de 90 a 600V.

#### a) Características técnicas de los sistemas fotovoltaicos:

- Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales.
- Los marcos laterales serán de aluminio o de acero inoxidable.
- Para que un módulo resulte aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen de + 10% de los valores nominales del catálogo.
- Se valorará la eficiencia de las celdas.
- La estructura del generador y los marcos metálicos de los módulos cuando las tensiones de corriente continua superen los 48V se conectarán a tierra.
- Por motivos de seguridad para facilitar el mantenimiento y reparación del generador se instalarán los elementos necesarios.

### 4.5 Inversores

Serán adecuados para la red eléctrica, con una potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer la máxima potencia del generador fotovoltaico con la radiación existente.

Los inversores que se utilizan en instalaciones conectadas a red son específicos, puesto que deberán asegurar el seguimiento de los valores de tensión y frecuencia de la red de distribución a la que están conectados. Además de que deberán cumplir con los requisitos de:

- Forma de conexión
- Rangos de tensión y frecuencia admitidos.
- Factor de potencia
- Dispositivos y elementos de seguridad con que debe de contar la instalación en general.

## Capítulo 4. Tipos de Sistemas Fotovoltaicas.

---

### a) Características técnicas de los inversores:

- El principio de funcionamiento será una fuente de corriente
- Serán auto-conmutados
- Tendrán un seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.
- No funcionarán en modo aislado
- Cumplirán con las directivas de Seguridad Eléctrica incorporando protecciones frente a:  
Tensión fuera de rango  
Frecuencias de red fuera de rango  
Sobretensiones  
Perturbaciones presentes en la red.
- Cada inversor dispondrá de las señalizaciones necesarias para su correcta operación.
- Cada inversor incorporará al menos los controladores manuales siguientes:  
Encendido y apagado general.  
Conexión y desconexión del inversor a la interfaz.

### 4.6 Dimensionamiento de la Instalación

A diferencia de una instalación aislada, en donde se satisfacen necesidades energéticas, las instalaciones conectadas a la red tienen como objetivo la producción energética para enviarse a la red de distribución. Estas instalaciones buscan una buena producción energética para obtener un resultado económico que haga atractivo el tiempo de retorno de la inversión inicial. Básicamente se busca conocer la producción energética de un campo solar, que estará definido por las características técnicas del módulo solar y del inversor empleado.

Con carácter general, el dimensionamiento, y en consecuencia la potencia de las instalaciones solares fotovoltaicas, pueden estar condicionadas por los siguientes factores:

- Condiciones económicas
- Condiciones de espacio físico en donde se va a implantar la instalación.
- Condiciones de la capacidad en el punto de conexión a la red.
- Condiciones de la capacidad de evaluación de energía de la línea eléctrica.

En este caso la potencia mínima a instalar está condicionada por el tipo de edificación y su superficie construida, así por la zona climática en donde se ubique esta.

## Capítulo 4. Tipos de Sistemas Fotovoltaicas.

---

### a) El método de dimensionamiento.

- Determinar la cantidad de energía incidente disponible en la ubicación de la instalación.
- Determinar las pérdidas por efecto de la orientación e inclinación del campo de captación, así como de las sombras, si las hubiese.
- Definir los principales elementos que constituyen la instalación
- Determinar el valor que define el rendimiento de la instalación y que contemple la eficiencia de los elementos integrantes y su respuesta ante factores como la temperatura, el comportamiento de la red, factores ambientales.
- Estimar la producción energética mensual y anual de la instalación.

### 4.7 Cualidades y ventajas de la generación de energía eléctrica con tecnología fotovoltaica.

La generación de energía eléctrica basada en la tecnología solar fotovoltaica es una alternativa real dentro de las energías renovables, que puede contribuir al abastecimiento de electricidad y que ofrece atractivas ventajas entre las que destacan:

- **Confiabilidad.** El grado de desarrollo de la tecnología de los módulos fotovoltaicos, así como de inversores garantizan funcionalidad y una buena eficiencia.
- **Durabilidad.** La vida útil del sistema se estima en más de 20 años en virtud de los notables avances tecnológicos de los diversos componentes.
- **Limpia y silenciosa.** No emite gases contaminantes a la atmósfera y no genera ruido. No contaminan.
- **Modular.** Debido a su carácter modular es posible ir aumentando la potencia en la medida en que se incremente la demanda. Los módulos pueden transportarse fácilmente e instalarse rápidamente. Se pueden hacer arreglos en serie o en paralelo para la obtención de los valores deseados.
- **Fácil mantenimiento.** Genera energía eléctrica sin emplear en su sistema partes móviles y sin que circule fluido alguno, por lo que los gastos de operación y mantenimiento no son considerables.
- **Versatilidad.** La producida puede usarse directamente, almacenarse localmente o alimentar la red de energía eléctrica existente. Puede ser integrada fácilmente al ambiente urbano, en el mismo sitio de consumo.
- **Nivel de generación** de energía desde micro hasta mega watts.
- **Condiciones de trabajo.** Pueden trabajar a la temperatura y presión ambiente.

## Capítulo 4. Tipos de Sistemas Fotovoltaicas.

---

- **Dispositivos de estado sólido sencillos** usados para convertir la energía.
- **Sistema fijo.** No tienen partes móviles.
- **Son fáciles de operar.**

En contraste con otras opciones de energía renovable, no contaminantes, como la eólica y la hidráulica, la fotovoltaica suministra la energía eléctrica en el mismo sitio en el que se genera, reduciendo pérdidas por transmisión o distribución.

### 4.8 Cálculo de la irradiación solar.

Es la cantidad total de energía solar acumulada sobre un área durante un cierto tiempo, este periodo de tiempo puede ser una hora, un día, un mes, un año. Se expresa comúnmente en unidades watts-hora por metro cuadrado [Wh/m<sup>2</sup>]. La radiación solar cuantitativa y la producción en un transcurso de tiempo nos ayudarán a estimar el comportamiento de un sistema fotovoltaico. Una gran irradiación solar significa que la energía solar es acumulada rápidamente. Desde la superficie de la tierra presenta cambios, durante la noche comienza con cero, durante la noche y conforme va amaneciendo se incrementa poco a poco durante el día en la medida en la que sale el Sol. El pico de irradiación estaría al medio día y decrecerá con la puesta del Sol.

La irradiación solar se puede calcular aplicando la siguiente fórmula:

$$H = E \times t \quad \text{Ecuación 5}$$

H = Irradiación solar

E = Irradiancia solar [W/m<sup>2</sup>]

T = tiempo [h]

Ejemplo:

Si la irradiancia solar promedio fuese de 650 [W/m<sup>2</sup>] durante un periodo de 8 horas, la irradiación en ese periodo sería:

$$H = E \times t = 650 \times 8 = 5200 \text{ [Wh/m}^2\text{]}$$

## Capítulo 4. Tipos de Sistemas Fotovoltaicas.

Debido a la variación de la posición del Sol en el cielo, lo ideal son paneles que sigan la posición del Sol en el cielo; por esta razón existen dispositivos seguidores, que consumen una parte de la energía y son un tanto más costoso, pero son justificables en sistemas grandes con muchas celdas concentradas de alto rendimiento. En el hemisferio Norte, el Sol sigue cada día una trayectoria aparente Este-Sur-Oeste, donde la orientación ideal es hacia el Sur. En el hemisferio Sur es, al contrario, es decir la orientación es hacia el Norte. En la práctica la regla es la siguiente:

En sistemas con dispositivos seguidores, en los módulos estáticos se empleará la latitud del lugar en el que sean instalados.

Inclinación óptima de un sistema fotovoltaico = Latitud del lugar + 10°

### 4.9 Distancia entre paneles

Con la definición anterior de irradiancia se puede definir la fórmula que se debe tomar en cuenta cuando se quiera calcular la distancia entre los paneles (la cual emplearemos para la obtención del área en la azotea de nuestro sistema).

$$d = \frac{h}{\tan \alpha} \quad \text{Ecuación 6}$$

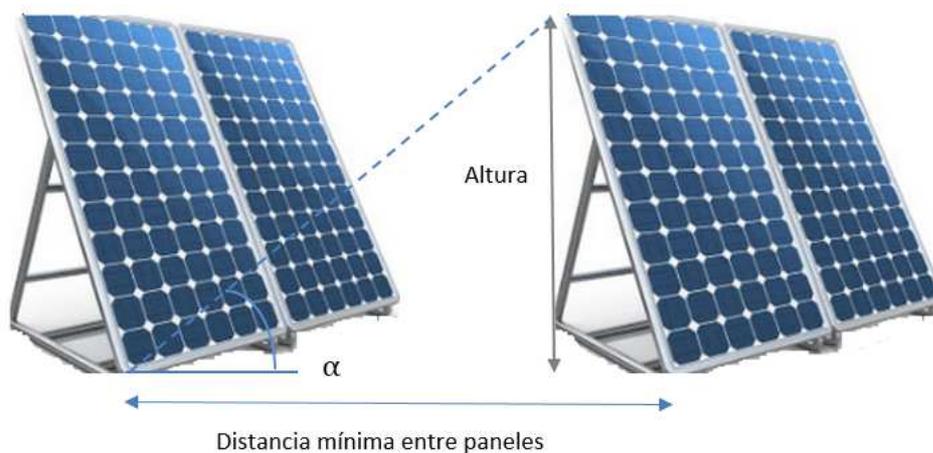


Figura 28. Distancia entre paneles.  
Fuente:IIE.

### Conclusiones

Este capítulo nos muestra esencialmente que hay diversas formas de diseñar un campo fotovoltaico y de manera general podríamos mencionar que los tipos de sistemas fotovoltaicos son esencialmente dos: los que están interconectados con la red eléctrica y los sistemas sin conexión a la red o independiente.

En caso de querer tener un sistema de energía eléctrica que tenga la característica de continuidad se puede emplear cualquiera de los dos antes mencionados, solo que en el primero de ellos se hace uso de la red tomándola como un gran banco de baterías, para tal caso se contara con un medidor bidireccional que proporciona el dato de cuanta energía eléctrica se está produciendo, ya sea que esta sea la necesaria para generar en el sitio o si se requiere un extra que se tomara de la red eléctrica, dado que el campo generador no proporcione la energía eléctrica suficiente para el abastecimiento del sistema.

En el segundo caso, en el que es sistema es independiente por prescindir de la conexión a la red eléctrica nacional, se evaluara lo que se necesite generar en términos del consumo de energía por todas las cargas instaladas.

De esta manera que se pueda calcular el tamaño del campo generador fotovoltaico. Ambos sistemas son recomendables, ya que en ambos se emplearían celdas fotovoltaicas, promoviendo así el uso de un recurso natural como lo es el Sol.

## Capítulo 5. Diseño del Sistema Fotovoltaico

Para el diseño del Sistema Fotovoltaico, se basará para su implementación en un sistema de vigilancia llamado Metasys. Mediante la monitorización del programa Metasys se obtendrán datos de potencia instantánea, en lapsos de diez minutos durante todo el día (datos relativos a anexo 1). El edificio se encuentra ubicado en Av. de las Palmas No. 100, Col. Lomas de Chapultepec, el cual es utilizado como oficinas corporativas.

Para dicho inmueble se hará el cálculo de la demanda diaria necesaria para abastecerlo con la tecnología fotovoltaica.

Los pasos a seguir para el diseño serán los siguientes:

### 5.1 Obtención de la demanda diaria de energía en el edificio.

El programa Metasys nos arroja datos de carga instantánea medidos en barras de baja tensión, en lapsos de 10 minutos (1/6 de hora), estas mediciones son constantes durante todo el día, dichas mediciones se muestran en el Anexo I (págs. 80-108) y gráficamente en la figura 29, o bien en página 80.

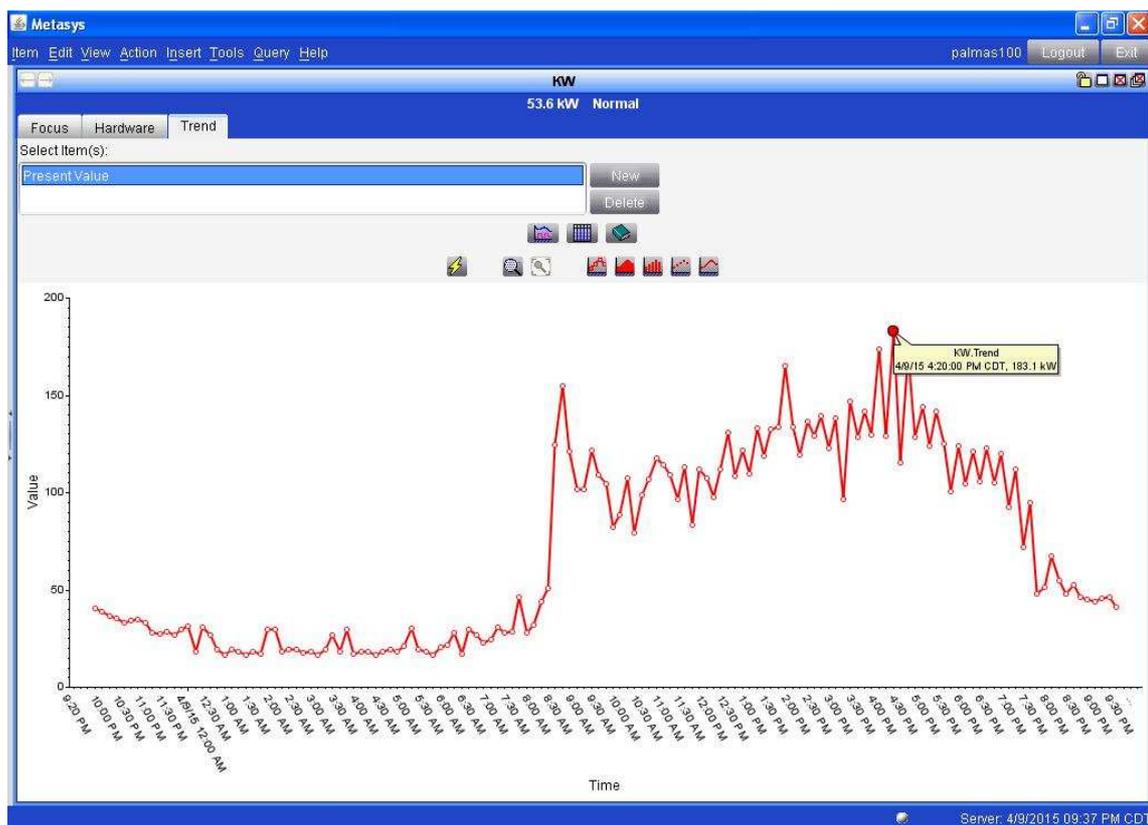


Figura 29. Curva de Potencia Instantánea del inmueble.

Fuente: Johnson controls,2016

## Capítulo 5. Diseño del Sistema Fotovoltaico

Se recopilaron datos de potencia instantánea [kW] durante doce días correspondientes al mes de abril del año anterior. Dichos datos se encuentran en el Tabla 2 (pág. 57), en los cuales se obtuvo el promedio de carga por día [kW] y la energía diaria que consume el edificio [kWh]. También se obtuvo el promedio para los doce días de la energía que consume dicho inmueble.

### 5.2 Cálculo de la potencia total requerida.

Del consumo promedio diario de energía durante 12 días, monitorizando mediante el programa Metasys en barras de baja tensión basados en datos de anexo 1 de cada día, se obtuvieron los siguientes valores:

DIA	kW promedio	kWh pico	kWh diarios
1	71.4737762	1332.31	1703.45833
2	60.7447552	778.75	1447.75
3	71.3732517	1322.64	1701.0625
4	73.0935315	1359.95	1742.0625
5	77.0603147	1457.1	1836.60417
6	75.9991197	1405.91	1798.64583
7	63.6625874	860.02	1517.29167
8	80.8321678	1550.52	1926.5
9	78.6835664	1512.33	1875.29167
10	77.395979	1457.43	1844.60417
11	66.2045455	903.06	1577.875
12	75.0603147	1293.65	1788.9375
<b>TOTALES</b>	72.6319925	1269.4725	1730.00694

DIA	kW promedio	kWh pico	kWh diarios
1	71.4737762	1332.31	1703.45833
3	71.3732517	1322.64	1701.0625
4	73.0935315	1359.95	1742.0625
5	77.0603147	1457.1	1836.60417
6	75.9991197	1405.91	1798.64583
8	80.8321678	1550.52	1926.5
9	78.6835664	1512.33	1875.29167
10	77.395979	1457.43	1844.60417
12	75.0603147	1293.65	1788.9375
<b>TOTALES</b>	75.663558	1410.20444	1801.90741

Tabla no. 2 Promedio de carga por día [kW] y la energía diaria que consume el inmueble [kWh].

## Capítulo 5. Diseño del Sistema Fotovoltaico

De valor total de la tabla 2, se tomará 1410.20 kWh como valor para dimensionar y calcular el número de paneles solares e inversores para el diseño del sistema fotovoltaico. Este valor se divide entre las horas de sol pico por día para la Ciudad de México en plano inclinado a la latitud de 19.33°, que es de 5.36 horas.

$$\text{kW pico} = \frac{\text{kilowatts hora pico [kWh]}}{\text{horas diarias de sol promedio [h]}} \quad \text{Ecuación 7}$$

$$\text{kW pico} = \frac{1410.2 \text{ [kWh]}}{5.36 \text{ [h]}} = 263.09 \text{ kW}$$

Este valor será la potencia requerida.

### 5.3 Elección del Panel Solar y cálculo del arreglo serie-paralelo necesarios para el dimensionado del sistema.

- Características de los módulos fotovoltaicos

Se trata de un módulo solar marca Kyocera modelo KD330GX-LFB que en condiciones STC (por sus siglas en inglés Estándar Test Conditions), su potencia máxima es de 330 [W]. Las especificaciones del módulo se encuentran incluidas en Anexo I (pág.100-101).

- Número de módulos requeridos

Para calcular el número de módulos dividimos la potencia requerida entre la potencia máxima del módulo FV seleccionado.

$$\text{Número de módulos} = \frac{\text{Potencia requerido por el sistema [kW]}}{\text{Potencia del módulo [kW]}} \quad \text{Ecuación 8}$$

$$\text{Número de módulos} = \frac{263.09 \text{ [kW]}}{0.330 \text{ [kW]}} = 797.24 \simeq 798 \text{ módulos FV}$$

$$\text{Potencia requerida} = \text{Número de módulos FV} \times \text{Potencia de módulo} \quad \text{Ecuación 9}$$

$$\text{Potencia requerida} = 798 \times 0.330 = 263.34 \text{ [kW]}$$

## Capítulo 5. Diseño del Sistema Fotovoltaico

### 5.4 Cálculo del Campo del generador

Para calcular la disposición de los módulos fotovoltaicos, se toman en cuenta las características del inversor. Se trata de un inversor de la marca Schneider Electric modelo CL35000 NA cuyas características se pueden consultar en la hoja de especificaciones dispuesta en el Anexo I (pág. 111,112). Las temperaturas de diseño serán las más desfavorables para los módulos, las temperaturas de las celdas suelen ser  $20[^\circ\text{C}]$  superior a la del ambiente, al ser la medida máxima en la Ciudad de México de  $25.3[^\circ\text{C}]$ , la de la celda será  $45.3[^\circ\text{C}] \simeq 46[^\circ\text{C}]$ . Los inversores trabajan dentro del margen de temperatura estipulada por el fabricante de  $-20[^\circ\text{C}]$  a  $60[^\circ\text{C}]$ .

- Limitaciones por tensión

Para calcular el número máximo de módulos en serie que pueden alimentar al inversor se debe tener en cuenta la máxima tensión de entrada del mismo.

- Número máximo de módulos en serie

$$\text{Número máximo de módulos en serie} = \frac{\text{Vmáx de entrada al inversor}}{\text{Voc de módulos}} \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

$$\text{Vmax entrada al inversor } (0[^\circ\text{C}]) = 600 \text{ [V]}$$

$$\text{Voc módulos } (25[^\circ\text{C}]) = 40.5 \text{ [V}_{\text{DC}}]$$

Las características de los módulos de Voc están medidas a  $25[^\circ\text{C}]$ , para lo que, sabiendo la variación de tensión en función de la temperatura:

$$\text{Coeficiente de temperatura de Voc } (\beta) = -0.36 \text{ [ \% / } ^\circ\text{C}]$$

Podemos calcular la Voc a  $0[^\circ\text{C}]$  que es la más desfavorable

$$\text{Voc de módulo } (0[^\circ\text{C}]) = 40.5 - (0 - 25) \frac{0.36 \times 40.5}{100} = 44.145 \text{ [Voc]}$$

$$\text{Número máximo de módulos en serie} = \frac{600 \text{ [V]}}{44.145 \text{ [V]}} = 13.59 \simeq 14 \text{ módulos serie}$$

## Capítulo 5. Diseño del Sistema Fotovoltaico

---

- Número mínimo de módulos en serie

Para calcular el número mínimo de módulos en serie que puede alimentar el inversor, se debe tener en cuenta la mínima tensión de arranque del inversor.

$$\text{Número mínimo de módulos en serie} = \frac{\text{Vmín de arranque del inversor}}{\text{Vmp módulo}} \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

$$\text{Vmín de arranque de inversor (25 [°C])} = 250 \text{ [V]}$$

$$\text{Vmp módulos (25 [°C])} = 40.5 \text{ [V]}$$

Como la celda va a trabajar a 46 [°C] se calcula la tensión más desfavorable.

$$\text{Vmp módulos (46 [°C])} = 40.5 - (46 - 25) \frac{0.47 \times 40.5}{100} = 36.502 \text{ [V]}$$

$$\text{Número mínimo de módulos en serie} = \frac{250 \text{ [V]}}{36.502 \text{ [V]}} = 6.84 \approx 7 \text{ módulos FV}$$

- Limitaciones por intensidad de corriente

La máxima intensidad de corriente de entrada en CD del inversor, será de 73.7 [A], por lo que la intensidad de cortocircuito al campo generador, deberá ser inferior a este valor.

- Número máximo de ramas en paralelo

$$\text{Número máximo de módulos en paralelo} = \frac{\text{I máx de entrada al inversor}}{\text{Icc de módulos}} \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

$$\text{Imáx de entrada al inversor (25 [°C])} = 73.7 \text{ [A]}$$

$$\text{Icc módulos (25 [°C])} = 8.79 \text{ [A]}$$

La característica de los módulos Icc está medida a 25 [°C] por lo que sabiendo la variación de Icc en función de la temperatura 0.06 % /°C.

## Capítulo 5. Diseño del Sistema Fotovoltaico

---

Se calcula la Icc más desfavorable

$$\text{Icc de módulos (46°C)} = 8.79 + (46 - 25) \frac{0.06 \times 8.79}{100} = 8.90$$

$$\text{Número máximo de ramas en paralelo} = \frac{73.7}{8.90} = 8.28 \approx 9 \text{ ramas en paralelo}$$

### 5.5 Cálculo del número de inversores

El arreglo de nuestro sistema se definirá como sigue:

Número de módulos por inversor = no. de módulos en serie x no. de ramas en paralelo

$$\text{Número de módulos por inversor} = 14 \times 9 = 126 \text{ módulos} \quad \text{Ecuación 13}$$

Un inversor tendrá un arreglo de 14 módulos en serie y 9 ramas en paralelo.

Para obtener el número total de inversores dividimos la potencia requerida entre la potencia del inversor.

$$\text{Número de inversores} = \frac{\text{Potencia requerida [kW]}}{\text{Potencia del inversor [kW]}} \quad \text{Ecuación 14}$$

$$\text{Número de inversores} = \frac{263.09 \text{ [kW]}}{35 \text{ [kW]}} = 7.51 \approx 8 \text{ inversores}$$

### 5.6 Cálculo del Banco de Baterías

Para dimensionar el banco de baterías, que suministrará de energía al sistema durante las horas de ausencia de luz solar, se procedió de la siguiente manera:

Se tomó el promedio diario de la potencia requerida por el sistema, además del tiempo que se le drenará corriente, que es de 18.64 horas y el tiempo de recarga que es de 5.36 horas de Sol promedio diarios.

La energía promedio a lo largo del día es de 75.67 [kWh], que corresponde a la energía requerida en las horas de no Sol, días festivos y fines de semana. El voltaje al cual trabajará el banco de baterías es igual al voltaje de entrada a los inversores que es de 600 V.

## Capítulo 5. Diseño del Sistema Fotovoltaico

---

---

$$\text{Ah del banco de baterías} = \frac{\text{Potencia promedio diaria en hrs de no sol [kWh]}}{\text{Voltaje optimo del inversor[V]}} \quad \text{Ecuación 15}$$

$$\text{Ah del banco de baterías} = \frac{75.67 \text{ [kWh]}}{600 \text{ [V]}} = 126.11 \text{ Ah}$$

La batería es LTH-L-4DM-390 cuyas especificaciones están en hoja de datos en Anexo I (pág.113), la cual nos proporciona 190 [A] @ 20 [h] (9.5 [Ah]), y un voltaje de 12 V.

$$\text{número de baterías en serie} = \frac{\text{voltaje de entrada al inversor [V]}}{\text{voltaje de la batería [V]}} \quad \text{Ecuación 16}$$

$$\text{número de baterías en serie} = \frac{600 \text{ [V]}}{12 \text{ [V]}} = 50$$

$$\text{líneas de baterías en paralelo} = \frac{\text{Ah requeridos por el sistema}}{\text{capacidad de la batería}} \quad \text{Ecuación 17}$$

$$\text{líneas de baterías en paralelo} = \frac{126.11 \text{ [Ah]}}{9.5 \text{ [Ah]}} = 13.27 \approx 14$$

El arreglo del banco de baterías por inversor es de 50 x 14 baterías = 700 baterías.

### Carga de Banco de baterías:

Para realizar la recarga del banco de baterías en 5.36 [h], que son las horas de sol promedio diarios en la Ciudad de México, tenemos que:

$$\text{Carga de banco baterías} = \frac{\text{corriente que se le drenó al banco de baterías}}{\text{tiempo de recarga}} \quad \text{Ecuación 18}$$

$$\text{Carga de banco de baterías} = \frac{126.11[A] @ 24h}{5.36[h]} = 564.67 [A]$$

## Capítulo 5. Diseño del Sistema Fotovoltaico

Para suministrar la carga al banco de baterías se necesitarán:

$$\text{número de filas en paralelo} = \frac{\text{corriente de recarga}}{\text{corriente del módulo fotovoltaico}} \quad \text{Ecuación 19}$$

$$\text{número de filas en paralelo} = \frac{564.67 \text{ [A]}}{8.15 \text{ [A]}} = 69.28 \approx 70$$

$$\text{número de módulos en serie} = \frac{\text{voltaje del sistema}}{\text{voltaje del panel solar}} \quad \text{Ecuación 20}$$

$$\text{número de módulos en serie} = \frac{600 \text{ [V]}}{40.5 \text{ [V]}} = 14.81 \approx 15$$

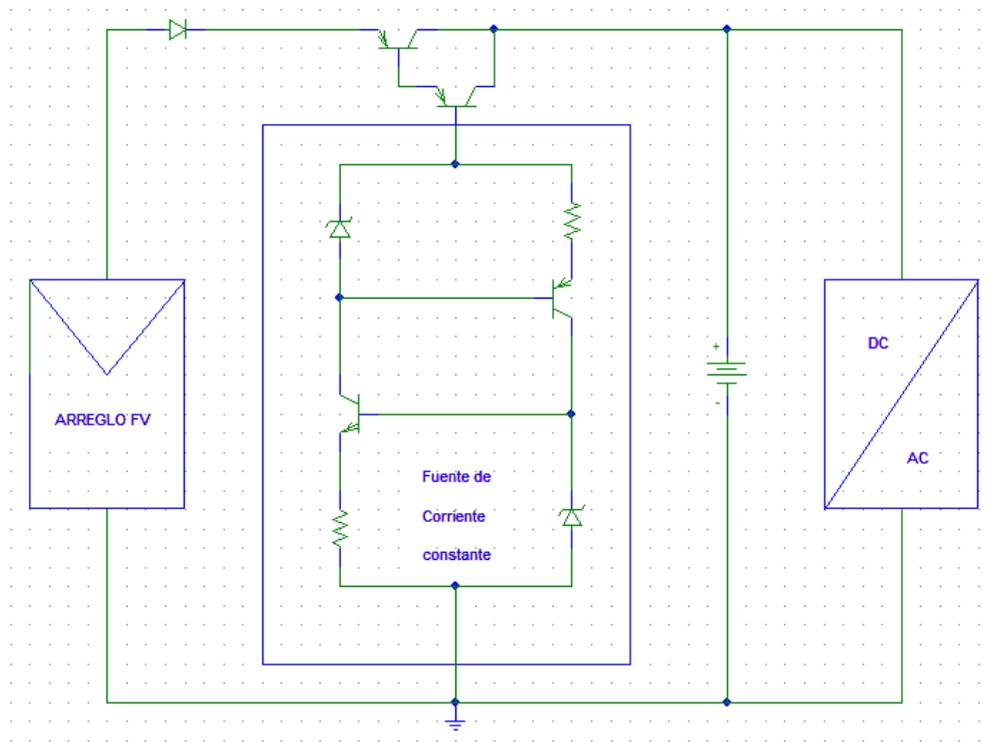


Figura 30. Esquema general del sistema GFV.  
Fuente: elaboración propia en Pspice.

## Capítulo 5. Diseño del Sistema Fotovoltaico

### 5.7 Dimensionado del sistema

El número de módulos considerados para nuestro sistema fotovoltaico es de 1134 paneles. Para dimensionar el sistema tenemos que tomar en cuenta el área ocupada por cada panel y la distancia que hay entre ellos.

- ✓ Distancia entre paneles

$$d = \frac{h}{\tan \alpha} \quad \text{Ecuación 21}$$

Donde:

h: altura de panel

$\alpha$ : ángulo de inclinación

Los paneles solares fotovoltaicos conectados en serie se deben de instalar con la misma inclinación y orientación. Una orientación diferente o una variación de ángulo producen pérdidas en la potencia de salida debido a la diferencia en la cantidad de energía solar expuesta en módulos.

El ángulo de inclinación óptimo medido entre los módulos fotovoltaicos y la horizontal es igual a la latitud de la localidad donde se encuentra la instalación. Por esta razón consideraremos la latitud de la Ciudad de México igual a  $19.24^\circ$ ; y definimos el ángulo  $\alpha=19.24^\circ$ . Las dimensiones de cada módulo son de 1.662 metros de alto y 1.320 metros de ancho

$$\text{distancia entre módulos} = \frac{1.662 [m]}{\tan 19.24^\circ} = 4.038 [m]$$

Ese valor es el correspondiente a un espacio entre los paneles; pero considerando que tenemos 1134, y que los acomodaremos en 34 filas de 33 y una fila de doce lo multiplicaremos por 35, que corresponde al número de espacios que habrá entre cada una de las hileras.

$$\text{distancias del espacio total entre módulos} = 4.038 [m] \times 35 = 141.33 [m]$$

- ✓ Área requerida para los paneles

$$\text{Área de módulo} = 1.662 [m] \times 1.320 [m] = 2.19384 [m^2]$$

$$\text{Área del total de módulos} = 2.19384 [m^2] \times 1134 [m] = 2487.81 [m^2]$$

Si se considera que el arreglo fotovoltaico tendría una forma más o menos cuadrada, siendo el área de  $2487.81 [m^2]$ , cada lado medirá  $50 [m]$  aproximadamente. Y si considerásemos la distancia que hay entre ellos se aumentara a uno de sus lados  $141.33 [m]$

## Capítulo 5. Diseño del Sistema Fotovoltaico

---

### ✓ Dimensiones del inversor

Alto: 0.715 [m]

largo: 0.678 [m]

ancho: 0.294 [m]

Los inversores estarán empotrados en la pared. Siendo 9 los inversores en una pared se podrán ubicar el total de ellos.

$$\text{Área parcial} = 0.678 \text{ [m]} \times 0.294 \text{ [m]} = 0.199332 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$\text{Área inversores} = 0.199332 \times 9 = 1.794 \text{ [m}^2\text{]}$$

### ✓ Dimensiones de la pila

Largo: 0.531 [m]

Ancho: 0.210 [m]

Alto: 0.245 [m]

Las pilas se ubicarán en un rack de:

$$\text{Área parcial} = 0.531 \text{ [m]} \times 0.210 \text{ [m]} = 0.11151 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$\text{Área baterías} = 0.11151 \text{ [m}^2\text{]} \times 1050 = 117 \text{ [m}^2\text{]}$$

➤ Nuestro sistema final queda de la siguiente forma:

$$\text{Número de módulos} = 14 * 9 = 126/\text{inversor}$$

$$\text{Número de módulos} = 126 * 9 = 1134$$

$$\text{Número de inversores} = 9$$

$$\text{Potencia} = \text{Número de Inversores} \times \text{Potencia del Inversor} \quad \text{Ecuación 22}$$

$$\text{Potencia} = 9 \times 35 \text{ [kW]} = 315 \text{ [kW]}$$

$$\text{Número de baterías} = 700$$

$$\text{Superficie que ocupará el arreglo fotovoltaico} = 7066.91 \text{ [m}^2\text{]}$$

## Capítulo 5. Diseño del Sistema Fotovoltaico

### 5.8 Cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub>

A continuación, se muestran las emisiones totales de CO<sub>2</sub> que se evitan emitir al ambiente por la implementación de este diseño, consideraremos un factor de conversión de 0.385 CO<sub>2</sub> [eq/kWh] al compararlo con energía eléctrica.

Energía eléctrica	Consumo diario [kWh]	Consumo anual [kWh]	Factor de emisión (Kg de CO <sub>2</sub> eq/kWh)	Kg de CO <sub>2</sub> eq
	1,801.90741	657,696.20465	0.38500	253,213.03879

Tabla 3 Comparación de sistema fotovoltaico diseñado con el sistema convencional de energía eléctrica

En la siguiente tabla mostraremos los kg de CO<sub>2</sub> que no se emitirían al ambiente con tecnología fotovoltaica del diseño propuesto con distintos combustibles

Combustible	kWh	Factor de emisión (Kg de CO <sub>2</sub> eq/kWh)	Kg de CO <sub>2</sub> eq
<b>Fuel</b>	657,696.20465	0.2736	179945.6816
<b>GLP Genérico</b>	657,696.20465	0.234	153900.9119
<b>Carbón nacional</b>	657,696.20465	0.4032	265183.1097
<b>Carbón de importación</b>	657,696.20465	0.3564	234402.9273

Tabla 4 Sistema fotovoltaico diseñado comparado con diferentes fuentes de generación (combustibles).

## Capítulo 5. Diseño del Sistema Fotovoltaico

### 5.9 Evaluación de costos del sistema fotovoltaico

Se agruparon datos de los costos del sistema fotovoltaico de acuerdo con las listas de precios en el mercado, los datos se muestran en las siguientes tablas:

DE INSTALACION				
CANTIDAD	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS	COSTO	TOTAL
INSTALACION	PARQUE SOLAR	\$\$ 1 UD x kW inst.	6300	\$ 6,300.00
MANTENIMIENTO	1368 paneles a limpiar	dos veces por año	40000 x 24 años	\$ 960,000.00
				<b>\$ 966,300.00</b>

Tabla 5

EQUIPO				
CANTIDAD	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS	COSTO	TOTAL
700	Baterías	L-4DM-390M	\$4,219.00	\$ 2,953,300.00
9	Inversor	CL 35000 NA	\$130,000	\$ 1,170,000.00
1134	Módulo Fotovoltaico	KD 330GX-LFB	\$5,296.00	\$ 6,005,664.00
				<b>\$ 10,128,964.00</b>

Tabla 6

DISEÑO CIRCUITO				
CANTIDAD	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS	COSTO	TOTAL
1	CIRCUITO	Regulador de Carga		
2	DIODO ZENER	1N3340B	\$16.50	\$ 33.00
1	DISEÑO DEL CIRCUITO		\$30,000.00	\$ 30,000.00
2	RESISTENCIAS	10 kΩ	\$1.00	\$ 2.00
4	TRANSISTORES	NTE89	\$13.00	\$ 52.00
				<b>\$ 30,087.00</b>

Tabla 7

SUBTOTAL				
CANTIDAD	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS	COSTO	TOTAL
	DISEÑO CIRCUITO	Regulador de Carga	\$ 30,087.00	\$ 30,087.00
	EQUIPO	Baterías, Inversor, MSFV	\$ 10,128,964.00	\$ 10,128,964.00
	INSTALACION	Ensamblado	\$\$ 1 UD x kW inst.	\$ 6,300.00
				<b>\$ 10,165,351.00</b>

Tabla 8

## Capítulo 5. Diseño del Sistema Fotovoltaico

### 5.10 Determinación del Costo anual de inversión

El costo anual de inversión por kilowatt instalado A se obtiene multiplicando la inversión bruta por kilowatt P por el factor anualidad donde:

- A costo anual de inversión de kW instalado
- P inversión bruta por kW instalado
- I tasa de descuento
- n vida útil de la unidad generadora en años

$$A = P \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad \text{Ecuación 23}$$

Para nuestro caso de aplicación obtenemos A mediante fórmula,

Inversión bruta	tasa de descuento	vida útil	costo anual de inversión
<b>p</b>	<b>I</b>	<b>N</b>	<b>A</b>
\$10165351	0.1	25	\$1,119,897.123

La pendiente de esta recta está en función del costo de operación  $v$  del tipo de unidad generadora correspondiente que está dado por el costo del combustible utilizado, el cual depende del precio unitario del combustible, el consumo específico de combustible de la unidad generadora considerada y el poder calorífico del combustible.

$$v = \frac{U * E}{C} \quad \text{Ecuación 24}$$

Donde:

- $v$  costo de operación por kW-hora producido
- $U$  precio unitario del combustible
- $C$  poder calorífico del combustible
- $E$  consumo específico de combustible de la unidad

## Capítulo 5. Diseño del Sistema Fotovoltaico

---

En este caso no hay costo de operación, porque la energía solar es gratis. (Es similar a una planta hidroeléctrica, donde solo hay costos fijos de inversión y un costo fijo de operación muy pequeño). Por lo tanto,  $v = 0$ .

Los costos variables anuales de operación dependen del número de horas que la unidad trabaje al año y están dados por la siguiente expresión:

$$V_a = V(8760 * f) \quad \text{Ecuación 25}$$

Donde:

V      costo variable anual de operación por kW instalado  
8760   número de horas en un año (365 x 24)

F      factor de planta

En el caso de una generación fotovoltaica la pendiente de la recta que representa sus costos de producción es igual a cero, ya que al no consumir combustible se puede afirmar que sus costos variables de operación son nulos o bien que no hay costos variables, porque no se consume combustible por parte de la planta generadora.

El factor de planta puede definirse como el número de horas al año que la unidad generadora está en servicio con relación al número total de horas en un año.

$$f = \text{horas de sol pico} * \text{días del año} / \text{totales anuales} \quad \text{Ecuación 26}$$

$$f = \frac{(5.36 [h] \times 365 \text{ días} \times 374.22 [kW])}{8760[h] \times 374.22[kW]} = 0.2233$$

### 5.11 Cálculo del costo del kilowatt-hora generado

Una vez que se ha calculado el costo fijo anual ( $F$ ), y el costo variable anual por kilowatt de capacidad de generación instalada ( $V_a$ ) de este tipo de unidad generadora (fotovoltaica), el costo del kilowatt-hora generado ( $C_E$ ) se obtiene dividiendo el costo total anual por kilowatt de capacidad de generación instalada ( $T$ ), que es la suma del costo fijo y el costo variable, por el número de kilowatt-hora generados anualmente por cada kilowatt de capacidad de generación, que es función del factor de planta al que opera ese tipo de unidad.

## Capítulo 5. Diseño del Sistema Fotovoltaico

---

El cálculo de la generación anual es como sigue:

$$G = 374.22 \text{ [kW]} \times 8760 \text{ [h]} \times 0.2233 = 732,014.736 \text{ [kWh]}$$

Para el cálculo del costo fijo anual ( $F$ ), es necesario obtener el costo fijo anual de operación ( $FO$ ). En el que se considera un valor de inversión bruta ( $P$ ) de \$10,165,351.

$$FO = P * 0.05 \quad \text{Ecuación 27}$$

$$FO = 10,165,351 * 0.05 = \$ 508,267.55$$

$$FO = \frac{508,267.55}{25} = \$ 20,330.702$$

$$F = A + FO \quad \text{Ecuación 28}$$

$$F = \$1,119,897.123 + \$ 20,330.702 = \$ 1,140,227.83$$

$$C_E = \frac{T}{G} = \frac{F + V_a}{G} \quad \text{Ecuación 29}$$

Puede verse que el costo del kilowatt-hora puede descomponerse en dos sumandos: la parte del costo debida al costo fijo anual por kilowatt instalado, que es independiente del factor planta al que opera la unidad y la parte del costo debida al costo variable anual por kilowatt instalado, que sí es función del factor de planta.

Para este caso de generación fotovoltaica como no hay costos variables:

$$C_E = \frac{T}{G} = \frac{F}{G} = \frac{\$13,826,585.87}{13,694,800 \text{ [kWh]}} = \frac{\$1,140,227.83}{73,2014.736} = \$ 1.56 \text{ [kWh]}$$

## Capítulo 5. Diseño del Sistema Fotovoltaico

---

### 5.12 Comparativo de facturación de energía

Comparando el costo del kilowatt-hora generado por el sistema fotovoltaico y el mostrado en el recibo de la compañía suministradora (CFE) el cual se encuentra en la pág. 71, se obtienen los resultados siguientes.

- La compañía suministradora realiza un cobro de \$66,168.1284 mensuales por energía consumida, lo que equivale a realizar un pago diario de \$2,205.6 suponiendo que se mantengan los precios:
  - En un año se pagará la cantidad de \$805,045.562 y en los 25 años correspondientes a la vida útil del sistema fotovoltaico que se diseñó se pagarían \$20,126,139.1
- En lo relativo a los costos de la energía requerida por el sistema fotovoltaico propuesto, se obtiene lo siguiente:

El inmueble necesita 1410.20 [kWh], por esta energía se pagaría diariamente \$2199.912

  - En un año se pagará la cantidad de \$802,967.88 y en los 25 años correspondientes a la vida útil del sistema se pagarán \$20,074,197.

De lo cual, realizando la diferencia del cobro por CFE y del costo de la energía del sistema fotovoltaico obtenemos que el ahorro al implementar dicho sistema:

- La cantidad que se ahorra con la implementación de este diseño será alrededor de \$51,942.1.

## Capítulo 5. Diseño del Sistema Fotovoltaico

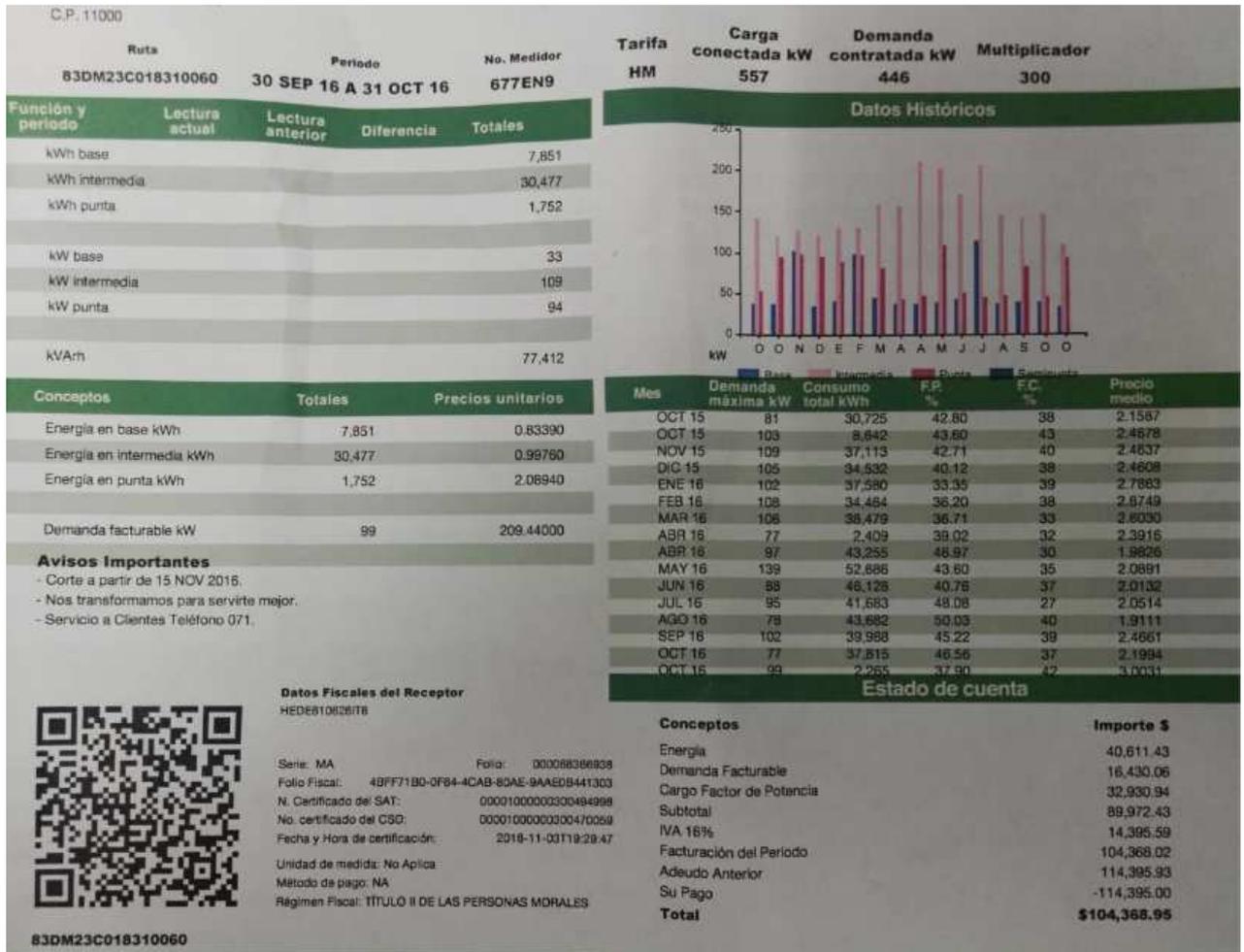


Figura 31. Recibo CFE del inmueble

## Capítulo 5. Diseño del Sistema Fotovoltaico

### 5.13 Circuito Fuente de Corriente

El circuito que a continuación se describe es una fuente de corriente controlada por corriente, con transistores TBJ y con diodos zener y sirve para proteger la vida útil de las baterías. Este circuito mantiene una corriente constante hacia el banco de baterías, ya sea que esté en modo de carga o descarga. También mantiene dicha corriente constante, aun cuando el voltaje del campo generador fotovoltaico aumente o disminuya, dentro del rango para el cual se diseñó con base en el voltaje mínimo y máximo de operación de los inversores empleados (250 a 1000 [V]), para el diseño en cuestión se considera un valor de referencia de 600 [V] considerado como la media de ese rango de operación (valor con el cual diseñamos la fuente de corriente controlada por corriente).

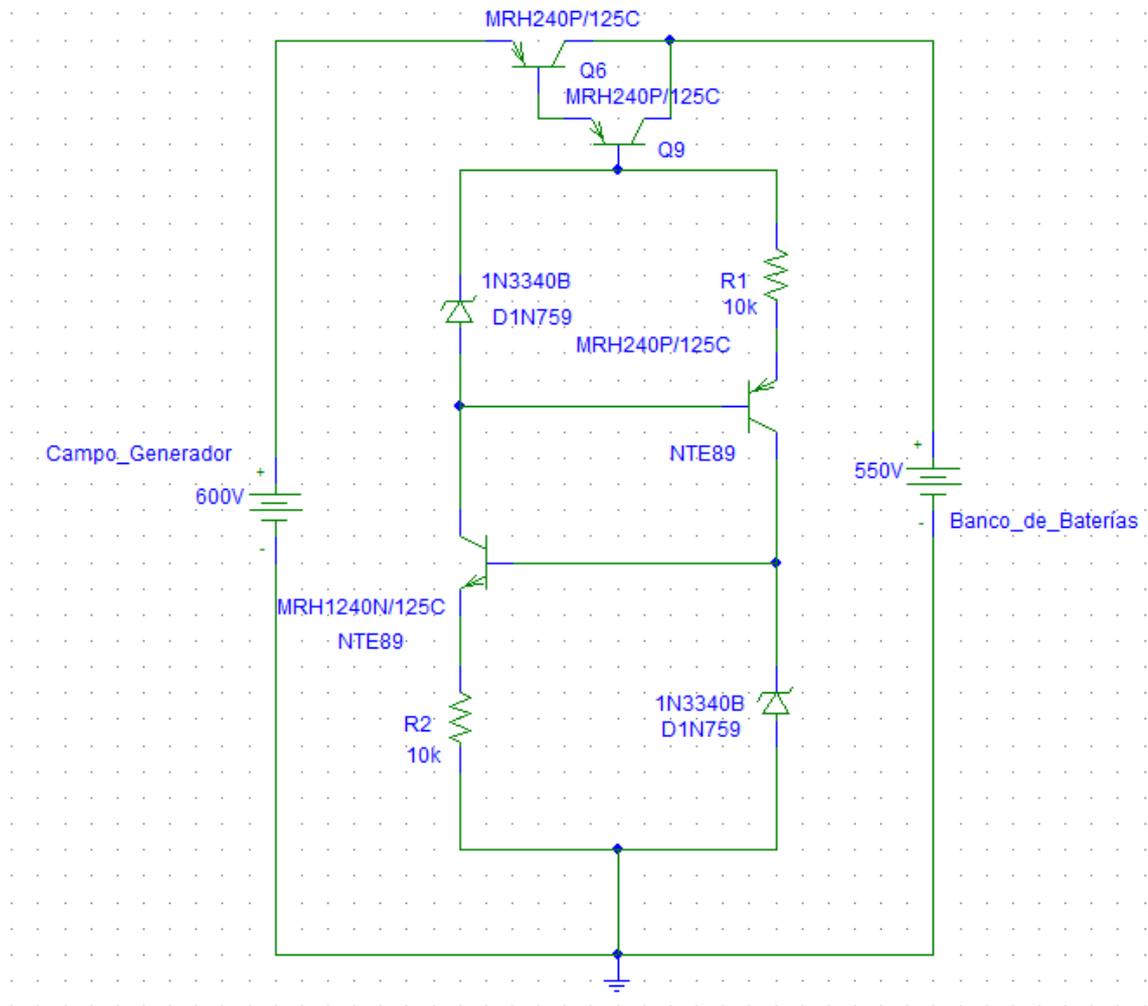
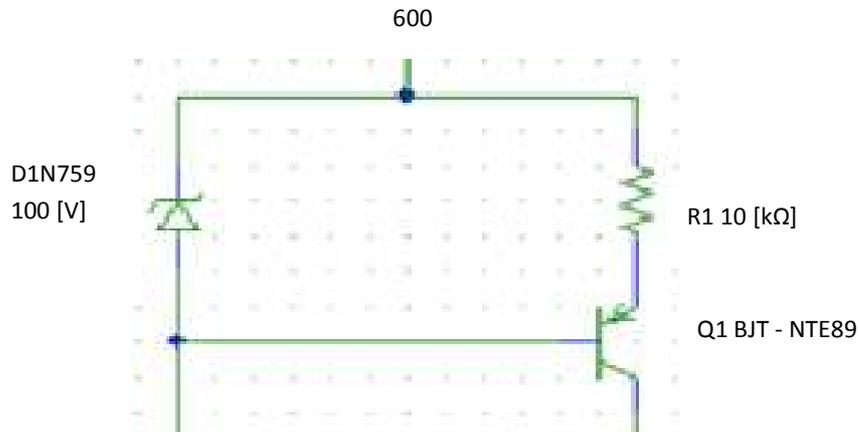


Figura 32 Caracterización de la fuente de corriente constante  
Fuente: elaboración propia en Pspice

## Capítulo 5. Diseño del Sistema Fotovoltaico

El diodo zener comenzará a conducir cuando este llegue a su voltaje de operación que es de 100 [V]



Se tiene que la corriente en R1 es

$$I_{R1} = \frac{V_{CC}}{R1} = \frac{600 [V]}{10 [K\Omega]} = 60 [mA] = I_E \quad \text{Ecuación 30}$$

$$I_E \approx I_C = 60 [mA]$$

El transistor en su hoja técnica maneja una beta de 60 (anexo 2, pag 114), y considerando un  $V_{CC}$  de 600[V], entonces

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{60 [mA]}{60} = 1 [mA] \quad \text{Ecuación 31}$$

Esta corriente es manejable por el diodo zener Q1, con lo cual se obtendrá el valor del voltaje en el emisor que corresponde al transistor Q1:

$$V_E = 600 [V] - V_{BE} - V_B \quad \text{Ecuación 32}$$

$$V_E = 600 [V] - 0.7 [V] - 100[V]$$

$$V_E = 499.3 [V]$$

El voltaje de colector del transistor Q1 es de 100 [V], Por lo tanto

$$V_{CE} = V_E - V_C \quad \text{Ecuación 33}$$

$$V_{CE} = 499.3 [V] - 100 [V]$$

## Capítulo 5. Diseño del Sistema Fotovoltaico

En el caso del transistor Q2, tenemos que  $V_B=100$  [V],

$$0 = V_E - V_{BE} - V_{R2} \quad \text{Ecuación 34}$$

$$0 = V_Z - V_{BE} - V_{R2} \quad \text{Ecuación 35}$$

$$0 = V_Z - 0.7 [V] - V_{R2}$$

$$V_{R2} = 100 [V] - 0.7[V]$$

$$V_{R2} = 99.3 [V]$$

5.15 Los valores obtenidos se pueden comparar en el esquema siguiente, el cual se simuló con el programa PSPICE, dando valores de voltaje semejantes.

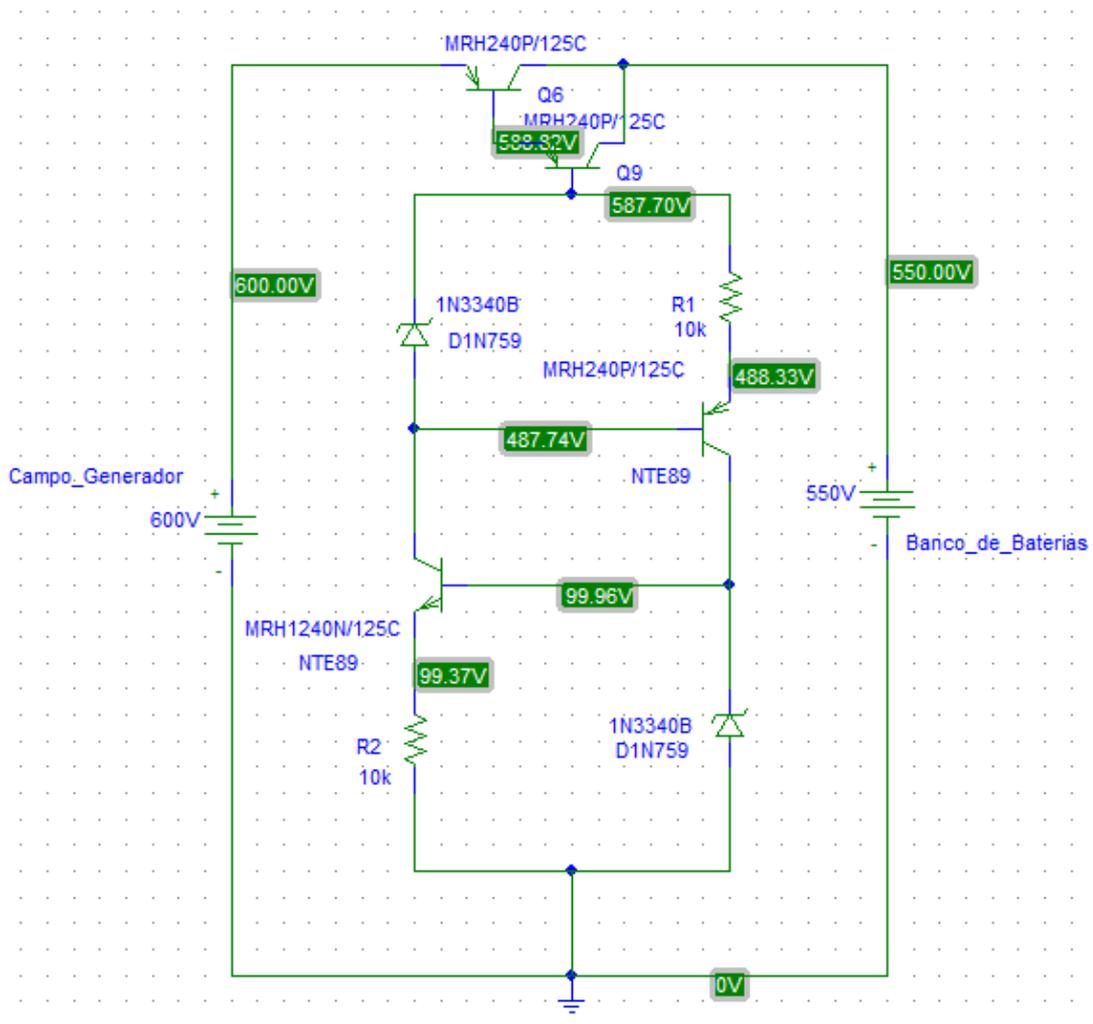


Figura 33 Simulación de voltajes.  
Fuente: elaboración propia en Pspice

## Capítulo 5. Diseño del Sistema Fotovoltaico

---

Para obtener la corriente en el transistor Q2 se tiene que

$$I_{E,Q2} = \frac{V_{R2}}{R2} = \frac{99.3 [V]}{10 [K\Omega]} = 9.93 [mA] \quad \text{Ecuación 36}$$

$$I_{E,Q2} \simeq I_{C,Q2}$$

Con los datos anteriores obtendremos  $I_B$

$$I_B = \frac{9.93 [mA]}{\beta} = \frac{9.93 [mA]}{60} = 165.5 [\mu A] \quad \text{Ecuación 37}$$

## Capítulo 5. Diseño del Sistema Fotovoltaico

Esta corriente es pequeña; adecuada ya que es manejable por el diodo zener. Los valores obtenidos se muestran en el esquema siguiente, el cual se simuló con el programa PSPICE

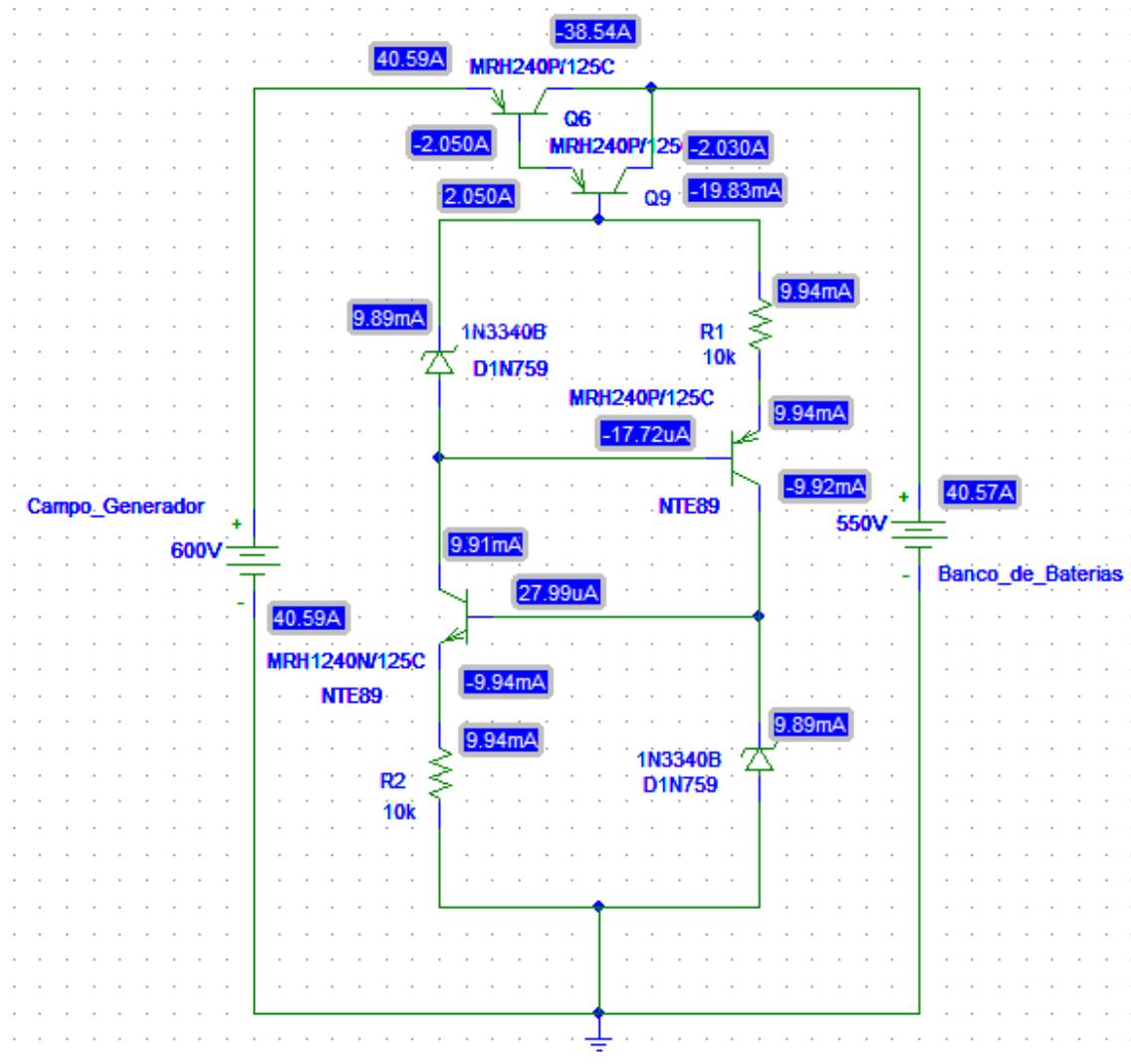


Figura 34. Simulación de corrientes.  
Fuente: elaboración propia en Pspice

En este esquema se puede apreciar que la corriente obtenida mediante cálculos es similar al valor de la corriente comparada con la simulación del esquemático de PSPICE.

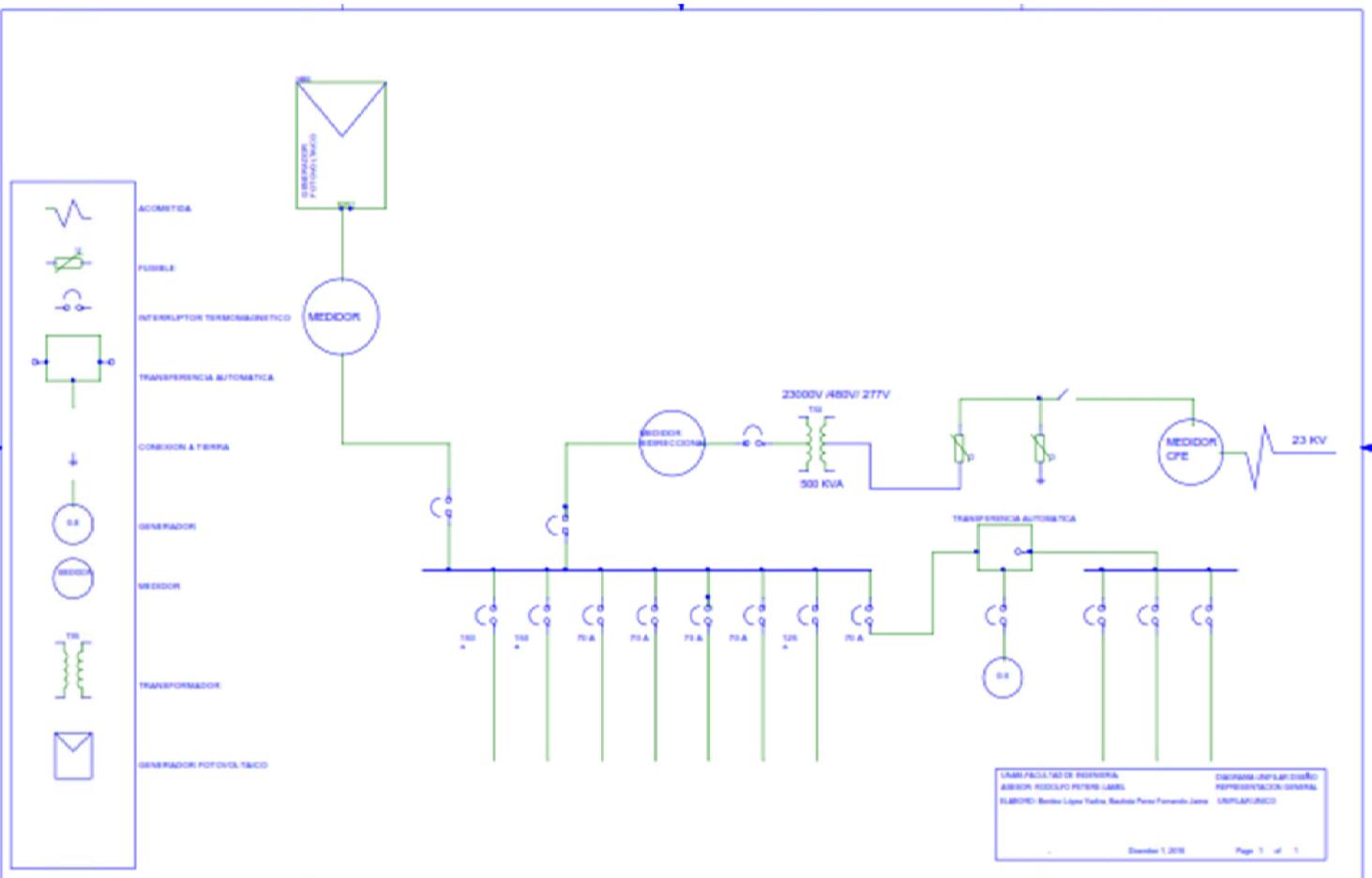


Figura 35 Diagrama unifilar de suministro de energía del inmueble.

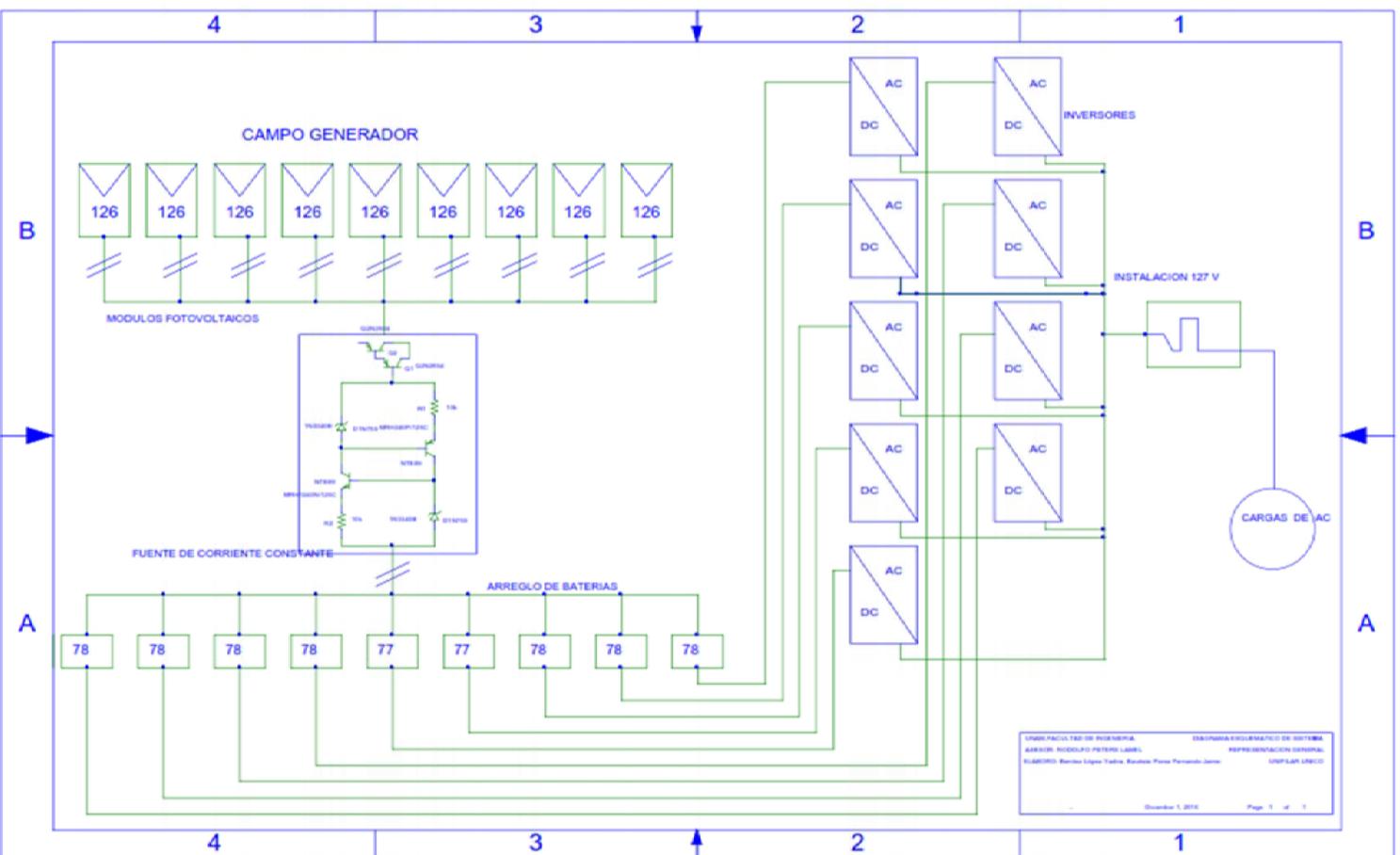


Figura 36. Diagrama unifilar GFV

## Capítulo 5. Diseño del Sistema Fotovoltaico

---

### Conclusiones

En el diseño del Sistema Fotovoltaico, nos basamos en un sistema de vigilancia llamado Metasys. En el que se obtuvieron datos de potencia instantánea, en lapsos de diez minutos durante todo el día. Recopilamos los datos de potencia instantánea durante dos semanas y se obtuvo el promedio de carga por día [kW] y la energía diaria que consume el edificio [kWh], siendo de 1410.20 [kWh], este valor se empleó para dimensionar y calcular el número de paneles solares e inversores para el diseño del sistema fotovoltaico. Mediante el estudio de la energía que consume el edificio, obtenemos que la potencia total del SFV será de 263.09 [kW]. Para nuestro diseño se eligió una batería la cual puede suministrar una intensidad de corriente de 190 [A] durante 20 horas, es decir que en cada hora se están suministrando por la pila 9.5 [Ah], la corriente total suministrada por el banco de baterías es de 133 [A]. Tomando en cuenta días festivos (6), días sábados y domingos (96) al año, el total de días de asueto serán de 102, y para satisfacer la demanda de energía en esos días solo emplearemos dos de los 9 inversores. De manera que 7 inversores estarán enviando la energía excedente a la red la cual corresponde a  $35 \text{ [kW]} \times 7 = 245 \text{ [kW]}$ , y este valor se multiplicó por las horas promedio de Sol y por el número total de días en que no se requiere la demanda de días hábiles.  $245 \text{ [kW]} \times 5.36 \text{ [h]} \times 102 = 133,946.4 \text{ [kWh]}$ . El sistema diseñado en su totalidad está formado por 1134 paneles fotovoltaicos, 9 inversores y 700 baterías, para el que se necesitará una inversión de \$10,165,351.

De manera que con estas características se puede observar que a pesar de que es una inversión considerable, trae muchos y diversos beneficios tales como:

- La disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub> que se emiten al ambiente: con la implementación de este diseño al compararlo con las emisiones que se emiten al ambiente si se empleara energía eléctrica es de un total de 253.2 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes. A su vez si se compara nuestro diseño con otros combustibles como fuel, GLP, Carbón nacional, Carbón Importación, ahorraríamos 180, 154, 265 y 234 toneladas de CO<sub>2</sub> respectivamente. Por lo que nos podemos percatar de que un sistema de generación de energía eléctrica mediante tecnología fotovoltaica es muy provechoso para el ambiente en sentido de que no dañan el medio ambiente.

También se realizó un análisis de costos del sistema mencionado y aunque la inversión es considerable, al hacer el cálculo del costo del [kWh] generado con nuestro sistema fotovoltaico y con el costo del [kWh] que impone la compañía suministradora podemos enunciar que somos competentes ya que el cobro en un recibo es de acuerdo a las tarifas \$0.83 y \$0.99 referente a energía base e intermedia, pero en energía punta \$2.09 y el costo que se tendría con el sistema de generación fotovoltaica es de \$1.56.

## Capítulo 5. Diseño del Sistema Fotovoltaico

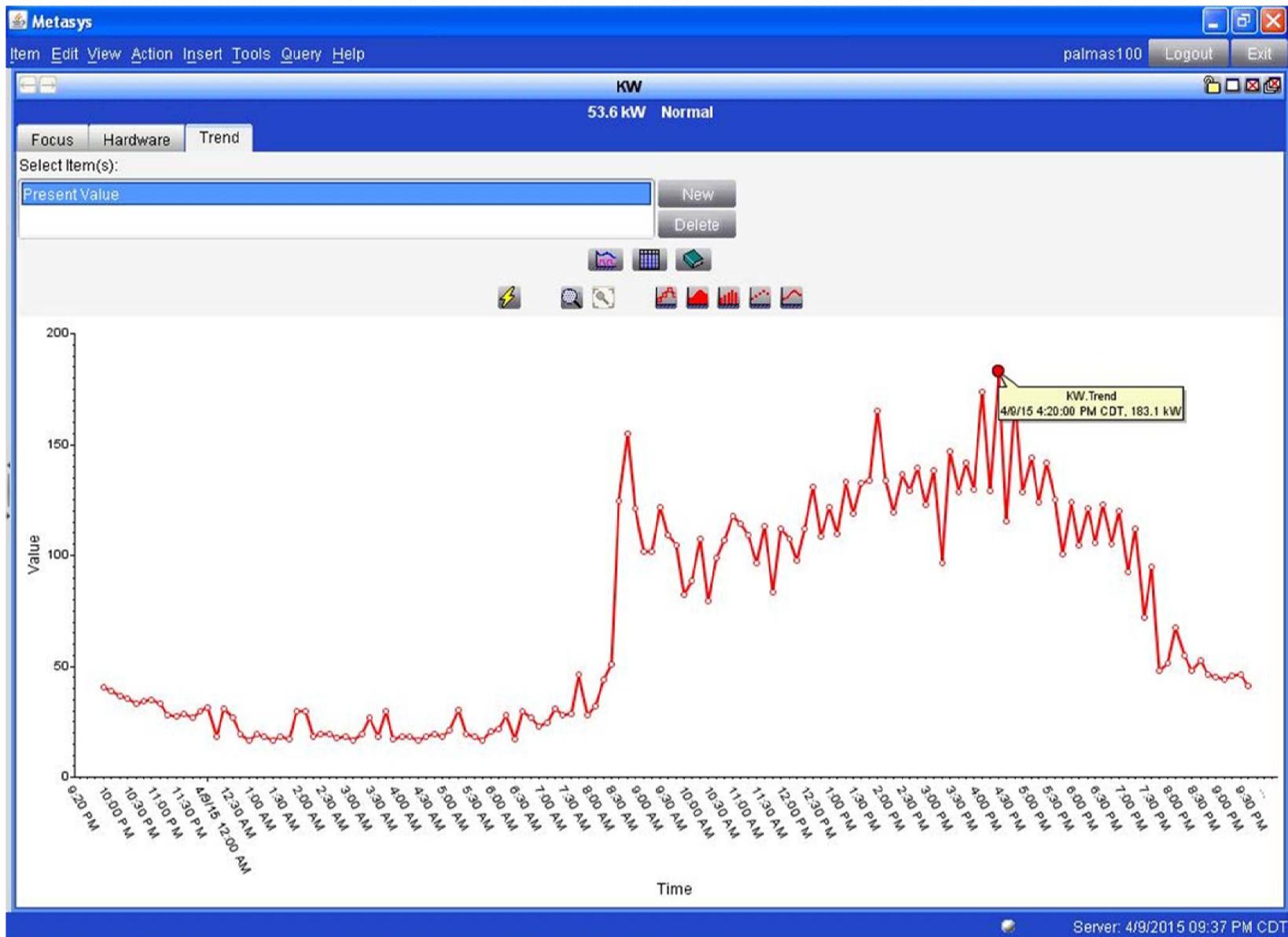
---

La energía que se requiere en el edificio en su mayoría se encuentra en las tarifas de energía en intermedia y en punta, y si bien están en \$0.99 y en \$2.09 y la del diseño que proponemos costará en \$1.56 que será un valor de costo intermedio al proporcionado por la compañía suministradora, esto es un indicativo de que sí podemos competir con el suministrador de energía eléctrica, y además en el cálculo del costo no tendríamos un impuesto por i.v.a y mucho menos de cobros por recargos o penalizaciones del factor de potencia.

Se elaboró a su vez un circuito “fuente de corriente controlado por corriente” el cual nos proporcionó la función de un regulador de carga ya que este nos maneja el voltaje de encendido del inversor y aun cuando varia un poco, la intensidad de corriente permanecerá constante, ayudándonos a mantener la vida útil de las baterías. También tenemos un costo anual de la inversión de 1.2 millones, cabe mencionar que para el caso de la generación fotovoltaica no hay costos variables.

En general podemos de manera enunciativa mas no limitativa mencionar algunas de las ventajas que se obtienen con la implementación del campo generador que diseñamos.

- Nuestro sistema no es considerado un sistema robusto para el cual se reducirían mucho más los costos.
- Además, en temporada vacacional tal vez se cubra la demanda que equivaldría a la de las luminarias y quizá los excedentes que se envíen a la red sean considerables en proporción al tamaño de nuestro sistema
- Consideremos además los beneficios al ambiente el cual se ha deteriorado por las emisiones de CO<sub>2</sub> debido en gran parte a la generación de energía eléctrica a través de combustibles fósiles. Con la implementación de este SFVI se pretenderán disminuir 253.2 toneladas de CO<sub>2</sub> anuales. Lo cual contribuye considerablemente con el medio ambiente.
- También se eliminan otros gases de efectos invernadero.
- Al implementar este proyecto haremos que la ciudadanía y los particulares participen de la idea de que los sistemas fotovoltaicos son útiles para el cuidado del medio ambiente y que consideraren a la generación de energía eléctrica fotovoltaica una forma limpia de generación.
- Cabe mencionar que, aunque aún no se han promovido lo suficiente estos tipos de sistemas, en nuestro caso de aplicación y con el tamaño del sistema calculado es decir 1410.20 [kWh], podríamos sin la menor duda alimentar varios hogares con las características de la población de nuestro país.
- Lo que indica que debería promoverse la generación eléctrica con la tecnología fotovoltaica, su información, su implementación e innovación.
- En general las celdas fotovoltaicas tienen un mantenimiento bajo y una larga vida, sus componentes de electrónica son de estado sólido.
- Los sistemas fotovoltaicos se pueden combinar con otros tipos de sistemas eléctricos, por ejemplo: el sistema a base de energía eólica y de esta manera satisfacer la demanda.
- Sabemos que es un proyecto sencillo, pero de gran utilidad para la actualidad y mantener la idea de desarrollo sustentable.



Anexo 1:

### Anexo 1:

Time	Trend		(kW)	kWh		Time	Trend		(kW)	kWh
4/08/15	10:00:00	PM	38.625	6.4375	kW promedio 71.47377622 kWh diarios 1703.458333	4/9/15	10:00:00	PM	41.25	6.875
4/08/15	10:10:00	PM	36.375	6.0625		4/9/15	10:10:00	PM	46.125	7.6875
4/08/15	10:20:00	PM	35.625	5.9375	kW promedio 60.74475524 kWh diarios 1447.75	4/9/15	10:20:00	PM	36.125	6.020833
4/08/15	10:30:00	PM	33.25	5.54167		4/9/15	10:30:00	PM	41.25	6.875
4/08/15	10:40:00	PM	34.375	5.72917	4/9/15	10:40:00	PM	40.375	6.729167	
4/08/15	10:50:00	PM	34.875	5.8125	4/9/15	10:50:00	PM	34.125	5.6875	
4/08/15	11:00:00	PM	33.125	5.52083	4/9/15	11:00:00	PM	36.625	6.104167	
4/08/15	11:10:00	PM	27.75	4.625	4/9/15	11:10:00	PM	28.25	4.708333	
4/08/15	11:20:00	PM	27.375	4.5625	4/9/15	11:20:00	PM	31.25	5.208333	
4/08/15	11:30:00	PM	28.25	4.70833	4/9/15	11:30:00	PM	29.25	4.875	
4/08/15	11:40:00	PM	27.125	4.52083	4/9/15	11:40:00	PM	30.125	5.020833	
4/08/15	11:50:00	PM	29.5	4.91667	4/9/15	11:50:00	PM	30.375	5.0625	
4/09/15	12:00:00	AM	31.25	5.20833	4/10/15	12:00:00	AM	33.375	5.5625	
4/09/15	12:10:00	AM	18.375	3.0625	4/10/15	12:10:00	AM	26.125	4.354167	
4/09/15	12:20:00	AM	30.625	5.10417	4/10/15	12:20:00	AM	32.125	5.354167	
4/09/15	12:30:00	AM	26.875	4.47917	4/10/15	12:30:00	AM	28.875	4.8125	
4/09/15	12:40:00	AM	19.375	3.22917	4/10/15	12:40:00	AM	31.125	5.1875	
4/09/15	12:50:00	AM	16.375	2.72917	4/10/15	12:50:00	AM	30.125	5.020833	
4/09/15	01:00:00	AM	19.625	3.27083	4/10/15	01:00:00	AM	25.5	4.25	
4/09/15	01:10:00	AM	18.25	3.04167	4/10/15	01:10:00	AM	28.25	4.708333	
4/09/15	01:20:00	AM	16.25	2.70833	4/10/15	01:20:00	AM	25.625	4.270833	
4/09/15	01:30:00	AM	18.25	3.04167	4/10/15	01:30:00	AM	27.75	4.625	
4/09/15	01:40:00	AM	17.125	2.85417	4/10/15	01:40:00	AM	31.75	5.291667	
4/09/15	01:50:00	AM	29.625	4.9375	4/10/15	01:50:00	AM	31	5.166667	
4/09/15	02:00:00	AM	29.875	4.97917	4/10/15	02:00:00	AM	27.75	4.625	
4/09/15	02:10:00	AM	18.25	3.04167	4/10/15	02:10:00	AM	27.75	4.625	
4/09/15	02:20:00	AM	19.375	3.22917	4/10/15	02:20:00	AM	28.875	4.8125	
4/09/15	02:30:00	AM	19.25	3.20833	4/10/15	02:30:00	AM	28.375	4.729167	
4/09/15	02:40:00	AM	17.625	2.9375	4/10/15	02:40:00	AM	27.375	4.5625	
4/09/15	02:50:00	AM	18.25	3.04167	4/10/15	02:50:00	AM	27.375	4.5625	
4/09/15	03:00:00	AM	16.25	2.70833	4/10/15	03:00:00	AM	31	5.166667	
4/09/15	03:10:00	AM	19.375	3.22917	4/10/15	03:10:00	AM	28.75	4.791667	
4/09/15	03:20:00	AM	26.75	4.45833	4/10/15	03:20:00	AM	28.25	4.708333	
4/09/15	03:30:00	AM	18.25	3.04167	4/10/15	03:30:00	AM	31.125	5.1875	
4/09/15	03:40:00	AM	29.875	4.97917	4/10/15	03:40:00	AM	31.25	5.208333	

## Anexo 1:

4/09/15	03:50:00	AM	17.125	2.85417	4/10/15	03:50:00	AM	27.5	4.583333
4/09/15	04:00:00	AM	18.125	3.02083	4/10/15	04:00:00	AM	25.875	4.3125
4/09/15	04:10:00	AM	18.375	3.0625	4/10/15	04:10:00	AM	28	4.666667
4/09/15	04:20:00	AM	16.25	2.70833	4/10/15	04:20:00	AM	31	5.166667
4/09/15	04:30:00	AM	18.375	3.0625	4/10/15	04:30:00	AM	24.875	4.145833
4/09/15	04:40:00	AM	19.625	3.27083	4/10/15	04:40:00	AM	28.75	4.791667
4/09/15	04:50:00	AM	18.125	3.02083	4/10/15	04:50:00	AM	25.625	4.270833
4/09/15	05:00:00	AM	21.125	3.52083	4/10/15	05:00:00	AM	27.375	4.5625
4/09/15	05:10:00	AM	30.25	5.04167	4/10/15	05:10:00	AM	27.5	4.583333
4/09/15	05:20:00	AM	19.5	3.25	4/10/15	05:20:00	AM	24.875	4.145833
4/09/15	05:30:00	AM	18.5	3.08333	4/10/15	05:30:00	AM	28.375	4.729167
4/09/15	05:40:00	AM	16.25	2.70833	4/10/15	05:40:00	AM	25	4.166667
4/09/15	05:50:00	AM	20.25	3.375	4/10/15	05:50:00	AM	27.375	4.5625
4/09/15	06:00:00	AM	21.625	3.60417	4/10/15	06:00:00	AM	27.625	4.604167
4/09/15	06:10:00	AM	28.125	4.6875	4/10/15	06:10:00	AM	26.875	4.479167
4/09/15	06:20:00	AM	17.25	2.875	4/10/15	06:20:00	AM	26.375	4.395833
4/09/15	06:30:00	AM	29.875	4.97917	4/10/15	06:30:00	AM	31.75	5.291667
4/09/15	06:40:00	AM	26.625	4.4375	4/10/15	06:40:00	AM	28.5	4.75
4/09/15	06:50:00	AM	23.125	3.85417	4/10/15	06:50:00	AM	36.375	6.0625
4/09/15	07:00:00	AM	24.75	4.125	4/10/15	07:00:00	AM	28.625	4.770833
4/09/15	07:10:00	AM	30.625	5.10417	4/10/15	07:10:00	AM	30.375	5.0625
4/09/15	07:20:00	AM	27.75	4.625	4/10/15	07:20:00	AM	29.5	4.916667
4/09/15	07:30:00	AM	28.75	4.79167	4/10/15	07:30:00	AM	30.875	5.145833
4/09/15	07:40:00	AM	46.125	7.6875	4/10/15	07:40:00	AM	32.875	5.479167
4/09/15	07:50:00	AM	27.75	4.625	4/10/15	07:50:00	AM	28.875	4.8125
4/09/15	08:00:00	AM	32.125	5.35417	4/10/15	08:00:00	AM	46.125	7.6875
4/09/15	08:10:00	AM	44	7.33333	4/10/15	08:10:00	AM	48.375	8.0625
4/09/15	08:20:00	AM	50.625	8.4375	4/10/15	08:20:00	AM	58	9.666667
4/09/15	08:30:00	AM	124.63	20.7708	4/10/15	08:30:00	AM	130.75	21.79167
4/09/15	08:40:00	AM	154.75	25.7917	4/10/15	08:40:00	AM	143	23.83333
4/09/15	08:50:00	AM	121.25	20.2083	4/10/15	08:50:00	AM	118.5	19.75
4/09/15	09:00:00	AM	101.63	16.9375	4/10/15	09:00:00	AM	105.75	17.625
4/09/15	09:10:00	AM	101.63	16.9375	4/10/15	09:10:00	AM	98.75	16.45833
4/09/15	09:20:00	AM	121.5	20.25	4/10/15	09:20:00	AM	86.25	14.375
4/09/15	09:30:00	AM	109	18.1667	4/10/15	09:30:00	AM	100.25	16.70833
4/09/15	09:40:00	AM	104.25	17.375	4/10/15	09:40:00	AM	98.375	16.39583
4/09/15	09:50:00	AM	82.25	13.7083	4/10/15	09:50:00	AM	112.5	18.75

## Anexo 1:

4/09/15	10:00:00	AM	88.5	14.75	4/10/15	10:00:00	AM	94.5	15.75
4/09/15	10:10:00	AM	107.5	17.9167	4/10/15	10:10:00	AM	114.75	19.125
4/09/15	10:20:00	AM	79.5	13.25	4/10/15	10:20:00	AM	113.13	18.85417
4/09/15	10:30:00	AM	99.125	16.5208	4/10/15	10:30:00	AM	87.25	14.54167
4/09/15	10:40:00	AM	106.75	17.7917	4/10/15	10:40:00	AM	119.13	19.85417
4/09/15	10:50:00	AM	117.88	19.6458	4/10/15	10:50:00	AM	110.25	18.375
4/09/15	11:00:00	AM	114.13	19.0208	4/10/15	11:00:00	AM	122.88	20.47917
4/09/15	11:10:00	AM	109.25	18.2083	4/10/15	11:10:00	AM	115.75	19.29167
4/09/15	11:20:00	AM	96.75	16.125	4/10/15	11:20:00	AM	138.88	23.14583
4/09/15	11:30:00	AM	113	18.8333	4/10/15	11:30:00	AM	120.25	20.04167
4/09/15	11:40:00	AM	83.625	13.9375	4/10/15	11:40:00	AM	120.63	20.10417
4/09/15	11:50:00	AM	112.13	18.6875	4/10/15	11:50:00	AM	84.875	14.14583
4/09/15	12:00:00	PM	107.63	17.9375	4/10/15	12:00:00	PM	119.25	19.875
4/09/15	12:10:00	PM	97.875	16.3125	4/10/15	12:10:00	PM	112	18.66667
4/09/15	12:20:00	PM	111.75	18.625	4/10/15	12:20:00	PM	104.25	17.375
4/09/15	12:30:00	PM	130.88	21.8125	4/10/15	12:30:00	PM	124.88	20.8125
4/09/15	12:40:00	PM	108.75	18.125	4/10/15	12:40:00	PM	131.63	21.9375
4/09/15	12:50:00	PM	121.5	20.25	4/10/15	12:50:00	PM	113.38	18.89583
4/09/15	01:00:00	PM	109.5	18.25	4/10/15	01:00:00	PM	102.25	17.04167
4/09/15	01:10:00	PM	133	22.1667	4/10/15	01:10:00	PM	134	22.33333
4/09/15	01:20:00	PM	118.63	19.7708	4/10/15	01:20:00	PM	126.38	21.0625
4/09/15	01:30:00	PM	132.25	22.0417	4/10/15	01:30:00	PM	117.5	19.58333
4/09/15	01:40:00	PM	133.63	22.2708	4/10/15	01:40:00	PM	117.13	19.52083
4/09/15	01:50:00	PM	164.88	27.4792	4/10/15	01:50:00	PM	135.25	22.54167
4/09/15	02:00:00	PM	133.75	22.2917	4/10/15	02:00:00	PM	95	15.83333
4/09/15	02:10:00	PM	119.38	19.8958	4/10/15	02:10:00	PM	129	21.5
4/09/15	02:20:00	PM	136.63	22.7708	4/10/15	02:20:00	PM	117.88	19.64583
4/09/15	02:30:00	PM	129.13	21.5208	4/10/15	02:30:00	PM	98	16.33333
4/09/15	02:40:00	PM	139.5	23.25	4/10/15	02:40:00	PM	130.5	21.75
4/09/15	02:50:00	PM	122.63	20.4375	4/10/15	02:50:00	PM	130.38	21.72917
4/09/15	03:00:00	PM	138.38	23.0625	4/10/15	03:00:00	PM	129.75	21.625
4/09/15	03:10:00	PM	96.375	16.0625	4/10/15	03:10:00	PM	67.75	11.29167
4/09/15	03:20:00	PM	146.75	24.4583	4/10/15	03:20:00	PM	55.625	9.270833
4/09/15	03:30:00	PM	128.63	21.4375	4/10/15	03:30:00	PM	63.25	10.54167
4/09/15	03:40:00	PM	141.88	23.6458	4/10/15	03:40:00	PM	68.75	11.45833
4/09/15	03:50:00	PM	129.63	21.6042	4/10/15	03:50:00	PM	58.875	9.8125
4/09/15	04:00:00	PM	174	29	4/10/15	04:00:00	PM	57.5	9.583333

## Anexo 1:

4/09/15	04:10:00	PM	129.25	21.5417
4/09/15	04:20:00	PM	183.13	30.5208
4/09/15	04:30:00	PM	115.63	19.2708
4/09/15	04:40:00	PM	171.75	28.625
4/09/15	04:50:00	PM	128.63	21.4375
4/09/15	05:00:00	PM	144	24
4/09/15	05:10:00	PM	123.88	20.6458
4/09/15	05:20:00	PM	141.63	23.6042
4/09/15	05:30:00	PM	125.38	20.8958
4/09/15	05:40:00	PM	100.63	16.7708
4/09/15	05:50:00	PM	124.13	20.6875
4/09/15	06:00:00	PM	104.63	17.4375
4/09/15	06:10:00	PM	121	20.1667
4/09/15	06:20:00	PM	105.63	17.6042
4/09/15	06:30:00	PM	123	20.5
4/09/15	06:40:00	PM	105	17.5
4/09/15	06:50:00	PM	119.88	19.9792
4/09/15	07:00:00	PM	92.375	15.3958
4/09/15	07:10:00	PM	111.75	18.625
4/09/15	07:20:00	PM	71.75	11.9583
4/09/15	07:30:00	PM	95	15.8333
4/09/15	07:40:00	PM	48.125	8.02083
4/09/15	07:50:00	PM	51.625	8.60417
4/09/15	08:00:00	PM	67.625	11.2708
4/09/15	08:10:00	PM	54.625	9.10417
4/09/15	08:20:00	PM	47.875	7.97917
4/09/15	08:30:00	PM	52.25	8.70833
4/09/15	08:40:00	PM	46.125	7.6875
4/09/15	08:50:00	PM	45.125	7.52083
4/09/15	09:00:00	PM	43.75	7.29167
4/09/15	09:10:00	PM	46	7.66667
4/09/15	09:20:00	PM	46.375	7.72917
4/09/15	09:30:00	PM	41.25	6.875
4/09/15	09:40:00	PM	43.75	7.29167

4/10/15	04:10:00	PM	61	10.16667
4/10/15	04:20:00	PM	61.375	10.22917
4/10/15	04:30:00	PM	58.75	9.791667
4/10/15	04:40:00	PM	62.5	10.41667
4/10/15	04:50:00	PM	62.375	10.39583
4/10/15	05:00:00	PM	54.875	9.145833
4/10/15	05:10:00	PM	54.25	9.041667
4/10/15	05:20:00	PM	55.75	9.291667
4/10/15	05:30:00	PM	58.375	9.729167
4/10/15	05:40:00	PM	56.5	9.416667
4/10/15	05:50:00	PM	55.125	9.1875
4/10/15	06:00:00	PM	53.5	8.916667
4/10/15	06:10:00	PM	53.25	8.875
4/10/15	06:20:00	PM	57.875	9.645833
4/10/15	06:30:00	PM	57.125	9.520833
4/10/15	06:40:00	PM	53.375	8.895833
4/10/15	06:50:00	PM	63.375	10.5625
4/10/15	07:00:00	PM	55.5	9.25
4/10/15	07:10:00	PM	53.75	8.958333
4/10/15	07:20:00	PM	52.375	8.729167
4/10/15	07:30:00	PM	40	6.666667
4/10/15	07:40:00	PM	55.375	9.229167
4/10/15	07:50:00	PM	39.625	6.604167
4/10/15	08:00:00	PM	56.75	9.458333
4/10/15	08:10:00	PM	41	6.833333
4/10/15	08:20:00	PM	42.625	7.104167
4/10/15	08:30:00	PM	42.125	7.020833
4/10/15	08:40:00	PM	47.125	7.854167
4/10/15	08:50:00	PM	42.375	7.0625
4/10/15	09:00:00	PM	42.625	7.104167
4/10/15	09:10:00	PM	40.375	6.729167
4/10/15	09:20:00	PM	43	7.166667
4/10/15	09:30:00	PM	40.5	6.75
4/10/15	09:40:00	PM	37.625	6.270833

Anexo 1:

Time	Trend		(kW)	kWh		Time	Trend		(kW)	kWh
4/12/15	10:10:00	PM	19.5	3.25	kW promedio 71.37325175 kWh diarios 1701.0625	4/13/15	10:00:00	PM	33.25	5.541667
4/12/15	10:20:00	PM	19.5	3.25		4/13/15	10:10:00	PM	33.5	5.583333
4/12/15	10:30:00	PM	29.75	4.95833	kW promedio 73.09353147 kWh diarios 1742.0625	4/13/15	10:20:00	PM	26	4.333333
4/12/15	10:40:00	PM	29	4.83333		4/13/15	10:30:00	PM	25.375	4.229167
4/12/15	10:50:00	PM	23.25	3.875	4/13/15	10:40:00	PM	28	4.666667	
4/12/15	11:00:00	PM	18	3	4/13/15	10:50:00	PM	33.5	5.583333	
4/12/15	11:10:00	PM	18.375	3.0625	4/13/15	11:00:00	PM	32.25	5.375	
4/12/15	11:20:00	PM	19.25	3.20833	4/13/15	11:10:00	PM	27.75	4.625	
4/12/15	11:30:00	PM	26.625	4.4375	4/13/15	11:20:00	PM	27.75	4.625	
4/12/15	11:40:00	PM	19.75	3.29167	4/13/15	11:30:00	PM	33.625	5.604167	
4/12/15	11:50:00	PM	25	4.16667	4/13/15	11:40:00	PM	33.5	5.583333	
4/13/15	12:00:00	AM	17.5	2.91667	4/13/15	11:50:00	PM	26.25	4.375	
4/13/15	12:10:00	AM	29.75	4.95833	4/14/15	12:00:00	AM	30.5	5.083333	
4/13/15	12:20:00	AM	27.875	4.64583	4/14/15	12:10:00	AM	16.625	2.770833	
4/13/15	12:30:00	AM	20.75	3.45833	4/14/15	12:20:00	AM	18.625	3.104167	
4/13/15	12:40:00	AM	17	2.83333	4/14/15	12:30:00	AM	19.75	3.291667	
4/13/15	12:50:00	AM	17.875	2.97917	4/14/15	12:40:00	AM	18.5	3.083333	
4/13/15	01:00:00	AM	18.5	3.08333	4/14/15	12:50:00	AM	28.75	4.791667	
4/13/15	01:10:00	AM	24.75	4.125	4/14/15	01:00:00	AM	21	3.5	
4/13/15	01:20:00	AM	19.625	3.27083	4/14/15	01:10:00	AM	19.5	3.25	
4/13/15	01:30:00	AM	18.5	3.08333	4/14/15	01:20:00	AM	28.625	4.770833	
4/13/15	01:40:00	AM	18	3	4/14/15	01:30:00	AM	21.875	3.645833	
4/13/15	01:50:00	AM	30.125	5.02083	4/14/15	01:40:00	AM	18.875	3.145833	
4/13/15	02:00:00	AM	26.625	4.4375	4/14/15	01:50:00	AM	19.375	3.229167	
4/13/15	02:10:00	AM	27	4.5	4/14/15	02:00:00	AM	17.5	2.916667	
4/13/15	02:20:00	AM	30	5	4/14/15	02:10:00	AM	19.875	3.3125	
4/13/15	02:30:00	AM	25.5	4.25	4/14/15	02:20:00	AM	30.375	5.0625	
4/13/15	02:40:00	AM	17.875	2.97917	4/14/15	02:30:00	AM	18.875	3.145833	
4/13/15	02:50:00	AM	20.625	3.4375	4/14/15	02:40:00	AM	18.5	3.083333	
4/13/15	03:00:00	AM	17	2.83333	4/14/15	02:50:00	AM	21.125	3.520833	
4/13/15	03:10:00	AM	18.5	3.08333	4/14/15	03:00:00	AM	16.625	2.770833	
4/13/15	03:20:00	AM	18.5	3.08333	4/14/15	03:10:00	AM	18.625	3.104167	
4/13/15	03:30:00	AM	26.5	4.41667	4/14/15	03:20:00	AM	30.75	5.125	
4/13/15	03:40:00	AM	19	3.16667	4/14/15	03:30:00	AM	25.75	4.291667	
4/13/15	03:50:00	AM	19.5	3.25	4/14/15	03:40:00	AM	31.125	5.1875	

## Anexo 1:

4/13/15	04:00:00	AM	29.75	4.95833	4/14/15	03:50:00	AM	21.375	3.5625
4/13/15	04:10:00	AM	19.5	3.25	4/14/15	04:00:00	AM	18.625	3.104167
4/13/15	04:20:00	AM	30.625	5.10417	4/14/15	04:10:00	AM	16.5	2.75
4/13/15	04:30:00	AM	28	4.66667	4/14/15	04:20:00	AM	31	5.166667
4/13/15	04:40:00	AM	18.375	3.0625	4/14/15	04:30:00	AM	31	5.166667
4/13/15	04:50:00	AM	18.375	3.0625	4/14/15	04:40:00	AM	27.5	4.583333
4/13/15	05:00:00	AM	18.125	3.02083	4/14/15	04:50:00	AM	30.25	5.041667
4/13/15	05:10:00	AM	27.75	4.625	4/14/15	05:00:00	AM	16.625	2.770833
4/13/15	05:20:00	AM	22.625	3.77083	4/14/15	05:10:00	AM	19.5	3.25
4/13/15	05:30:00	AM	18.625	3.10417	4/14/15	05:20:00	AM	18.5	3.083333
4/13/15	05:40:00	AM	26.875	4.47917	4/14/15	05:30:00	AM	18.625	3.104167
4/13/15	05:50:00	AM	30.5	5.08333	4/14/15	05:40:00	AM	27.75	4.625
4/13/15	06:00:00	AM	28	4.66667	4/14/15	05:50:00	AM	25.25	4.208333
4/13/15	06:10:00	AM	29.75	4.95833	4/14/15	06:00:00	AM	23	3.833333
4/13/15	06:20:00	AM	28.5	4.75	4/14/15	06:10:00	AM	21.75	3.625
4/13/15	06:30:00	AM	28.125	4.6875	4/14/15	06:20:00	AM	31.375	5.229167
4/13/15	06:40:00	AM	23.375	3.89583	4/14/15	06:30:00	AM	19	3.166667
4/13/15	06:50:00	AM	30.875	5.14583	4/14/15	06:40:00	AM	30.5	5.083333
4/13/15	07:00:00	AM	30.75	5.125	4/14/15	06:50:00	AM	32.25	5.375
4/13/15	07:10:00	AM	26.875	4.47917	4/14/15	07:00:00	AM	25.25	4.208333
4/13/15	07:20:00	AM	30.25	5.04167	4/14/15	07:10:00	AM	25.875	4.3125
4/13/15	07:30:00	AM	33	5.5	4/14/15	07:20:00	AM	30.375	5.0625
4/13/15	07:40:00	AM	30.625	5.10417	4/14/15	07:30:00	AM	36.5	6.083333
4/13/15	07:50:00	AM	46	7.66667	4/14/15	07:40:00	AM	42.5	7.083333
4/13/15	08:00:00	AM	36.125	6.02083	4/14/15	07:50:00	AM	32.375	5.395833
4/13/15	08:10:00	AM	54.5	9.08333	4/14/15	08:00:00	AM	30.875	5.145833
4/13/15	08:20:00	AM	52.875	8.8125	4/14/15	08:10:00	AM	44.375	7.395833
4/13/15	08:30:00	AM	128.13	21.3542	4/14/15	08:20:00	AM	59.75	9.958333
4/13/15	08:40:00	AM	133.63	22.2708	4/14/15	08:30:00	AM	126.38	21.0625
4/13/15	08:50:00	AM	138.38	23.0625	4/14/15	08:40:00	AM	149.75	24.95833
4/13/15	09:00:00	AM	99.25	16.5417	4/14/15	08:50:00	AM	111.75	18.625
4/13/15	09:10:00	AM	77.125	12.8542	4/14/15	09:00:00	AM	116.13	19.35417
4/13/15	09:20:00	AM	101.75	16.9583	4/14/15	09:10:00	AM	105.13	17.52083
4/13/15	09:30:00	AM	107.5	17.9167	4/14/15	09:20:00	AM	114.75	19.125
4/13/15	09:40:00	AM	118.88	19.8125	4/14/15	09:30:00	AM	90	15
4/13/15	09:50:00	AM	104.63	17.4375	4/14/15	09:40:00	AM	115.25	19.20833
4/13/15	10:00:00	AM	98.25	16.375	4/14/15	09:50:00	AM	106.63	17.77083

## Anexo 1:

4/13/15	10:10:00	AM	99.625	16.6042	4/14/15	10:00:00	AM	109.88	18.3125
4/13/15	10:20:00	AM	82.125	13.6875	4/14/15	10:10:00	AM	118.5	19.75
4/13/15	10:30:00	AM	106.63	17.7708	4/14/15	10:20:00	AM	95.5	15.91667
4/13/15	10:40:00	AM	116.5	19.4167	4/14/15	10:30:00	AM	106.75	17.79167
4/13/15	10:50:00	AM	110.13	18.3542	4/14/15	10:40:00	AM	121.75	20.29167
4/13/15	11:00:00	AM	108.5	18.0833	4/14/15	10:50:00	AM	96	16
4/13/15	11:10:00	AM	105.75	17.625	4/14/15	11:00:00	AM	122.13	20.35417
4/13/15	11:20:00	AM	106.13	17.6875	4/14/15	11:10:00	AM	124.63	20.77083
4/13/15	11:30:00	AM	117.75	19.625	4/14/15	11:20:00	AM	128.13	21.35417
4/13/15	11:40:00	AM	96.875	16.1458	4/14/15	11:30:00	AM	124.5	20.75
4/13/15	11:50:00	AM	136.63	22.7708	4/14/15	11:40:00	AM	118.38	19.72917
4/13/15	12:00:00	PM	113.13	18.8542	4/14/15	11:50:00	AM	99.75	16.625
4/13/15	12:10:00	PM	114.13	19.0208	4/14/15	12:00:00	PM	107.5	17.91667
4/13/15	12:20:00	PM	127.5	21.25	4/14/15	12:10:00	PM	124.13	20.6875
4/13/15	12:30:00	PM	132	22	4/14/15	12:20:00	PM	128.5	21.41667
4/13/15	12:40:00	PM	81.75	13.625	4/14/15	12:30:00	PM	131.63	21.9375
4/13/15	12:50:00	PM	120.13	20.0208	4/14/15	12:40:00	PM	132.38	22.0625
4/13/15	01:00:00	PM	134.63	22.4375	4/14/15	12:50:00	PM	126.75	21.125
4/13/15	01:10:00	PM	120	20	4/14/15	01:00:00	PM	124.38	20.72917
4/13/15	01:20:00	PM	142.5	23.75	4/14/15	01:10:00	PM	132.63	22.10417
4/13/15	01:30:00	PM	97.75	16.2917	4/14/15	01:20:00	PM	147.88	24.64583
4/13/15	01:40:00	PM	129.75	21.625	4/14/15	01:30:00	PM	111.75	18.625
4/13/15	01:50:00	PM	130.75	21.7917	4/14/15	01:40:00	PM	135.88	22.64583
4/13/15	02:00:00	PM	134.75	22.4583	4/14/15	01:50:00	PM	107.38	17.89583
4/13/15	02:10:00	PM	133.13	22.1875	4/14/15	02:00:00	PM	137.5	22.91667
4/13/15	02:20:00	PM	119	19.8333	4/14/15	02:10:00	PM	128.88	21.47917
4/13/15	02:30:00	PM	136.13	22.6875	4/14/15	02:20:00	PM	132.5	22.08333
4/13/15	02:40:00	PM	124.13	20.6875	4/14/15	02:30:00	PM	128.13	21.35417
4/13/15	02:50:00	PM	129.13	21.5208	4/14/15	02:40:00	PM	129.38	21.5625
4/13/15	03:00:00	PM	130.25	21.7083	4/14/15	02:50:00	PM	135.13	22.52083
4/13/15	03:10:00	PM	112.75	18.7917	4/14/15	03:00:00	PM	137.25	22.875
4/13/15	03:20:00	PM	132.75	22.125	4/14/15	03:10:00	PM	110.25	18.375
4/13/15	03:30:00	PM	150.38	25.0625	4/14/15	03:20:00	PM	142.25	23.70833
4/13/15	03:40:00	PM	128.13	21.3542	4/14/15	03:30:00	PM	128.63	21.4375
4/13/15	03:50:00	PM	142.5	23.75	4/14/15	03:40:00	PM	107	17.83333
4/13/15	04:00:00	PM	102.63	17.1042	4/14/15	03:50:00	PM	135.5	22.58333
4/13/15	04:10:00	PM	159.75	26.625	4/14/15	04:00:00	PM	132.13	22.02083

## Anexo 1:

4/13/15	04:20:00	PM	120.5	20.0833
4/13/15	04:30:00	PM	137.38	22.8958
4/13/15	04:40:00	PM	120	20
4/13/15	04:50:00	PM	137.63	22.9375
4/13/15	05:00:00	PM	117.75	19.625
4/13/15	05:10:00	PM	117.13	19.5208
4/13/15	05:20:00	PM	140.25	23.375
4/13/15	05:30:00	PM	121	20.1667
4/13/15	05:40:00	PM	125	20.8333
4/13/15	05:50:00	PM	93.75	15.625
4/13/15	06:00:00	PM	121.63	20.2708
4/13/15	06:10:00	PM	112.5	18.75
4/13/15	06:20:00	PM	106.38	17.7292
4/13/15	06:30:00	PM	114.25	19.0417
4/13/15	06:39:00	PM	121.75	20.2917
4/13/15	06:40:00	PM	118.5	19.75
4/13/15	06:50:00	PM	110.38	18.3958
4/13/15	07:00:00	PM	125	20.8333
4/13/15	07:10:00	PM	107.5	17.9167
4/13/15	07:20:00	PM	93.875	15.6458
4/13/15	07:30:00	PM	73.5	12.25
4/13/15	07:40:00	PM	66.125	11.0208
4/13/15	07:50:00	PM	49.5	8.25
4/13/15	08:00:00	PM	66.5	11.0833
4/13/15	08:10:00	PM	42.125	7.02083
4/13/15	08:20:00	PM	62.625	10.4375
4/13/15	08:30:00	PM	44.25	7.375
4/13/15	08:40:00	PM	47.75	7.95833
4/13/15	08:50:00	PM	44.625	7.4375
4/13/15	09:00:00	PM	45.75	7.625
4/13/15	09:10:00	PM	36.875	6.14583
4/13/15	09:20:00	PM	44.75	7.45833
4/13/15	09:30:00	PM	34.875	5.8125
4/13/15	09:40:00	PM	37.875	6.3125

4/14/15	04:10:00	PM	111.63	18.60417
4/14/15	04:20:00	PM	136.88	22.8125
4/14/15	04:30:00	PM	114.5	19.08333
4/14/15	04:40:00	PM	182.25	30.375
4/14/15	04:50:00	PM	148.38	24.72917
4/14/15	05:00:00	PM	111.88	18.64583
4/14/15	05:10:00	PM	136.75	22.79167
4/14/15	05:20:00	PM	127.25	21.20833
4/14/15	05:30:00	PM	136.63	22.77083
4/14/15	05:40:00	PM	137.88	22.97917
4/14/15	05:50:00	PM	105.63	17.60417
4/14/15	06:00:00	PM	120.25	20.04167
4/14/15	06:10:00	PM	129	21.5
4/14/15	06:20:00	PM	93.25	15.54167
4/14/15	06:30:00	PM	120	20
4/14/15	06:40:00	PM	127.63	21.27083
4/14/15	06:50:00	PM	120.88	20.14583
4/14/15	07:00:00	PM	120.25	20.04167
4/14/15	07:10:00	PM	110.63	18.4375
4/14/15	07:20:00	PM	86.25	14.375
4/14/15	07:30:00	PM	85.125	14.1875
4/14/15	07:40:00	PM	51	8.5
4/14/15	07:50:00	PM	74.5	12.41667
4/14/15	08:00:00	PM	65.5	10.91667
4/14/15	08:10:00	PM	70.125	11.6875
4/14/15	08:20:00	PM	46.125	7.6875
4/14/15	08:30:00	PM	44	7.333333
4/14/15	08:40:00	PM	42.75	7.125
4/14/15	08:50:00	PM	44.5	7.416667
4/14/15	09:00:00	PM	45.25	7.541667
4/14/15	09:10:00	PM	36	6
4/14/15	09:20:00	PM	38.125	6.354167
4/14/15	09:30:00	PM	37.25	6.208333
4/14/15	09:40:00	PM	37.375	6.229167

### Anexo 1:

Time	Trend		(kW)	kWh		Time	Trend		(kW)	kWh
4/14/15	09:40:00	PM	37.375	6.22917	kW 77.0603146 promedio 9 kWh 1836.60416 diarios 7	4/15/15	10:20:00	PM	38.625	6.4375
4/14/15	09:50:00	PM	40.875	6.8125		4/15/15	10:30:00	PM	39.25	6.541667
4/14/15	10:00:00	PM	34.5	5.75		4/15/15	10:40:00	PM	36.125	6.020833
4/14/15	10:10:00	PM	35.5	5.91667		4/15/15	10:50:00	PM	34.25	5.708333
4/14/15	10:20:00	PM	31.5	5.25		4/15/15	11:00:00	PM	34.625	5.770833
4/14/15	10:30:00	PM	30.5	5.08333		4/15/15	11:10:00	PM	33.125	5.520833
4/14/15	10:40:00	PM	31.625	5.27083		4/15/15	11:20:00	PM	30.375	5.0625
4/14/15	10:50:00	PM	27.75	4.625	kW 75.9991197 promedio 2 kWh 1798.64583 diarios 3	4/15/15	11:30:00	PM	30.375	5.0625
4/14/15	11:00:00	PM	29.125	4.85417		4/15/15	11:40:00	PM	27.75	4.625
4/14/15	11:10:00	PM	28.625	4.77083		4/15/15	11:50:00	PM	27.875	4.645833
4/14/15	11:20:00	PM	27.875	4.64583	4/16/15	12:00:00	AM	28.75	4.791667	
4/14/15	11:30:00	PM	26.75	4.45833	4/16/15	12:10:00	AM	30.875	5.145833	
4/14/15	11:40:00	PM	27.875	4.64583	4/16/15	12:20:00	AM	20.25	3.375	
4/14/15	11:50:00	PM	28	4.66667	4/16/15	12:30:00	AM	31	5.166667	
4/15/15	12:00:00	AM	29.125	4.85417	4/16/15	12:40:00	AM	30.25	5.041667	
4/15/15	12:10:00	AM	16.625	2.77083	4/16/15	12:50:00	AM	30.125	5.020833	
4/15/15	12:20:00	AM	19.375	3.22917	4/16/15	01:00:00	AM	31.875	5.3125	
4/15/15	12:30:00	AM	29.5	4.91667	4/16/15	01:10:00	AM	27.125	4.520833	
4/15/15	12:40:00	AM	16.875	2.8125	4/16/15	01:20:00	AM	22.625	3.770833	
4/15/15	12:50:00	AM	30	5	4/16/15	01:30:00	AM	24.375	4.0625	
4/15/15	01:00:00	AM	23.625	3.9375	4/16/15	01:40:00	AM	18.625	3.104167	
4/15/15	01:10:00	AM	19	3.16667	4/16/15	01:50:00	AM	19.5	3.25	
4/15/15	01:20:00	AM	19.75	3.29167	4/16/15	02:00:00	AM	18.375	3.0625	
4/15/15	01:30:00	AM	27	4.5	4/16/15	02:10:00	AM	16.375	2.729167	
4/15/15	01:40:00	AM	27.5	4.58333	4/16/15	02:20:00	AM	18.375	3.0625	
4/15/15	01:50:00	AM	21.75	3.625	4/16/15	02:30:00	AM	31.125	5.1875	
4/15/15	02:00:00	AM	20.125	3.35417	4/16/15	02:40:00	AM	23.125	3.854167	
4/15/15	02:10:00	AM	20.375	3.39583	4/16/15	02:50:00	AM	18.375	3.0625	
4/15/15	02:20:00	AM	18.25	3.04167	4/16/15	03:00:00	AM	27.125	4.520833	
4/15/15	02:30:00	AM	30.125	5.02083	4/16/15	03:10:00	AM	30	5	
4/15/15	02:40:00	AM	25.75	4.29167	4/16/15	03:20:00	AM	29.5	4.916667	
4/15/15	02:50:00	AM	31	5.16667	4/16/15	03:30:00	AM	23	3.833333	
4/15/15	03:00:00	AM	22.75	3.79167	4/16/15	03:40:00	AM	20.125	3.354167	

## Anexo 1:

4/15/15	03:10:00	AM	21	3.5	4/16/15	03:50:00	AM	18.625	3.104167
4/15/15	03:20:00	AM	25.625	4.27083	4/16/15	04:00:00	AM	27.25	4.541667
4/15/15	03:30:00	AM	16.5	2.75	4/16/15	04:10:00	AM	19.5	3.25
4/15/15	03:40:00	AM	31.75	5.29167	4/16/15	04:20:00	AM	16.375	2.729167
4/15/15	03:50:00	AM	16.75	2.79167	4/16/15	04:30:00	AM	18.375	3.0625
4/15/15	04:00:00	AM	27.125	4.52083	4/16/15	04:40:00	AM	22.5	3.75
4/15/15	04:10:00	AM	19.75	3.29167	4/16/15	04:50:00	AM	30.625	5.104167
4/15/15	04:20:00	AM	25.5	4.25	4/16/15	05:00:00	AM	25.75	4.291667
4/15/15	04:30:00	AM	21.125	3.52083	4/16/15	05:10:00	AM	23.25	3.875
4/15/15	04:40:00	AM	19.5	3.25	4/16/15	05:20:00	AM	29.125	4.854167
4/15/15	04:50:00	AM	16.5	2.75	4/16/15	05:30:00	AM	30.125	5.020833
4/15/15	05:00:00	AM	21.125	3.52083	4/16/15	05:40:00	AM	19.625	3.270833
4/15/15	05:10:00	AM	18.375	3.0625	4/16/15	05:50:00	AM	24.625	4.104167
4/15/15	05:20:00	AM	30.25	5.04167	4/16/15	06:00:00	AM	25	4.166667
4/15/15	05:30:00	AM	21.875	3.64583	4/16/15	06:10:00	AM	28	4.666667
4/15/15	05:40:00	AM	16.875	2.8125	4/16/15	06:20:00	AM	28.25	4.708333
4/15/15	05:50:00	AM	30.25	5.04167	4/16/15	06:30:00	AM	29.5	4.916667
4/15/15	06:00:00	AM	21.875	3.64583	4/16/15	06:40:00	AM	32.5	5.416667
4/15/15	06:10:00	AM	28	4.66667	4/16/15	06:50:00	AM	26	4.333333
4/15/15	06:20:00	AM	27.5	4.58333	4/16/15	07:00:00	AM	21.5	3.583333
4/15/15	06:30:00	AM	29	4.83333	4/16/15	07:10:00	AM	29	4.833333
4/15/15	06:40:00	AM	29.125	4.85417	4/16/15	07:20:00	AM	34	5.666667
4/15/15	06:50:00	AM	32	5.33333	4/16/15	07:30:00	AM	32.875	5.479167
4/15/15	07:00:00	AM	23.625	3.9375	4/16/15	07:40:00	AM	36.625	6.104167
4/15/15	07:10:00	AM	39.625	6.60417	4/16/15	07:50:00	AM	54.25	9.041667
4/15/15	07:20:00	AM	31.875	5.3125	4/16/15	08:00:00	AM	44.625	7.4375
4/15/15	07:30:00	AM	37.875	6.3125	4/16/15	08:10:00	AM	127	21.16667
4/15/15	07:40:00	AM	34.5	5.75	4/16/15	08:22:00	AM	123.38	20.5625
4/15/15	07:50:00	AM	47.375	7.89583	4/16/15	08:30:00	AM	96.75	16.125
4/15/15	08:00:00	AM	44.25	7.375	4/16/15	08:40:00	AM	112.75	18.79167
4/15/15	08:10:00	AM	123	20.5	4/16/15	08:50:00	AM	123.63	20.60417
4/15/15	08:20:00	AM	123.38	20.5625	4/16/15	09:00:00	AM	118.25	19.70833
4/15/15	08:30:00	AM	102.88	17.1458	4/16/15	09:10:00	AM	117.38	19.5625
4/15/15	08:40:00	AM	116	19.3333	4/16/15	09:20:00	AM	89.25	14.875
4/15/15	08:50:00	AM	97.375	16.2292	4/16/15	09:30:00	AM	118.38	19.72917
4/15/15	09:00:00	AM	123.25	20.5417	4/16/15	09:40:00	AM	116.13	19.35417
4/15/15	09:10:00	AM	108.38	18.0625	4/16/15	09:50:00	AM	99.5	16.58333

## Anexo 1:

4/15/15	09:20:00	AM	99.375	16.5625	4/16/15	10:00:00	AM	121.13	20.1875
4/15/15	09:30:00	AM	99.375	16.5625	4/16/15	10:10:00	AM	103.38	17.22917
4/15/15	09:40:00	AM	115.25	19.2083	4/16/15	10:20:00	AM	104.5	17.41667
4/15/15	09:50:00	AM	113.25	18.875	4/16/15	10:30:00	AM	101.25	16.875
4/15/15	10:00:00	AM	111.88	18.6458	4/16/15	10:40:00	AM	123.13	20.52083
4/15/15	10:10:00	AM	137.13	22.8542	4/16/15	10:50:00	AM	106	17.66667
4/15/15	10:20:00	AM	115.88	19.3125	4/16/15	11:00:00	AM	120.5	20.08333
4/15/15	10:30:00	AM	119.75	19.9583	4/16/15	11:10:00	AM	100.38	16.72917
4/15/15	10:40:00	AM	121.13	20.1875	4/16/15	11:20:00	AM	108.63	18.10417
4/15/15	10:50:00	AM	125.25	20.875	4/16/15	11:30:00	AM	102.5	17.08333
4/15/15	11:00:00	AM	118.63	19.7708	4/16/15	11:40:00	AM	119.63	19.9375
4/15/15	11:10:00	AM	129.38	21.5625	4/16/15	11:50:00	AM	127.38	21.22917
4/15/15	11:20:00	AM	128.75	21.4583	4/16/15	12:00:00	PM	127.5	21.25
4/15/15	11:30:00	AM	137.63	22.9375	4/16/15	12:10:00	PM	125	20.83333
4/15/15	11:40:00	AM	130.5	21.75	4/16/15	12:20:00	PM	126.88	21.14583
4/15/15	11:50:00	AM	129.25	21.5417	4/16/15	12:30:00	PM	130	21.66667
4/15/15	12:00:00	PM	140.25	23.375	4/16/15	12:40:00	PM	106.63	17.77083
4/15/15	12:10:00	PM	121.63	20.2708	4/16/15	12:50:00	PM	135.5	22.58333
4/15/15	12:20:00	PM	128	21.3333	4/16/15	01:00:00	PM	114.63	19.10417
4/15/15	12:30:00	PM	122.63	20.4375	4/16/15	01:10:00	PM	140	23.33333
4/15/15	12:40:00	PM	129.5	21.5833	4/16/15	01:20:00	PM	147.88	24.64583
4/15/15	12:50:00	PM	124.25	20.7083	4/16/15	01:30:00	PM	134.13	22.35417
4/15/15	01:00:00	PM	131.25	21.875	4/16/15	01:40:00	PM	129	21.5
4/15/15	01:10:00	PM	134.75	22.4583	4/16/15	01:50:00	PM	131.13	21.85417
4/15/15	01:20:00	PM	134.75	22.4583	4/16/15	02:00:00	PM	121.38	20.22917
4/15/15	01:30:00	PM	136.63	22.7708	4/16/15	02:10:00	PM	132.88	22.14583
4/15/15	01:40:00	PM	138.75	23.125	4/16/15	02:20:00	PM	130.13	21.6875
4/15/15	01:50:00	PM	134.25	22.375	4/16/15	02:30:00	PM	134.25	22.375
4/15/15	02:00:00	PM	135.38	22.5625	4/16/15	02:40:00	PM	117.38	19.5625
4/15/15	02:10:00	PM	132.88	22.1458	4/16/15	02:50:00	PM	160.13	26.6875
4/15/15	02:20:00	PM	164.25	27.375	4/16/15	03:00:00	PM	127.25	21.20833
4/15/15	02:30:00	PM	141.63	23.6042	4/16/15	03:10:00	PM	135.25	22.54167
4/15/15	02:40:00	PM	128.5	21.4167	4/16/15	03:20:00	PM	139.25	23.20833
4/15/15	02:50:00	PM	132.75	22.125	4/16/15	03:30:00	PM	132.63	22.10417
4/15/15	03:00:00	PM	130.5	21.75	4/16/15	03:40:00	PM	142.5	23.75
4/15/15	03:10:00	PM	129.25	21.5417	4/16/15	03:50:00	PM	109	18.16667
4/15/15	03:20:00	PM	117.5	19.5833	4/16/15	04:00:00	PM	139.5	23.25

## Anexo 1:

4/15/15	03:30:00	PM	128	21.3333
4/15/15	03:40:00	PM	138.63	23.1042
4/15/15	03:50:00	PM	128.5	21.4167
4/15/15	04:00:00	PM	132.5	22.0833
4/15/15	04:10:00	PM	174.75	29.125
4/15/15	04:20:00	PM	132.25	22.0417
4/15/15	04:30:00	PM	130.75	21.7917
4/15/15	04:40:00	PM	128.38	21.3958
4/15/15	04:50:00	PM	134	22.3333
4/15/15	05:00:00	PM	128.13	21.3542
4/15/15	05:10:00	PM	126.88	21.1458
4/15/15	05:20:00	PM	154.25	25.7083
4/15/15	05:30:00	PM	126.63	21.1042
4/15/15	05:40:00	PM	132.13	22.0208
4/15/15	05:50:00	PM	129.5	21.5833
4/15/15	06:00:00	PM	123.25	20.5417
4/15/15	06:10:00	PM	130.88	21.8125
4/15/15	06:20:00	PM	134.13	22.3542
4/15/15	06:30:00	PM	128.25	21.375
4/15/15	06:40:00	PM	129.63	21.6042
4/15/15	06:50:00	PM	132	22
4/15/15	07:00:00	PM	97	16.1667
4/15/15	07:10:00	PM	124.13	20.6875
4/15/15	07:20:00	PM	88.625	14.7708
4/15/15	07:30:00	PM	113.63	18.9375
4/15/15	07:40:00	PM	60.875	10.1458
4/15/15	07:50:00	PM	70.25	11.7083
4/15/15	08:00:00	PM	70.25	11.7083
4/15/15	08:10:00	PM	57.5	9.58333
4/15/15	08:20:00	PM	60.25	10.0417
4/15/15	08:30:00	PM	42.5	7.08333
4/15/15	08:40:00	PM	50.625	8.4375
4/15/15	08:50:00	PM	45	7.5
4/15/15	09:00:00	PM	46.75	7.79167
4/15/15	09:10:00	PM	39.625	6.60417
4/15/15	09:20:00	PM	40.5	6.75

4/16/15	04:10:00	PM	136.63	22.77083
4/16/15	04:20:00	PM	133.25	22.20833
4/16/15	04:30:00	PM	110.38	18.39583
4/16/15	04:40:00	PM	136.88	22.8125
4/16/15	04:50:00	PM	134.38	22.39583
4/16/15	05:00:00	PM	138.63	23.10417
4/16/15	05:10:00	PM	135.13	22.52083
4/16/15	05:20:00	PM	137.63	22.9375
4/16/15	05:30:00	PM	107.63	17.9375
4/16/15	05:40:00	PM	133.13	22.1875
4/16/15	05:50:00	PM	135.13	22.52083
4/16/15	06:00:00	PM	102.63	17.10417
4/16/15	06:10:00	PM	128.63	21.4375
4/16/15	06:20:00	PM	129.88	21.64583
4/16/15	06:30:00	PM	105.75	17.625
4/16/15	06:40:00	PM	133.25	22.20833
4/16/15	06:50:00	PM	124.25	20.70833
4/16/15	07:00:00	PM	102	17
4/16/15	07:10:00	PM	123	20.5
4/16/15	07:20:00	PM	88.5	14.75
4/16/15	07:30:00	PM	108.38	18.0625
4/16/15	07:40:00	PM	67.5	11.25
4/16/15	07:50:00	PM	59.375	9.895833
4/16/15	08:00:00	PM	69	11.5
4/16/15	08:10:00	PM	59.25	9.875
4/16/15	08:20:00	PM	64.75	10.79167
4/16/15	08:30:00	PM	45.75	7.625
4/16/15	08:40:00	PM	50.625	8.4375
4/16/15	08:50:00	PM	47.75	7.958333
4/16/15	09:00:00	PM	47.375	7.895833
4/16/15	09:10:00	PM	41	6.833333
4/16/15	09:20:00	PM	42.125	7.020833
4/16/15	09:30:00	PM	44.25	7.375
4/16/15	09:40:00	PM	43.5	7.25
4/16/15	09:50:00	PM	43	7.166667

Anexo 1:

Time	Trend		(kW)	kWh		Time	Trend		(kW)	kWh
4/16/15	10:20:00	PM	39.375	6.5625	kW promedio 63.66258741 kWh diarios 1517.291667	4/17/15	10:20:00	PM	37.5	6.25
4/16/15	10:30:00	PM	41.875	6.97917		4/17/15	10:30:00	PM	37.75	6.291667
4/16/15	10:40:00	PM	43.25	7.20833	kW promedio 34.19842657 kWh diarios 815.0625	4/17/15	10:40:00	PM	33.375	5.5625
4/16/15	10:50:00	PM	39.5	6.58333		4/17/15	10:50:00	PM	34.25	5.708333
4/16/15	11:00:00	PM	42.25	7.04167	4/17/15	11:00:00	PM	35.5	5.916667	
4/16/15	11:10:00	PM	28.25	4.70833	4/17/15	11:10:00	PM	29.5	4.916667	
4/16/15	11:20:00	PM	41.75	6.95833	4/17/15	11:20:00	PM	26.875	4.479167	
4/16/15	11:30:00	PM	28	4.66667	4/17/15	11:30:00	PM	31.5	5.25	
4/16/15	11:40:00	PM	29.5	4.91667	4/17/15	11:40:00	PM	25.625	4.270833	
4/16/15	11:50:00	PM	28.5	4.75	4/17/15	11:50:00	PM	29.5	4.916667	
4/17/15	12:00:00	AM	31.5	5.25	4/18/15	12:00:00	AM	27.25	4.541667	
4/17/15	12:10:00	AM	30.875	5.14583	4/18/15	12:10:00	AM	30.5	5.083333	
4/17/15	12:20:00	AM	31.125	5.1875	4/18/15	12:20:00	AM	26.125	4.354167	
4/17/15	12:30:00	AM	31.75	5.29167	4/18/15	12:30:00	AM	21.75	3.625	
4/17/15	12:40:00	AM	32.125	5.35417	4/18/15	12:40:00	AM	17.625	2.9375	
4/17/15	12:50:00	AM	29.5	4.91667	4/18/15	12:50:00	AM	20	3.333333	
4/17/15	01:00:00	AM	28.625	4.77083	4/18/15	01:00:00	AM	23	3.833333	
4/17/15	01:10:00	AM	25.5	4.25	4/18/15	01:10:00	AM	16.5	2.75	
4/17/15	01:20:00	AM	28	4.66667	4/18/15	01:20:00	AM	18.625	3.104167	
4/17/15	01:30:00	AM	28.25	4.70833	4/18/15	01:30:00	AM	30	5	
4/17/15	01:40:00	AM	30.5	5.08333	4/18/15	01:40:00	AM	26.875	4.479167	
4/17/15	01:50:00	AM	28.625	4.77083	4/18/15	01:50:00	AM	20.25	3.375	
4/17/15	02:00:00	AM	32	5.33333	4/18/15	02:00:00	AM	18.625	3.104167	
4/17/15	02:10:00	AM	27.625	4.60417	4/18/15	02:10:00	AM	31.5	5.25	
4/17/15	02:20:00	AM	29.5	4.91667	4/18/15	02:20:00	AM	20.5	3.416667	
4/17/15	02:30:00	AM	26.875	4.47917	4/18/15	02:30:00	AM	27.25	4.541667	
4/17/15	02:40:00	AM	27.5	4.58333	4/18/15	02:40:00	AM	30.875	5.145833	
4/17/15	02:50:00	AM	23.875	3.97917	4/18/15	02:50:00	AM	18.625	3.104167	
4/17/15	03:00:00	AM	24.75	4.125	4/18/15	03:00:00	AM	17.625	2.9375	
4/17/15	03:10:00	AM	27.5	4.58333	4/18/15	03:10:00	AM	25.125	4.1875	
4/17/15	03:20:00	AM	29.5	4.91667	4/18/15	03:20:00	AM	30.625	5.104167	
4/17/15	03:30:00	AM	28.125	4.6875	4/18/15	03:30:00	AM	29	4.833333	
4/17/15	03:40:00	AM	23.375	3.89583	4/18/15	03:40:00	AM	31.5	5.25	
4/17/15	03:50:00	AM	31.875	5.3125	4/18/15	03:50:00	AM	32.375	5.395833	
4/17/15	04:00:00	AM	24.375	4.0625	4/18/15	04:00:00	AM	32.125	5.354167	

## Anexo 1:

4/17/15	04:10:00	AM	24.375	4.0625
4/17/15	04:20:00	AM	28.375	4.72917
4/17/15	04:30:00	AM	28.125	4.6875
4/17/15	04:40:00	AM	32.625	5.4375
4/17/15	04:50:00	AM	27.25	4.54167
4/17/15	05:00:00	AM	21.75	3.625
4/17/15	05:10:00	AM	27.75	4.625
4/17/15	05:20:00	AM	28	4.66667
4/17/15	05:30:00	AM	28.375	4.72917
4/17/15	05:40:00	AM	27.75	4.625
4/17/15	05:50:00	AM	28.25	4.70833
4/17/15	06:00:00	AM	28.625	4.77083
4/17/15	06:10:00	AM	31.75	5.29167
4/17/15	06:20:00	AM	28.75	4.79167
4/17/15	06:30:00	AM	30	5
4/17/15	06:40:00	AM	27.125	4.52083
4/17/15	06:50:00	AM	30.625	5.10417
4/17/15	07:00:00	AM	29	4.83333
4/17/15	07:10:00	AM	27.25	4.54167
4/17/15	07:20:00	AM	27.875	4.64583
4/17/15	07:30:00	AM	30.125	5.02083
4/17/15	07:40:00	AM	28.625	4.77083
4/17/15	07:50:00	AM	33	5.5
4/17/15	08:00:00	AM	36.375	6.0625
4/17/15	08:10:00	AM	130.88	21.8125
4/17/15	08:20:00	AM	123.63	20.6042
4/17/15	08:30:00	AM	96.125	16.0208
4/17/15	08:40:00	AM	115.75	19.2917
4/17/15	08:50:00	AM	123.5	20.5833
4/17/15	09:00:00	AM	120.25	20.0417
4/17/15	09:10:00	AM	90.875	15.1458
4/17/15	09:20:00	AM	116.25	19.375
4/17/15	09:30:00	AM	102.25	17.0417
4/17/15	09:40:00	AM	92.875	15.4792
4/17/15	09:50:00	AM	121.38	20.2292
4/17/15	10:00:00	AM	127.13	21.1875
4/17/15	10:10:00	AM	85.625	14.2708

4/18/15	04:10:00	AM	18.625	3.104167
4/18/15	04:20:00	AM	24.625	4.104167
4/18/15	04:30:00	AM	27.75	4.625
4/18/15	04:40:00	AM	32.125	5.354167
4/18/15	04:50:00	AM	26.625	4.4375
4/18/15	05:00:00	AM	18.5	3.083333
4/18/15	05:10:00	AM	16.5	2.75
4/18/15	05:20:00	AM	19.75	3.291667
4/18/15	05:30:00	AM	18.5	3.083333
4/18/15	05:40:00	AM	20.25	3.375
4/18/15	05:50:00	AM	25.25	4.208333
4/18/15	06:00:00	AM	22	3.666667
4/18/15	06:10:00	AM	23.625	3.9375
4/18/15	06:20:00	AM	30.125	5.020833
4/18/15	06:30:00	AM	30.625	5.104167
4/18/15	06:40:00	AM	27	4.5
4/18/15	06:50:00	AM	19.625	3.270833
4/18/15	07:00:00	AM	29	4.833333
4/18/15	07:10:00	AM	29.625	4.9375
4/18/15	07:20:00	AM	28.125	4.6875
4/18/15	07:30:00	AM	16.375	2.729167
4/18/15	07:40:00	AM	21	3.5
4/18/15	07:50:00	AM	21.375	3.5625
4/18/15	08:00:00	AM	28.375	4.729167
4/18/15	08:10:00	AM	25.5	4.25
4/18/15	08:20:00	AM	29	4.833333
4/18/15	08:30:00	AM	31.625	5.270833
4/18/15	08:40:00	AM	25.125	4.1875
4/18/15	08:50:00	AM	29.5	4.916667
4/18/15	09:00:00	AM	29.75	4.958333
4/18/15	09:10:00	AM	26.75	4.458333
4/18/15	09:20:00	AM	31.75	5.291667
4/18/15	09:30:00	AM	28.75	4.791667
4/18/15	09:40:00	AM	27.75	4.625
4/18/15	09:50:00	AM	28.25	4.708333
4/18/15	10:00:00	AM	35	5.833333
4/18/15	10:10:00	AM	47	7.833333

## Anexo 1:

4/17/15	10:20:00	AM	121.88	20.3125	4/18/15	10:20:00	AM	47.375	7.895833
4/17/15	10:30:00	AM	117.63	19.6042	4/18/15	10:30:00	AM	46.75	7.791667
4/17/15	10:40:00	AM	107.5	17.9167	4/18/15	10:40:00	AM	47.125	7.854167
4/17/15	10:50:00	AM	123	20.5	4/18/15	10:50:00	AM	34.25	5.708333
4/17/15	11:00:00	AM	107.63	17.9375	4/18/15	11:00:00	AM	48	8
4/17/15	11:10:00	AM	127.38	21.2292	4/18/15	11:10:00	AM	45.625	7.604167
4/17/15	11:20:00	AM	103.5	17.25	4/18/15	11:20:00	AM	34.5	5.75
4/17/15	11:30:00	AM	126.25	21.0417	4/18/15	11:30:00	AM	47.875	7.979167
4/17/15	11:40:00	AM	103.63	17.2708	4/18/15	11:40:00	AM	44.125	7.354167
4/17/15	11:50:00	AM	122	20.3333	4/18/15	11:50:00	AM	33.125	5.520833
4/17/15	12:00:00	PM	126.63	21.1042	4/18/15	12:00:00	PM	43.125	7.1875
4/17/15	12:10:00	PM	99.875	16.6458	4/18/15	12:10:00	PM	49.75	8.291667
4/17/15	12:20:00	PM	127.5	21.25	4/18/15	12:20:00	PM	45.875	7.645833
4/17/15	12:30:00	PM	108.5	18.0833	4/18/15	12:30:00	PM	33.875	5.645833
4/17/15	12:40:00	PM	140.38	23.3958	4/18/15	12:40:00	PM	50	8.333333
4/17/15	12:50:00	PM	104.5	17.4167	4/18/15	12:50:00	PM	43.5	7.25
4/17/15	01:00:00	PM	135.13	22.5208	4/18/15	01:00:00	PM	44.875	7.479167
4/17/15	01:10:00	PM	148.38	24.7292	4/18/15	01:10:00	PM	28.75	4.791667
4/17/15	01:20:00	PM	114	19	4/18/15	01:20:00	PM	43.875	7.3125
4/17/15	01:30:00	PM	131.5	21.9167	4/18/15	01:30:00	PM	42.5	7.083333
4/17/15	01:40:00	PM	138.25	23.0417	4/18/15	01:40:00	PM	44.625	7.4375
4/17/15	01:50:00	PM	137.75	22.9583	4/18/15	01:50:00	PM	34.25	5.708333
4/17/15	02:00:00	PM	132.5	22.0833	4/18/15	02:00:00	PM	41.625	6.9375
4/17/15	02:10:00	PM	109.75	18.2917	4/18/15	02:10:00	PM	41.875	6.979167
4/17/15	02:20:00	PM	135.63	22.6042	4/18/15	02:20:00	PM	50.375	8.395833
4/17/15	02:30:00	PM	132.5	22.0833	4/18/15	02:30:00	PM	40.25	6.708333
4/17/15	02:40:00	PM	137.88	22.9792	4/18/15	02:40:00	PM	30.25	5.041667
4/17/15	02:50:00	PM	116.13	19.3542	4/18/15	02:50:00	PM	43.5	7.25
4/17/15	03:00:00	PM	129	21.5	4/18/15	03:00:00	PM	40.5	6.75
4/17/15	03:10:00	PM	70.375	11.7292	4/18/15	03:10:00	PM	42.875	7.145833
4/17/15	03:20:00	PM	77.125	12.8542	4/18/15	03:20:00	PM	49.375	8.229167
4/17/15	03:30:00	PM	71.875	11.9792	4/18/15	03:30:00	PM	46.625	7.770833
4/17/15	03:40:00	PM	59.25	9.875	4/18/15	03:40:00	PM	47.75	7.958333
4/17/15	03:50:00	PM	65.125	10.8542	4/18/15	03:50:00	PM	55.375	9.229167
4/17/15	04:00:00	PM	65.75	10.9583	4/18/15	04:00:00	PM	49.875	8.3125
4/17/15	04:10:00	PM	64.75	10.7917	4/18/15	04:10:00	PM	52.375	8.729167
4/17/15	04:20:00	PM	68	11.3333	4/18/15	04:20:00	PM	44.75	7.458333

### Anexo 1:

4/17/15	04:30:00	PM	74.875	12.4792
4/17/15	04:40:00	PM	63	10.5
4/17/15	04:50:00	PM	56.25	9.375
4/17/15	05:00:00	PM	57.375	9.5625
4/17/15	05:10:00	PM	58.5	9.75
4/17/15	05:20:00	PM	56.625	9.4375
4/17/15	05:30:00	PM	62.75	10.4583
4/17/15	05:40:00	PM	56.25	9.375
4/17/15	05:50:00	PM	57	9.5
4/17/15	06:00:00	PM	56.75	9.45833
4/17/15	06:10:00	PM	59.5	9.91667
4/17/15	06:20:00	PM	57	9.5
4/17/15	06:30:00	PM	56.625	9.4375
4/17/15	06:40:00	PM	46.125	7.6875
4/17/15	06:50:00	PM	58.25	9.70833
4/17/15	07:00:00	PM	58	9.66667
4/17/15	07:10:00	PM	42.75	7.125
4/17/15	07:20:00	PM	54	9
4/17/15	07:30:00	PM	58.5	9.75
4/17/15	07:40:00	PM	41.875	6.97917
4/17/15	07:50:00	PM	60.875	10.1458
4/17/15	08:00:00	PM	56	9.33333
4/17/15	08:10:00	PM	44	7.33333
4/17/15	08:20:00	PM	58.125	9.6875
4/17/15	08:30:00	PM	47	7.83333
4/17/15	08:40:00	PM	44.875	7.47917
4/17/15	08:50:00	PM	43.5	7.25
4/17/15	09:00:00	PM	41.125	6.85417
4/17/15	09:10:00	PM	42.375	7.0625
4/17/15	09:20:00	PM	47.375	7.89583
4/17/15	09:30:00	PM	40.375	6.72917
4/17/15	09:40:00	PM	43	7.16667
4/17/15	09:50:00	PM	39.25	6.54167
4/17/15	10:00:00	PM	41.75	6.95833

4/18/15	04:30:00	PM	45.625	7.604167
4/18/15	04:40:00	PM	46.625	7.770833
4/18/15	04:50:00	PM	44.75	7.458333
4/18/15	05:00:00	PM	50.5	8.416667
4/18/15	05:10:00	PM	47.125	7.854167
4/18/15	05:20:00	PM	54	9
4/18/15	05:30:00	PM	52.125	8.6875
4/18/15	05:40:00	PM	59.625	9.9375
4/18/15	05:50:00	PM	39.125	6.520833
4/18/15	06:00:00	PM	51.75	8.625
4/18/15	06:10:00	PM	53.125	8.854167
4/18/15	06:20:00	PM	49	8.166667
4/18/15	06:30:00	PM	33.5	5.583333
4/18/15	06:40:00	PM	43.875	7.3125
4/18/15	06:50:00	PM	43.25	7.208333
4/18/15	07:00:00	PM	45.625	7.604167
4/18/15	07:10:00	PM	52.375	8.729167
4/18/15	07:20:00	PM	44.375	7.395833
4/18/15	07:30:00	PM	44.375	7.395833
4/18/15	07:40:00	PM	28.75	4.791667
4/18/15	07:50:00	PM	41.625	6.9375
4/18/15	08:00:00	PM	29.5	4.916667
4/18/15	08:10:00	PM	35.875	5.979167
4/18/15	08:20:00	PM	29.5	4.916667
4/18/15	08:30:00	PM	32.5	5.416667
4/18/15	08:40:00	PM	30.75	5.125
4/18/15	08:50:00	PM	29.75	4.958333
4/18/15	09:00:00	PM	32.875	5.479167
4/18/15	09:10:00	PM	25.625	4.270833
4/18/15	09:20:00	PM	32.5	5.416667
4/18/15	09:30:00	PM	27.875	4.645833
4/18/15	09:40:00	PM	30.5	5.083333
4/18/15	09:50:00	PM	27.75	4.625
4/18/15	10:00:00	PM	26.375	4.395833

Anexo 1:

Time	Trend		(kW)	kWh		Time	Trend		(kW)	KWh
4/20/15	09:50:00	PM	33.375	5.5625	kW promedio 80.83216783 kWh diarios 1926.5	4/21/15	10:10:00	PM	33.5	5.583333
4/20/15	10:00:00	PM	34.875	5.8125		4/21/15	10:20:00	PM	31.125	5.1875
4/20/15	10:10:00	PM	33.125	5.52083	kW promedio 78.68356643 kWh diarios 1875.291667	4/21/15	10:30:00	PM	36.25	6.041667
4/20/15	10:20:00	PM	27.75	4.625		4/21/15	10:40:00	PM	27.75	4.625
4/20/15	10:30:00	PM	31.5	5.25	4/21/15	10:50:00	PM	25.5	4.25	
4/20/15	10:40:00	PM	25.875	4.3125	4/21/15	11:00:00	PM	29.25	4.875	
4/20/15	10:50:00	PM	30.625	5.10417	4/21/15	11:10:00	PM	26.5	4.416667	
4/20/15	11:00:00	PM	29.125	4.85417	4/21/15	11:20:00	PM	27.875	4.645833	
4/20/15	11:10:00	PM	27.5	4.58333	4/21/15	11:30:00	PM	27.625	4.604167	
4/20/15	11:20:00	PM	28.125	4.6875	4/21/15	11:40:00	PM	25.25	4.208333	
4/20/15	11:30:00	PM	28	4.66667	4/21/15	11:50:00	PM	25	4.166667	
4/20/15	11:40:00	PM	31	5.16667	4/22/15	12:00:00	AM	28.625	4.770833	
4/20/15	11:50:00	PM	29.5	4.91667	4/22/15	12:10:00	AM	18.375	3.0625	
4/21/15	12:00:00	AM	25.625	4.27083	4/22/15	12:20:00	AM	27.75	4.625	
4/21/15	12:10:00	AM	27.25	4.54167	4/22/15	12:30:00	AM	18.5	3.083333	
4/21/15	12:20:00	AM	20.125	3.35417	4/22/15	12:40:00	AM	16.625	2.770833	
4/21/15	12:30:00	AM	21	3.5	4/22/15	12:50:00	AM	18.875	3.145833	
4/21/15	12:40:00	AM	27.875	4.64583	4/22/15	01:00:00	AM	18.375	3.0625	
4/21/15	12:50:00	AM	24.875	4.14583	4/22/15	01:10:00	AM	30	5	
4/21/15	01:00:00	AM	17.125	2.85417	4/22/15	01:20:00	AM	16.625	2.770833	
4/21/15	01:10:00	AM	32	5.33333	4/22/15	01:30:00	AM	19.875	3.3125	
4/21/15	01:20:00	AM	19.375	3.22917	4/22/15	01:40:00	AM	18.5	3.083333	
4/21/15	01:30:00	AM	25.625	4.27083	4/22/15	01:50:00	AM	27.25	4.541667	
4/21/15	01:40:00	AM	18.875	3.14583	4/22/15	02:00:00	AM	16.5	2.75	
4/21/15	01:50:00	AM	30.5	5.08333	4/22/15	02:10:00	AM	25.375	4.229167	
4/21/15	02:00:00	AM	26.25	4.375	4/22/15	02:20:00	AM	29.625	4.9375	
4/21/15	02:10:00	AM	19.25	3.20833	4/22/15	02:30:00	AM	18.375	3.0625	
4/21/15	02:20:00	AM	27.5	4.58333	4/22/15	02:40:00	AM	16.625	2.770833	
4/21/15	02:30:00	AM	28	4.66667	4/22/15	02:50:00	AM	18.5	3.083333	
4/21/15	02:40:00	AM	16.875	2.8125	4/22/15	03:00:00	AM	19.5	3.25	
4/21/15	02:50:00	AM	22.625	3.77083	4/22/15	03:10:00	AM	18.375	3.0625	
4/21/15	03:00:00	AM	31.25	5.20833	4/22/15	03:20:00	AM	16.625	2.770833	
4/21/15	03:10:00	AM	16.75	2.79167	4/22/15	03:30:00	AM	18.25	3.041667	
4/21/15	03:20:00	AM	20.625	3.4375	4/22/15	03:40:00	AM	17.25	2.875	
4/21/15	03:30:00	AM	32.25	5.375	4/22/15	03:50:00	AM	23.625	3.9375	

## Anexo 1:

4/21/15	03:40:00	AM	27.25	4.54167	4/22/15	04:00:00	AM	18.25	3.041667
4/21/15	03:50:00	AM	19.375	3.22917	4/22/15	04:10:00	AM	18.375	3.0625
4/21/15	04:00:00	AM	29.125	4.85417	4/22/15	04:20:00	AM	31.125	5.1875
4/21/15	04:10:00	AM	27.5	4.58333	4/22/15	04:30:00	AM	19	3.166667
4/21/15	04:20:00	AM	22.25	3.70833	4/22/15	04:40:00	AM	30.625	5.104167
4/21/15	04:30:00	AM	16.75	2.79167	4/22/15	04:50:00	AM	16.5	2.75
4/21/15	04:40:00	AM	21.75	3.625	4/22/15	05:00:00	AM	18.25	3.041667
4/21/15	04:50:00	AM	22.875	3.8125	4/22/15	05:10:00	AM	26.75	4.458333
4/21/15	05:00:00	AM	19.75	3.29167	4/22/15	05:20:00	AM	19.375	3.229167
4/21/15	05:10:00	AM	31	5.16667	4/22/15	05:30:00	AM	19.25	3.208333
4/21/15	05:20:00	AM	30.125	5.02083	4/22/15	05:40:00	AM	18.125	3.020833
4/21/15	05:30:00	AM	26	4.33333	4/22/15	05:50:00	AM	16.375	2.729167
4/21/15	05:40:00	AM	19.5	3.25	4/22/15	06:00:00	AM	18	3
4/21/15	05:50:00	AM	21.125	3.52083	4/22/15	06:10:00	AM	31.625	5.270833
4/21/15	06:00:00	AM	21	3.5	4/22/15	06:20:00	AM	25.75	4.291667
4/21/15	06:10:00	AM	21.25	3.54167	4/22/15	06:30:00	AM	26.25	4.375
4/21/15	06:20:00	AM	27.375	4.5625	4/22/15	06:40:00	AM	30.625	5.104167
4/21/15	06:30:00	AM	29.25	4.875	4/22/15	06:50:00	AM	27	4.5
4/21/15	06:40:00	AM	22.875	3.8125	4/22/15	07:00:00	AM	28.625	4.770833
4/21/15	06:50:00	AM	23.875	3.97917	4/22/15	07:10:00	AM	30.5	5.083333
4/21/15	07:00:00	AM	26.375	4.39583	4/22/15	07:20:00	AM	23.625	3.9375
4/21/15	07:10:00	AM	35	5.83333	4/22/15	07:30:00	AM	29.25	4.875
4/21/15	07:20:00	AM	34.625	5.77083	4/22/15	07:40:00	AM	40.25	6.708333
4/21/15	07:30:00	AM	37	6.16667	4/22/15	07:50:00	AM	44.625	7.4375
4/21/15	07:40:00	AM	41	6.83333	4/22/15	08:00:00	AM	49.625	8.270833
4/21/15	07:50:00	AM	45.375	7.5625	4/22/15	08:10:00	AM	125.13	20.85417
4/21/15	08:00:00	AM	42.625	7.10417	4/22/15	08:20:00	AM	133.63	22.27083
4/21/15	08:10:00	AM	128.13	21.3542	4/22/15	08:30:00	AM	130	21.66667
4/21/15	08:20:00	AM	129.88	21.6458	4/22/15	08:40:00	AM	125.25	20.875
4/21/15	08:30:00	AM	128.75	21.4583	4/22/15	08:50:00	AM	129.38	21.5625
4/21/15	08:40:00	AM	122.88	20.4792	4/22/15	09:00:00	AM	116.75	19.45833
4/21/15	08:50:00	AM	150.38	25.0625	4/22/15	09:10:00	AM	115.25	19.20833
4/21/15	09:00:00	AM	123.38	20.5625	4/22/15	09:20:00	AM	114.13	19.02083
4/21/15	09:10:00	AM	111.63	18.6042	4/22/15	09:30:00	AM	105.63	17.60417
4/21/15	09:20:00	AM	124.13	20.6875	4/22/15	09:40:00	AM	119.25	19.875
4/21/15	09:30:00	AM	148.5	24.75	4/22/15	09:50:00	AM	124.5	20.75
4/21/15	09:40:00	AM	114.88	19.1458	4/22/15	10:00:00	AM	123.63	20.60417

## Anexo 1:

4/21/15	09:50:00	AM	124.13	20.6875	4/22/15	10:10:00	AM	118.5	19.75
4/21/15	10:00:00	AM	113	18.8333	4/22/15	10:20:00	AM	125.13	20.85417
4/21/15	10:10:00	AM	142.5	23.75	4/22/15	10:30:00	AM	99.375	16.5625
4/21/15	10:20:00	AM	122.25	20.375	4/22/15	10:40:00	AM	120.63	20.10417
4/21/15	10:30:00	AM	120.88	20.1458	4/22/15	10:50:00	AM	149.5	24.91667
4/21/15	10:40:00	AM	132.5	22.0833	4/22/15	11:00:00	AM	125.38	20.89583
4/21/15	10:50:00	AM	135.5	22.5833	4/22/15	11:10:00	AM	123.38	20.5625
4/21/15	11:00:00	AM	123.25	20.5417	4/22/15	11:20:00	AM	123.88	20.64583
4/21/15	11:10:00	AM	116.88	19.4792	4/22/15	11:30:00	AM	149.25	24.875
4/21/15	11:20:00	AM	128.38	21.3958	4/22/15	11:40:00	AM	126.5	21.08333
4/21/15	11:30:00	AM	150.13	25.0208	4/22/15	11:50:00	AM	154.63	25.77083
4/21/15	11:40:00	AM	126.38	21.0625	4/22/15	12:00:00	PM	127.5	21.25
4/21/15	11:50:00	AM	152.13	25.3542	4/22/15	12:10:00	PM	155.38	25.89583
4/21/15	12:00:00	PM	127.5	21.25	4/22/15	12:20:00	PM	125.88	20.97917
4/21/15	12:10:00	PM	156.5	26.0833	4/22/15	12:30:00	PM	128.75	21.45833
4/21/15	12:20:00	PM	139.5	23.25	4/22/15	12:40:00	PM	129.38	21.5625
4/21/15	12:30:00	PM	123.88	20.6458	4/22/15	12:50:00	PM	157	26.16667
4/21/15	12:40:00	PM	129.38	21.5625	4/22/15	01:00:00	PM	130.13	21.6875
4/21/15	12:50:00	PM	130.25	21.7083	4/22/15	01:10:00	PM	143.88	23.97917
4/21/15	01:00:00	PM	115.63	19.2708	4/22/15	01:20:00	PM	164	27.33333
4/21/15	01:10:00	PM	149.38	24.8958	4/22/15	01:30:00	PM	148.63	24.77083
4/21/15	01:20:00	PM	132.88	22.1458	4/22/15	01:40:00	PM	179.5	29.91667
4/21/15	01:30:00	PM	165.38	27.5625	4/22/15	01:50:00	PM	143.5	23.91667
4/21/15	01:40:00	PM	140.88	23.4792	4/22/15	02:00:00	PM	178.13	29.6875
4/21/15	01:50:00	PM	170.88	28.4792	4/22/15	02:10:00	PM	145.63	24.27083
4/21/15	02:00:00	PM	139.63	23.2708	4/22/15	02:20:00	PM	163.38	27.22917
4/21/15	02:10:00	PM	167.63	27.9375	4/22/15	02:30:00	PM	128.88	21.47917
4/21/15	02:20:00	PM	137.25	22.875	4/22/15	02:40:00	PM	170	28.33333
4/21/15	02:30:00	PM	163.88	27.3125	4/22/15	02:50:00	PM	159.25	26.54167
4/21/15	02:40:00	PM	134.75	22.4583	4/22/15	03:00:00	PM	132.25	22.04167
4/21/15	02:50:00	PM	141.25	23.5417	4/22/15	03:10:00	PM	150.88	25.14583
4/21/15	03:00:00	PM	133.5	22.25	4/22/15	03:20:00	PM	165.75	27.625
4/21/15	03:10:00	PM	166.88	27.8125	4/22/15	03:30:00	PM	129.25	21.54167
4/21/15	03:20:00	PM	138.63	23.1042	4/22/15	03:40:00	PM	129.25	21.54167
4/21/15	03:30:00	PM	136.63	22.7708	4/22/15	03:50:00	PM	135.25	22.54167
4/21/15	03:40:00	PM	130.63	21.7708	4/22/15	04:00:00	PM	134.5	22.41667
4/21/15	03:50:00	PM	133.5	22.25	4/22/15	04:10:00	PM	138	23

## Anexo 1:

4/21/15	04:00:00	PM	151.63	25.2708
4/21/15	04:10:00	PM	137.13	22.8542
4/21/15	04:20:00	PM	137.13	22.8542
4/21/15	04:30:00	PM	144.38	24.0625
4/21/15	04:40:00	PM	137.63	22.9375
4/21/15	04:50:00	PM	136.13	22.6875
4/21/15	05:00:00	PM	132.13	22.0208
4/21/15	05:10:00	PM	135.38	22.5625
4/21/15	05:20:00	PM	138.5	23.0833
4/21/15	05:30:00	PM	134.88	22.4792
4/21/15	05:40:00	PM	148.75	24.7917
4/21/15	05:50:00	PM	137.88	22.9792
4/21/15	06:00:00	PM	135.13	22.5208
4/21/15	06:10:00	PM	133.38	22.2292
4/21/15	06:20:00	PM	121.13	20.1875
4/21/15	06:30:00	PM	112.25	18.7083
4/21/15	06:40:00	PM	124.75	20.7917
4/21/15	06:50:00	PM	159.88	26.6458
4/21/15	07:00:00	PM	125.88	20.9792
4/21/15	07:10:00	PM	125.13	20.8542
4/21/15	07:20:00	PM	111.38	18.5625
4/21/15	07:30:00	PM	106.25	17.7083
4/21/15	07:40:00	PM	65.375	10.8958
4/21/15	07:50:00	PM	59	9.83333
4/21/15	08:00:00	PM	64.75	10.7917
4/21/15	08:10:00	PM	58.125	9.6875
4/21/15	08:20:00	PM	60.25	10.0417
4/21/15	08:30:00	PM	43.5	7.25
4/21/15	08:40:00	PM	45.125	7.52083
4/21/15	08:50:00	PM	43.125	7.1875
4/21/15	09:00:00	PM	42.75	7.125
4/21/15	09:10:00	PM	37.625	6.27083
4/21/15	09:20:00	PM	35.5	5.91667
4/21/15	09:30:00	PM	36.75	6.125

4/22/15	04:20:00	PM	133.5	22.25
4/22/15	04:30:00	PM	131.75	21.95833
4/22/15	04:40:00	PM	121.13	20.1875
4/22/15	04:50:00	PM	130	21.66667
4/22/15	05:00:00	PM	133.75	22.29167
4/22/15	05:10:00	PM	128.75	21.45833
4/22/15	05:20:00	PM	129.13	21.52083
4/22/15	05:30:00	PM	132	22
4/22/15	05:40:00	PM	125.38	20.89583
4/22/15	05:50:00	PM	130.5	21.75
4/22/15	06:00:00	PM	119.75	19.95833
4/22/15	06:10:00	PM	95.375	15.89583
4/22/15	06:20:00	PM	119.13	19.85417
4/22/15	06:30:00	PM	97	16.16667
4/22/15	06:40:00	PM	121.25	20.20833
4/22/15	06:50:00	PM	118.25	19.70833
4/22/15	07:00:00	PM	122.38	20.39583
4/22/15	07:10:00	PM	112.63	18.77083
4/22/15	07:20:00	PM	88.125	14.6875
4/22/15	07:30:00	PM	111.75	18.625
4/22/15	07:40:00	PM	49	8.166667
4/22/15	07:50:00	PM	53	8.833333
4/22/15	08:00:00	PM	60.875	10.14583
4/22/15	08:10:00	PM	63.75	10.625
4/22/15	08:20:00	PM	59.875	9.979167
4/22/15	08:30:00	PM	42	7
4/22/15	08:40:00	PM	55	9.166667
4/22/15	08:50:00	PM	53.875	8.979167
4/22/15	09:00:00	PM	47.25	7.875
4/22/15	09:10:00	PM	50.25	8.375
4/22/15	09:20:00	PM	40.625	6.770833
4/22/15	09:30:00	PM	46.25	7.708333
4/22/15	09:40:00	PM	40.75	6.791667
4/22/15	09:50:00	PM	43.875	7.3125

### Anexo 1:

Time	Trend		(kW)	kWh		Time	Trend		(kW)	kWh
4/22/15	10:10:00	PM	41.875	6.97917	kW promedio 77.39597902	4/23/15	10:10:00	PM	45.875	7.645833
4/22/15	10:20:00	PM	38.75	6.45833		kWh diarios 1844.604167	4/23/15	10:20:00	PM	38
4/22/15	10:30:00	PM	38.125	6.35417	kW promedio 66.20454545	4/23/15	10:30:00	PM	38.25	6.375
4/22/15	10:40:00	PM	33.125	5.52083		kWh diarios 1577.875	4/23/15	10:40:00	PM	35.875
4/22/15	10:50:00	PM	35.25	5.875		4/23/15	10:50:00	PM	51.875	8.645833
4/22/15	11:00:00	PM	31.75	5.29167		4/23/15	11:00:00	PM	34.25	5.708333
4/22/15	11:10:00	PM	30.25	5.04167		4/23/15	11:10:00	PM	30.75	5.125
4/22/15	11:20:00	PM	26.25	4.375		4/23/15	11:20:00	PM	27.625	4.604167
4/22/15	11:30:00	PM	29.125	4.85417		4/23/15	11:30:00	PM	32	5.333333
4/22/15	11:40:00	PM	27.875	4.64583		4/23/15	11:40:00	PM	26.75	4.458333
4/22/15	11:50:00	PM	28.625	4.77083		4/23/15	11:50:00	PM	29.75	4.958333
4/23/15	12:00:00	AM	29.125	4.85417		4/24/15	12:00:00	AM	29.625	4.9375
4/23/15	12:10:00	AM	32.5	5.41667		4/24/15	12:10:00	AM	30.625	5.104167
4/23/15	12:20:00	AM	21	3.5		4/24/15	12:20:00	AM	29.875	4.979167
4/23/15	12:30:00	AM	31.375	5.22917		4/24/15	12:30:00	AM	38	6.333333
4/23/15	12:40:00	AM	16.625	2.77083		4/24/15	12:40:00	AM	33.875	5.645833
4/23/15	12:50:00	AM	19.625	3.27083		4/24/15	12:50:00	AM	36.25	6.041667
4/23/15	01:00:00	AM	18.625	3.10417		4/24/15	01:00:00	AM	28.125	4.6875
4/23/15	01:10:00	AM	28.625	4.77083		4/24/15	01:10:00	AM	19.375	3.229167
4/23/15	01:20:00	AM	18.875	3.14583		4/24/15	01:20:00	AM	29.625	4.9375
4/23/15	01:30:00	AM	17.75	2.95833		4/24/15	01:30:00	AM	29.625	4.9375
4/23/15	01:40:00	AM	32	5.33333		4/24/15	01:40:00	AM	26.625	4.4375
4/23/15	01:50:00	AM	18.5	3.08333		4/24/15	01:50:00	AM	27.875	4.645833
4/23/15	02:00:00	AM	22.875	3.8125		4/24/15	02:00:00	AM	20.625	3.4375
4/23/15	02:10:00	AM	19.25	3.20833		4/24/15	02:10:00	AM	30	5
4/23/15	02:20:00	AM	31.75	5.29167		4/24/15	02:20:00	AM	25.25	4.208333
4/23/15	02:30:00	AM	19.625	3.27083		4/24/15	02:30:00	AM	27.875	4.645833
4/23/15	02:40:00	AM	18.625	3.10417		4/24/15	02:40:00	AM	27.375	4.5625
4/23/15	02:50:00	AM	31	5.16667		4/24/15	02:50:00	AM	28.625	4.770833
4/23/15	03:00:00	AM	18.625	3.10417		4/24/15	03:00:00	AM	27.125	4.520833
4/23/15	03:10:00	AM	26.375	4.39583		4/24/15	03:10:00	AM	28	4.666667
4/23/15	03:20:00	AM	18.5	3.08333		4/24/15	03:20:00	AM	17.375	2.895833
4/23/15	03:30:00	AM	16.625	2.77083		4/24/15	03:30:00	AM	32.25	5.375
4/23/15	03:40:00	AM	22.75	3.79167		4/24/15	03:40:00	AM	22.75	3.791667
4/23/15	03:50:00	AM	16.625	2.77083		4/24/15	03:50:00	AM	28	4.666667

## Anexo 1:

4/23/15	04:00:00	AM	22.75	3.79167	4/24/15	04:00:00	AM	17.75	2.958333
4/23/15	04:10:00	AM	19.375	3.22917	4/24/15	04:10:00	AM	28.375	4.729167
4/23/15	04:20:00	AM	16.625	2.77083	4/24/15	04:20:00	AM	28.75	4.791667
4/23/15	04:30:00	AM	23.5	3.91667	4/24/15	04:30:00	AM	18.875	3.145833
4/23/15	04:40:00	AM	27	4.5	4/24/15	04:40:00	AM	28.375	4.729167
4/23/15	04:50:00	AM	19.75	3.29167	4/24/15	04:50:00	AM	28.375	4.729167
4/23/15	05:00:00	AM	21.875	3.64583	4/24/15	05:00:00	AM	27.75	4.625
4/23/15	05:10:00	AM	30.125	5.02083	4/24/15	05:10:00	AM	26.125	4.354167
4/23/15	05:20:00	AM	18.625	3.10417	4/24/15	05:20:00	AM	25	4.166667
4/23/15	05:30:00	AM	28.375	4.72917	4/24/15	05:30:00	AM	31.25	5.208333
4/23/15	05:40:00	AM	28.5	4.75	4/24/15	05:40:00	AM	25.875	4.3125
4/23/15	05:50:00	AM	28.75	4.79167	4/24/15	05:50:00	AM	28	4.666667
4/23/15	06:00:00	AM	25.125	4.1875	4/24/15	06:00:00	AM	26.125	4.354167
4/23/15	06:10:00	AM	26.75	4.45833	4/24/15	06:10:00	AM	28.625	4.770833
4/23/15	06:20:00	AM	25.75	4.29167	4/24/15	06:20:00	AM	27.75	4.625
4/23/15	06:30:00	AM	25.375	4.22917	4/24/15	06:30:00	AM	28.875	4.8125
4/23/15	06:40:00	AM	24	4	4/24/15	06:40:00	AM	30.875	5.145833
4/23/15	06:50:00	AM	27.875	4.64583	4/24/15	06:50:00	AM	29.625	4.9375
4/23/15	07:00:00	AM	30.875	5.14583	4/24/15	07:00:00	AM	27.5	4.583333
4/23/15	07:10:00	AM	31.625	5.27083	4/24/15	07:10:00	AM	34.125	5.6875
4/23/15	07:20:00	AM	33.375	5.5625	4/24/15	07:20:00	AM	31.5	5.25
4/23/15	07:30:00	AM	40	6.66667	4/24/15	07:30:00	AM	31.375	5.229167
4/23/15	07:40:00	AM	35.75	5.95833	4/24/15	07:40:00	AM	33	5.5
4/23/15	07:50:00	AM	42.375	7.0625	4/24/15	07:50:00	AM	38.625	6.4375
4/23/15	08:00:00	AM	41.75	6.95833	4/24/15	08:00:00	AM	40	6.666667
4/23/15	08:10:00	AM	129.75	21.625	4/24/15	08:10:00	AM	139.75	23.29167
4/23/15	08:20:00	AM	138.5	23.0833	4/24/15	08:20:00	AM	135.88	22.64583
4/23/15	08:30:00	AM	95.625	15.9375	4/24/15	08:30:00	AM	98.625	16.4375
4/23/15	08:40:00	AM	124	20.6667	4/24/15	08:40:00	AM	127.25	21.20833
4/23/15	08:50:00	AM	116.38	19.3958	4/24/15	08:50:00	AM	121.5	20.25
4/23/15	09:00:00	AM	125.63	20.9375	4/24/15	09:00:00	AM	148.75	24.79167
4/23/15	09:10:00	AM	143.5	23.9167	4/24/15	09:10:00	AM	109.88	18.3125
4/23/15	09:20:00	AM	116.63	19.4375	4/24/15	09:20:00	AM	149	24.83333
4/23/15	09:30:00	AM	126	21	4/24/15	09:30:00	AM	115.63	19.27083
4/23/15	09:40:00	AM	103.75	17.2917	4/24/15	09:40:00	AM	119.63	19.9375
4/23/15	09:50:00	AM	123.25	20.5417	4/24/15	09:50:00	AM	119.75	19.95833
4/23/15	10:00:00	AM	98.5	16.4167	4/24/15	10:00:00	AM	114.75	19.125

## Anexo 1:

4/23/15	10:10:00	AM	118.38	19.7292	4/24/15	10:10:00	AM	96.875	16.14583
4/23/15	10:20:00	AM	132.38	22.0625	4/24/15	10:20:00	AM	116.75	19.45833
4/23/15	10:30:00	AM	127.13	21.1875	4/24/15	10:30:00	AM	125.25	20.875
4/23/15	10:40:00	AM	125.25	20.875	4/24/15	10:40:00	AM	99.25	16.54167
4/23/15	10:50:00	AM	124.13	20.6875	4/24/15	10:50:00	AM	123.38	20.5625
4/23/15	11:00:00	AM	128.5	21.4167	4/24/15	11:00:00	AM	121.63	20.27083
4/23/15	11:10:00	AM	121.63	20.2708	4/24/15	11:10:00	AM	125.13	20.85417
4/23/15	11:20:00	AM	132.25	22.0417	4/24/15	11:20:00	AM	95.125	15.85417
4/23/15	11:30:00	AM	112.63	18.7708	4/24/15	11:30:00	AM	124.63	20.77083
4/23/15	11:40:00	AM	111.13	18.5208	4/24/15	11:40:00	AM	155.63	25.9375
4/23/15	11:50:00	AM	124.63	20.7708	4/24/15	11:50:00	AM	133.13	22.1875
4/23/15	12:00:00	PM	129.63	21.6042	4/24/15	12:00:00	PM	124.25	20.70833
4/23/15	12:10:00	PM	130.63	21.7708	4/24/15	12:10:00	PM	130.38	21.72917
4/23/15	12:20:00	PM	134.38	22.3958	4/24/15	12:20:00	PM	157.88	26.3125
4/23/15	12:30:00	PM	110.38	18.3958	4/24/15	12:30:00	PM	134	22.33333
4/23/15	12:40:00	PM	109	18.1667	4/24/15	12:40:00	PM	131.25	21.875
4/23/15	12:50:00	PM	127.38	21.2292	4/24/15	12:50:00	PM	133.25	22.20833
4/23/15	01:00:00	PM	142	23.6667	4/24/15	01:00:00	PM	130	21.66667
4/23/15	01:10:00	PM	139.5	23.25	4/24/15	01:10:00	PM	133.75	22.29167
4/23/15	01:20:00	PM	140.38	23.3958	4/24/15	01:20:00	PM	137.75	22.95833
4/23/15	01:30:00	PM	117.38	19.5625	4/24/15	01:30:00	PM	143.13	23.85417
4/23/15	01:40:00	PM	142	23.6667	4/24/15	01:40:00	PM	146.88	24.47917
4/23/15	01:50:00	PM	134.88	22.4792	4/24/15	01:50:00	PM	150.13	25.02083
4/23/15	02:00:00	PM	145.63	24.2708	4/24/15	02:00:00	PM	135.13	22.52083
4/23/15	02:10:00	PM	134.88	22.4792	4/24/15	02:10:00	PM	136.88	22.8125
4/23/15	02:20:00	PM	108.13	18.0208	4/24/15	02:20:00	PM	136	22.66667
4/23/15	02:30:00	PM	133.13	22.1875	4/24/15	02:30:00	PM	131.38	21.89583
4/23/15	02:40:00	PM	132.5	22.0833	4/24/15	02:40:00	PM	136.88	22.8125
4/23/15	02:50:00	PM	136.88	22.8125	4/24/15	02:50:00	PM	135.13	22.52083
4/23/15	03:00:00	PM	137.13	22.8542	4/24/15	03:00:00	PM	137.25	22.875
4/23/15	03:10:00	PM	131.88	21.9792	4/24/15	03:10:00	PM	62.625	10.4375
4/23/15	03:20:00	PM	133.38	22.2292	4/24/15	03:20:00	PM	66.25	11.04167
4/23/15	03:30:00	PM	108.88	18.1458	4/24/15	03:30:00	PM	73.25	12.20833
4/23/15	03:40:00	PM	134.13	22.3542	4/24/15	03:40:00	PM	56.375	9.395833
4/23/15	03:50:00	PM	139.63	23.2708	4/24/15	03:50:00	PM	53.25	8.875
4/23/15	04:00:00	PM	131.75	21.9583	4/24/15	04:00:00	PM	59.875	9.979167
4/23/15	04:10:00	PM	149	24.8333	4/24/15	04:10:00	PM	58.125	9.6875

## Anexo 1:

4/23/15	04:20:00	PM	174	29
4/23/15	04:30:00	PM	136.5	22.75
4/23/15	04:40:00	PM	138.13	23.0208
4/23/15	04:50:00	PM	132.88	22.1458
4/23/15	05:00:00	PM	144.75	24.125
4/23/15	05:10:00	PM	137.88	22.9792
4/23/15	05:20:00	PM	140.13	23.3542
4/23/15	05:30:00	PM	131.5	21.9167
4/23/15	05:40:00	PM	105.25	17.5417
4/23/15	05:50:00	PM	138.13	23.0208
4/23/15	06:00:00	PM	133.13	22.1875
4/23/15	06:10:00	PM	131.63	21.9375
4/23/15	06:20:00	PM	96.875	16.1458
4/23/15	06:30:00	PM	129.13	21.5208
4/23/15	06:40:00	PM	126.88	21.1458
4/23/15	06:50:00	PM	134.13	22.3542
4/23/15	07:00:00	PM	105.88	17.6458
4/23/15	07:10:00	PM	117.38	19.5625
4/23/15	07:20:00	PM	85.625	14.2708
4/23/15	07:30:00	PM	91	15.1667
4/23/15	07:40:00	PM	71.375	11.8958
4/23/15	07:50:00	PM	63.375	10.5625
4/23/15	08:00:00	PM	62.875	10.4792
4/23/15	08:10:00	PM	59	9.83333
4/23/15	08:20:00	PM	63	10.5
4/23/15	08:30:00	PM	43.5	7.25
4/23/15	08:40:00	PM	43.625	7.27083
4/23/15	08:50:00	PM	43.625	7.27083
4/23/15	09:00:00	PM	49	8.16667
4/23/15	09:10:00	PM	44.75	7.45833
4/23/15	09:20:00	PM	45.125	7.52083
4/23/15	09:30:00	PM	41.625	6.9375
4/23/15	09:40:00	PM	47.375	7.89583
4/23/15	09:50:00	PM	40.625	6.77083

4/24/15	04:20:00	PM	63.75	10.625
4/24/15	04:30:00	PM	59.625	9.9375
4/24/15	04:40:00	PM	58.125	9.6875
4/24/15	04:50:00	PM	64.875	10.8125
4/24/15	05:00:00	PM	66.625	11.10417
4/24/15	05:10:00	PM	59.875	9.979167
4/24/15	05:20:00	PM	63.125	10.52083
4/24/15	05:30:00	PM	63.625	10.60417
4/24/15	05:40:00	PM	61.625	10.27083
4/24/15	05:50:00	PM	56.625	9.4375
4/24/15	06:00:00	PM	58.375	9.729167
4/24/15	06:10:00	PM	57.375	9.5625
4/24/15	06:20:00	PM	55.375	9.229167
4/24/15	06:30:00	PM	55.625	9.270833
4/24/15	06:40:00	PM	56.5	9.416667
4/24/15	06:50:00	PM	52.875	8.8125
4/24/15	07:00:00	PM	58.625	9.770833
4/24/15	07:10:00	PM	54.375	9.0625
4/24/15	07:20:00	PM	54	9
4/24/15	07:30:00	PM	54.875	9.145833
4/24/15	07:40:00	PM	52.125	8.6875
4/24/15	07:50:00	PM	48.875	8.145833
4/24/15	08:00:00	PM	53.25	8.875
4/24/15	08:10:00	PM	55.5	9.25
4/24/15	08:20:00	PM	65.125	10.85417
4/24/15	08:30:00	PM	48.75	8.125
4/24/15	08:40:00	PM	47.5	7.916667
4/24/15	08:50:00	PM	43.625	7.270833
4/24/15	09:00:00	PM	42.375	7.0625
4/24/15	09:10:00	PM	38.125	6.354167
4/24/15	09:20:00	PM	40.75	6.791667
4/24/15	09:30:00	PM	37.75	6.291667
4/24/15	09:40:00	PM	40.75	6.791667
4/24/15	09:50:00	PM	40.5	6.75

### Anexo 1:

Time	Trend		(kW)	kWh
4/07/15	10:00:00	PM	34.875	5.8125
4/07/15	10:10:00	PM	29.875	4.97917
4/07/15	10:20:00	PM	30.375	5.0625
4/07/15	10:30:00	PM	27.25	4.54167
4/07/15	10:40:00	PM	28.25	4.70833
4/07/15	10:50:00	PM	30.875	5.14583
4/07/15	11:00:00	PM	21.75	3.625
4/07/15	11:10:00	PM	23.75	3.95833
4/07/15	11:20:00	PM	31.625	5.27083
4/07/15	11:30:00	PM	31.125	5.1875
4/07/15	11:40:00	PM	23.375	3.89583
4/07/15	11:50:00	PM	24.5	4.08333
4/08/15	12:00:00	AM	30.375	5.0625
4/08/15	12:10:00	AM	19.5	3.25
4/08/15	12:20:00	AM	16.25	2.70833
4/08/15	12:30:00	AM	18	3
4/08/15	12:40:00	AM	28.125	4.6875
4/08/15	12:50:00	AM	34.375	5.72917
4/08/15	01:00:00	AM	33	5.5
4/08/15	01:10:00	AM	30.875	5.14583
4/08/15	01:20:00	AM	18.25	3.04167
4/08/15	01:30:00	AM	19.125	3.1875
4/08/15	01:40:00	AM	26.875	4.47917
4/08/15	01:50:00	AM	29.125	4.85417
4/08/15	02:00:00	AM	28.75	4.79167
4/08/15	02:10:00	AM	19	3.16667
4/08/15	02:20:00	AM	19.25	3.20833
4/08/15	02:30:00	AM	16.375	2.72917
4/08/15	02:40:00	AM	18	3
4/08/15	02:50:00	AM	17.875	2.97917
4/08/15	03:00:00	AM	19.25	3.20833
4/08/15	03:10:00	AM	18	3
4/08/15	03:20:00	AM	18	3
4/08/15	03:30:00	AM	17.5	2.91667
4/08/15	03:40:00	AM	19.25	3.20833

kW promedio	75.06031469
kWh diarios	1788.9375

**1788.9375**  
75.06031469

## Anexo 1:

---

---

4/08/15	03:50:00	AM	17.875	2.97917
4/08/15	04:00:00	AM	18	3
4/08/15	04:10:00	AM	29	4.83333
4/08/15	04:20:00	AM	22.25	3.70833
4/08/15	04:30:00	AM	19	3.16667
4/08/15	04:40:00	AM	16.125	2.6875
4/08/15	04:50:00	AM	16.125	2.6875
4/08/15	05:00:00	AM	16.125	2.6875
4/08/15	05:10:00	AM	29.75	4.95833
4/08/15	05:20:00	AM	25.875	4.3125
4/08/15	05:30:00	AM	17.875	2.97917
4/08/15	05:40:00	AM	30.25	5.04167
4/08/15	05:50:00	AM	19.375	3.22917
4/08/15	06:00:00	AM	17.75	2.95833
4/08/15	06:10:00	AM	18	3
4/08/15	06:20:00	AM	29.875	4.97917
4/08/15	06:30:00	AM	19.75	3.29167
4/08/15	06:40:00	AM	19.25	3.20833
4/08/15	06:50:00	AM	29.75	4.95833
4/08/15	07:00:00	AM	17.375	2.89583
4/08/15	07:10:00	AM	27.625	4.60417
4/08/15	07:20:00	AM	34.125	5.6875
4/08/15	07:30:00	AM	32.25	5.375
4/08/15	07:40:00	AM	48.75	8.125
4/08/15	07:50:00	AM	32.5	5.41667
4/08/15	08:00:00	AM	44.75	7.45833
4/08/15	08:10:00	AM	47.75	7.95833
4/08/15	08:20:00	AM	49.25	8.20833
4/08/15	08:30:00	AM	123.38	20.5625
4/08/15	08:40:00	AM	140.5	23.4167
4/08/15	08:50:00	AM	111	18.5
4/08/15	09:00:00	AM	88.625	14.7708
4/08/15	09:10:00	AM	101.88	16.9792
4/08/15	09:20:00	AM	119.88	19.9792
4/08/15	09:30:00	AM	105.5	17.5833
4/08/15	09:40:00	AM	106	17.6667
4/08/15	09:50:00	AM	112.5	18.75

## Anexo 1:

---

---

4/08/15	10:00:00	AM	117	19.5
4/08/15	10:10:00	AM	121.25	20.2083
4/08/15	10:20:00	AM	117.75	19.625
4/08/15	10:30:00	AM	115.25	19.2083
4/08/15	10:40:00	AM	110.13	18.3542
4/08/15	10:50:00	AM	118.38	19.7292
4/08/15	11:00:00	AM	125.25	20.875
4/08/15	11:10:00	AM	122.63	20.4375
4/08/15	11:20:00	AM	119.63	19.9375
4/08/15	11:30:00	AM	121.63	20.2708
4/08/15	11:40:00	AM	118.88	19.8125
4/08/15	11:50:00	AM	139.88	23.3125
4/08/15	12:00:00	PM	123.75	20.625
4/08/15	12:10:00	PM	129	21.5
4/08/15	12:20:00	PM	122.13	20.3542
4/08/15	12:30:00	PM	123.38	20.5625
4/08/15	12:40:00	PM	118.5	19.75
4/08/15	12:50:00	PM	122.38	20.3958
4/08/15	01:00:00	PM	151.38	25.2292
4/08/15	01:10:00	PM	125.88	20.9792
4/08/15	01:20:00	PM	131.63	21.9375
4/08/15	01:30:00	PM	138.13	23.0208
4/08/15	01:40:00	PM	137.25	22.875
4/08/15	01:50:00	PM	129.5	21.5833
4/08/15	02:00:00	PM	143	23.8333
4/08/15	02:10:00	PM	137.5	22.9167
4/08/15	02:20:00	PM	129.75	21.625
4/08/15	02:30:00	PM	134.13	22.3542
4/08/15	02:40:00	PM	130.63	21.7708
4/08/15	02:50:00	PM	126.88	21.1458
4/08/15	03:00:00	PM	133	22.1667
4/08/15	03:10:00	PM	131.25	21.875
4/08/15	03:20:00	PM	160	26.6667
4/08/15	03:30:00	PM	134.38	22.3958
4/08/15	03:40:00	PM	130	21.6667
4/08/15	03:50:00	PM	160.63	26.7708
4/08/15	04:00:00	PM	132.75	22.125

## Anexo 1:

---

---

4/08/15	04:10:00	PM	163.75	27.2917
4/08/15	04:20:00	PM	144.38	24.0625
4/08/15	04:30:00	PM	155.25	25.875
4/08/15	04:40:00	PM	136	22.6667
4/08/15	04:50:00	PM	132.88	22.1458
4/08/15	05:00:00	PM	127.5	21.25
4/08/15	05:10:00	PM	104.25	17.375
4/08/15	05:20:00	PM	156	26
4/08/15	05:30:00	PM	127	21.1667
4/08/15	05:40:00	PM	130.63	21.7708
4/08/15	05:50:00	PM	132.25	22.0417
4/08/15	06:00:00	PM	110.63	18.4375
4/08/15	06:10:00	PM	125.63	20.9375
4/08/15	06:20:00	PM	108.25	18.0417
4/08/15	06:30:00	PM	113.75	18.9583
4/08/15	06:40:00	PM	57.75	9.625
4/08/15	06:50:00	PM	55	9.16667
4/08/15	07:00:00	PM	61.875	10.3125
4/08/15	07:10:00	PM	49.625	8.27083
4/08/15	07:20:00	PM	62	10.3333
4/08/15	07:30:00	PM	47.875	7.97917
4/08/15	07:40:00	PM	37.375	6.22917
4/08/15	07:50:00	PM	56.375	9.39583
4/08/15	08:00:00	PM	135	22.5
4/08/15	08:10:00	PM	125.5	20.9167
4/08/15	08:20:00	PM	97	16.1667
4/08/15	08:30:00	PM	74.5	12.4167
4/08/15	08:40:00	PM	71.375	11.8958
4/08/15	08:50:00	PM	91.5	15.25
4/08/15	09:00:00	PM	74.25	12.375
4/08/15	09:10:00	PM	71.25	11.875
4/08/15	09:20:00	PM	91.75	15.2917
4/08/15	09:30:00	PM	67	11.1667
4/08/15	09:40:00	PM	45.75	7.625



## KD 300-80 F Series

KD325GX-LFB KD330GX-LFB

### CUTTING EDGE TECHNOLOGY

As a pioneer with four decades of experience in the development of photovoltaic systems, Kyocera drives the market as a leading provider of PV products. We demonstrate our *Kaizen* philosophy, or commitment to continuous improvement, by setting the industry standard in the innovation of best-in-class solar energy equipment.

### QUALITY BUILT IN

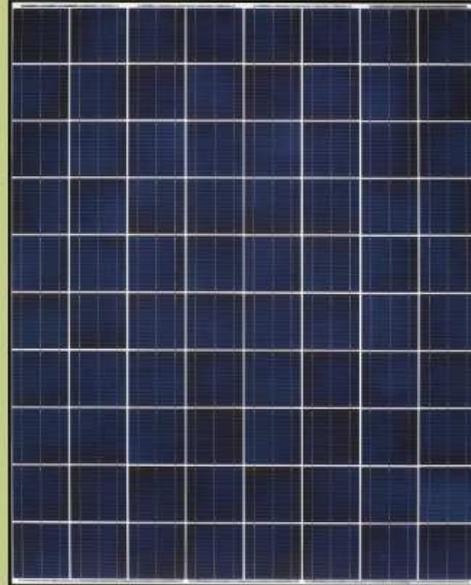
- UV-stabilized, anodized aluminum frame in black
- Supported by major mounting structure manufacturers
- Easily accessible grounding points on all four corners for fast installation
- Proven junction box technology with 12 AWG PV wire works with transformerless inverters
- Locking plug-in connectors provide safe, quick connections

### PROVEN RELIABILITY

- Kyocera modules confirmed by the Desert Knowledge Australia Solar Centre to have the highest average output of any crystalline module
- First module manufacturer in the world to pass long-term sequential testing performed by TÜV Rheinland
- This series construction also passed TÜV Rheinland's Salt Mist Corrosion Test at Severity Level 6, the most intense test conditions available
- Only module manufacturer to achieve the rank of "Performance Leader" in all six categories of GTM Research's 2014 PV Module Reliability Scorecard

### CERTIFICATIONS

- UL1703 Certified and Registered, UL Module Fire Performance: Type 2, CEC
- NEC2008 Compliant, IEC 61215/61730, and ISO 14001
- IEC61701 Ed.2 Severity 6 (Salt Mist Corrosion Test)



HIGH EFFICIENCY MULTICRYSTAL PHOTOVOLTAIC MODULE

**SOLAR** by KYOCERA

## Anexo 2:

### KD 300-80 F Series

## ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Standard Test Conditions (STC)  
STC=1000 W/M<sup>2</sup> irradiance, 25°C module temperature, AM 1.5 spectrum\*

	KD325GX-LFB	KD330GX-LFB	
P <sub>max</sub>	325	330	W
V <sub>mp</sub>	40.3	40.5	V
I <sub>mp</sub>	8.07	8.15	A
V <sub>oc</sub>	49.7	49.9	V
I <sub>sc</sub>	8.69	8.79	A
P <sub>tolerance</sub>	+5/-0	+5/-0	%

Nominal Operating Cell Temperature Conditions (NOCT)  
NOCT=800 W/M<sup>2</sup> irradiance, 20°C ambient temperature, AM 1.5 spectrum\*

T <sub>NOCT</sub>	45	45	°C
P <sub>max</sub>	234	237	W
V <sub>mp</sub>	36.2	36.4	V
I <sub>mp</sub>	6.47	6.52	A
V <sub>oc</sub>	45.5	46.6	V
I <sub>sc</sub>	7.04	7.12	A
PTC	290.4	295.0	W

### Temperature Coefficients

P <sub>max</sub>	-0.45	-0.45	%/°C
V <sub>mp</sub>	-0.47	-0.47	%/°C
I <sub>mp</sub>	0.0025	0.0025	%/°C
V <sub>oc</sub>	-0.36	-0.36	%/°C
I <sub>sc</sub>	0.06	0.06	%/°C
Operating Temp	-40 to +90	-40 to +90	°C

### System Design

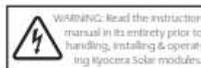
Series Fuse Rating 15 A

Maximum DC System Voltage (UL) 1000 V

Hailstone Impact in (25mm) @ 51mp (23m/s)

\*Subject to simulator measurement uncertainty of +/- 3%.  
KYOCERA reserves the right to modify these specifications without notice.

NEC 2008 COMPLIANT  
UL 1703 LISTED  
032114

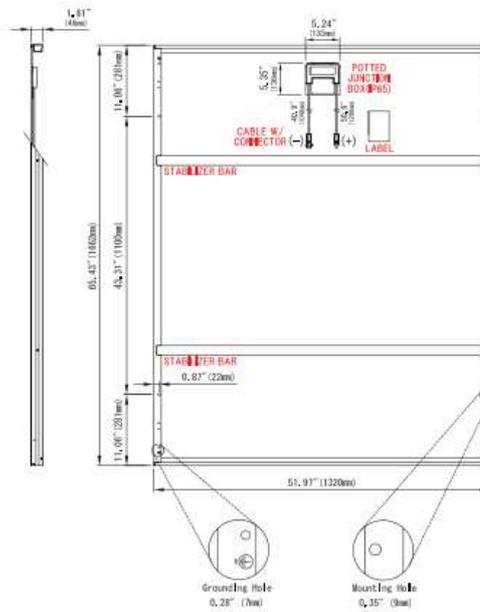


## MODULE CHARACTERISTICS

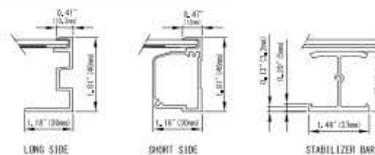
Cells per module:	80 (8 x 10)
Dimensions: length/width/height	65.43in/51.97in/1.81in (1662mm/1320mm/46mm)
Weight:	60.6lbs (27.5kg)

## PACKAGING SPECIFICATIONS

Modules per pallet:	20
Pallets per 53' container:	22
Pallet box dimensions: length/width/height	66in/53in/47in (1675mm/1330mm/1175mm)
Pallet box weight:	1323lbs (600kg)



### FRAME CROSS SECTION DIAGRAM



OUR VALUED PARTNER

KYOCERA Solar, Inc. 800-223-9580 800-523-2329 fax www.kyocerasolar.com

## Conext CL three-phase grid-tie inverters

### Ideal solution for commercial buildings, carports and decentralised power plants

The Conext™ CL Series is a new line of three phase string Inverters designed for high efficiency, maximum flexibility and easy installation and service. Electrolyte-free design with Schneider Electric's rigorous reliability test procedures improve the long term reliability. Five configuration options of Integrated wiring box allow for easy, flexible and low cost installations. Decentralised architecture, full grid support features and system capability together with Schneider Electric's broad range of medium voltage products make Conext CL the ideal choice for medium and large PV plants. Backed by Schneider Electric's global service infrastructure, leading manufacturing facilities and its expertise in energy management, the Conext CL Series is the inverter you should trust for quality and reliability.

#### Why choose Conext CL?



##### Higher return on investment

- High conversion efficiency: 98.4% peak efficiency, 98.0% Euro efficiency
- Great value for money: integrated wiring box saves customer the cost of external DC combiner box\*
- Overpaneling capability to allow for maximizing energy harvest



##### Designed for reliability

- Robust design through rigorous Multiple Environmental Over Stress Testing (MEOST), Highly Accelerated Test (HALT) and Temperature Humidity Bias (THB)
- Electrolyte-free design to guard against dried cap issue and help to improve long term reliability
- Designed and qualified for applications in tropical environments through salt fog testing and use of conformal coating



##### Flexible

- Five options of wiring box (base, essential, essential\*, optimum and optimum\*) to fit different customer needs
- 10° - 90° installation angle to allow for flexible mounting
- Easy to connect to third party monitoring systems



##### Easy to service

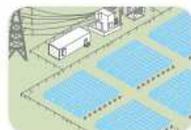
- Touch-safe fuse holder available for easy and protective fuse replacement
- Easily replaceable fan
- Both DC and AC Surge Protection Device (SPD) with included monitoring to help to protect inverter from lightning threat (optimum model)



##### Easy to install

- Detachable inverter to allow for easy installation and upgrades
- Light weight with integrated handles for 2 persons installation
- Touch-safe fuse holder to guard for an easy installation and replacement

#### Product applications



PV power plants decentralised



Commercial grid-tie decentralised



Carports

\*An external fuse protection shall be installed if base model from available product variants is chosen.



Schneider Electric Conext CL 20 / 25 / 35 kW string inverter with wiring box

## Anexo 2:

### Residential, commercial and decentralised PV power plants

Device short name	CL18000 NA	CL25000 NA	CL35000 NA
<b>Electrical specifications</b>			
<b>Input (DC)</b>			
Full power MPPT voltage range	300 - 800 V	500 - 800 V	520 - 800 V
Operating voltage range	250 - 1000 V	250 - 1000 V	250 - 1000 V
Max. input voltage, open circuit	1000 V	1000 V	1000 V
Number of MPPT / strings per MPPT	2 / 4	2 / 4	1 / 10
Max. DC input current per MPPT	32.0 A	26.5 A	73.7 A
Absolute max. short circuit current per MPPT	36.0 A	36.0 A	96.0 A
Nominal DC input power	19.0 kW	26.5 kW	36.8 kW
Max. DC input power per MPPT	11.4 kW	15.9 kW	44.2 kW
DC connection (in the wiring box)	Bottom and side conduit/ cable entry, Base model: spring cage clamp connector, Essential model and Advanced model: fuse holder	Bottom and side conduit/ cable entry, Base model: spring cage clamp connector, Essential model and Advanced model: fuse holder	Bottom and side conduit/ cable entry, Base model: spring cage clamp connector, Essential model and Advanced model: fuse holder
<b>Output (AC)</b>			
Rated output power*	18.0 kW	25.0 kW	35.0 kW
Max. apparent power	20.0 kVA	27.5 kVA	38.9 kVA
Nominal output voltage	277 / 480 V	277 / 480 V	277 / 480 V
AC voltage range	244 - 305 V / 422 - 528 V	244 - 305 V / 422-528 V	244 - 305 V / 422-528 V
Frequency	60 Hz	60 Hz	60 Hz
Frequency range (adjustable)	60 +/- 3 Hz	60 +/- 3 Hz	60 +/- 3 Hz
Max. output current	25 A	33 A	46 A
Total harmonic distortion	< 3 %	< 3 %	< 3 %
Power factor (adjustable)	0.8 lead to 0.8 lag	0.8 lead to 0.8 lag	0.8 lead to 0.8 lag
AC connection (in the wiring box)	Bottom and side conduit/cable entry, spring cage clamp	Bottom and side conduit/cable entry, spring cage clamp connector	Bottom and side conduit/cable entry, spring cage clamp connector
<b>Efficiency</b>			
Peak	98.0 %	98.4 %	98.4 %
CEC	97.5 %	98.0 %	98.0 %
<b>General specifications</b>			
Power consumption at night time	< 2.5 W	< 2.5 W	< 3.0 W
Enclosure rating	NEMA 4 (electronics) / NEMA 3R (rear portion)	NEMA 4 (electronics) / NEMA 3R (rear portion)	NEMA 4 (electronics) / NEMA 3R (rear portion)
Cooling	Fan cooled	Fan cooled	Fan cooled
Inverter weight	45 kg (99.2 lb)	45 kg (99.2 lb)	50 kg (110.2 lb)
Wiring box weight	16 kg (35.3 lb)	16 kg (35.3 lb)	18 kg (39.7 lb)
Inverter dimensions (H x W x D)	71.5 x 67.8 x 26.4 cm (28.1 x 26.7 x 10.4 in)	71.5 x 67.8 x 26.4 cm (28.1 x 26.7 x 10.4 in)	71.5 x 67.8 x 29.4 cm (28.1 x 26.7 x 11.6 in)
Wiring box dimensions (H x W x D)	36.0 x 67.8 x 26.4 cm (14.2 x 26.7 x 10.4 in)	36.0 x 67.8 x 26.4 cm (14.2 x 26.7 x 10.4 in)	36.0 x 67.8 x 29.4 cm (14.2 x 26.7 x 11.6 in)
Ambient air temperature for operation	-20 to 60°C (-4°F to 140°F)	-20 to 60°C (-4°F to 140°F)	-20 to 60°C (-4°F to 140°F)
Max. operating altitude without derating	2000 m (6560 ft)	2000 m (6560 ft)	2000 m (6560 ft)
Relative humidity %	4...100 condensing	4...100 condensing	4...100 condensing
Noise emission (at 1 m distance)	< 55 dBA	< 55 dBA	< 55 dBA
<b>Features and options</b>			
Embedded data logger	Yes		
User interface	Graphic display, buttons		
Communication interface	RS485 (MODBUS RTU), Ethernet / MODBUS TCP (Ethernet), USB and dry contact		
Monitoring	SunSpec Alliance profile, Surge Protection Device (SPD) and Arc Fault Detection (AFD) monitoring available with device		
Remote power off	Yes		
<b>Regulatory approval</b>			
Certifications (pending)	UL1741, IEEE 1547.1, CSA C22.2 107, 1-01, FCC Part 15**		
<b>Available product variants</b>			
Base: AC connector and DC connector	PVSL18NA100	PVSL25NA100	PVSL35NA100
Essential: Touch-safe fuse holder, DC switch and AC connector	PVSL18NA200	PVSL25NA200	PVSL35NA200
Essential: Essential + AFD	PVSL18NA201	PVSL25NA201	PVSL35NA201
Optimum: Essential + DC SPD and AC SPD	PVSL18NA300	PVSL25NA300	PVSL35NA300
Optimum: Optimum + AFD	PVSL18NA301	PVSL25NA301	PVSL35NA301

Specifications are subject to change without notice. \*At rated grid voltage with power factor from 0.9 to 1. \*\*Country certification is subject to modification.



Distribuido por 



**Especificaciones Técnicas**  
**L-4DM-390M**

### LTH Ciclado Profundo - Aplicaciones Marinas

Los acumuladores LTH Ciclado Profundo para aplicaciones marinas han sido diseñados para soportar un alto número de descargas profundas y ser recargados sin afectar su desempeño.

Estos acumuladores son ideales para proveer energía eléctrica a todos los dispositivos adicionales que demanden energía a la embarcación, y que no cuenten con un sistema de generación propia o excedan la capacidad del sistema eléctrico. Por ejemplo: sistemas de navegación, equipos de radiocomunicación, troleadores, etc.

También pueden ser utilizados en aplicaciones como sistemas fotovoltaicos y bancos de respaldo.



### Especificaciones del Producto

BCI	Aplicación	Voltaje	Polaridad	Dimensiones			Peso (kgs)	Garantía (meses)	
				Largo	Ancho	Alto*		Sin Costo	Prorrata
4D	Ciclado Profundo	12	(+) / (-)	531	210	245	53.1	12	0

\*La altura máxima incluye el poste

Amperios / Hora				Descarga (Amperios)				Capacidad de Reserva (Minutos)			Energía (kWh)		
@ 5Hrs.	@ 10Hrs.	@ 20Hrs.	@ 100Hrs.	@ 5Hrs.	@ 10Hrs.	@ 20Hrs.	@ 100Hrs.	@ 25 Amps.	@ 56 Amps.	@ 75 Amps.	@ 5Hrs.	@ 20Hrs.	@ 100Hrs.
157	172	190	211	31.1	17.2	9.5	2.1	390	-	107	1.88	2.28	2.53

Ajustes de Voltaje de Cargadores ( @25° C)						
Voltaje del Sistema	6V	12V	24V	36V	48V	60V
Carga Lenta	7.40	14.80	29.60	44.40	59.20	74.00
Carga Flotante	6.60	13.20	26.40	39.60	52.80	66.00
Carga de Nivelación	7.75	15.50	31.00	46.50	62.00	77.50





ELECTRONICS, INC.  
44 FARRAND STREET  
BLOOMFIELD, NJ 07003  
(973) 748-5089

## NTE89 Silicon NPN Transistor Color TV Horizontal Output w/Internal Damper Diode

**Features:**

- Color TV Horizontal Output Applications
- High Voltage:  $V_{CBO} = 1500V$
- Low Saturation Voltage:  $V_{CE(sat)} = 5V$  Max ( $I_C = 5A, I_B = 1A$ )
- High Speed:  $t_f = 1.0\mu s$  Max
- Built-In Damper Diode
- Glass Passivated Collector-Base Junction

**Absolute Maximum Ratings:** ( $T_A = +25^\circ C$  unless otherwise specified)

Collector-Base Voltage, $V_{CBO}$ .....	1500V
Collector-Emitter Voltage, $V_{CEO}$ .....	600V
Emitter-Base Voltage, $V_{EBO}$ .....	5V
Continuous Collector Current, $I_C$ .....	6A
Emitter Current, $I_E$ .....	-6A
Collector Power Dissipation ( $T_C = +25^\circ C$ ), $P_C$ .....	50W
Operating Junction Temperature, $T_J$ .....	+150°C
Storage Temperature Range, $T_{stg}$ .....	-65° to +150°C

**Electrical Characteristics:** ( $T_A = +25^\circ C$  unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Collector Cutoff Current	$I_{CBO}$	$V_{CB} = 500V, I_E = 0$	-	-	10	$\mu A$
Emitter-Base Breakdown Voltage	$V_{(BR)EBO}$	$I_E = 200mA, I_C = 0$	5	-	-	V
DC Current Gain	$h_{FE}$	$V_{CE} = 5V, I_C = 1A$	8	12	-	
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(sat)}$	$I_C = 5A, I_B = 1A$	-	3	5	V
Base-Emitter Saturation Voltage	$V_{BE(sat)}$	$I_C = 5A, I_B = 1A$	-	-	1.5	V
Forward Voltage (Damper Diode)	$-V_F$	$I_F = 6A$	-	1.6	2.0	V
Transition Frequency	$f_T$	$V_{CE} = 10V, I_C = 100mA$	-	3	-	MHz
Collector Output Capacitance	$C_{ob}$	$V_{CB} = 10V, I_E = 0, f = 1MHz$	-	165	-	pF
Fall Time	$t_f$	$I_{CP} = 5A, I_{B1(end)} = 1A$	-	0.5	1.0	$\mu s$

### Abreviaturas

Brundtland report.- Reporte Brundtland “Nuestro futuro común”

CER.- Créditos de energía renovable.

c.a. .- Corriente alterna.

c.d. .- Corriente directa.

CFE.- Comisión Federal de Electricidad.

CIEMAT.-Centre for Energy Environment Technology (Centro de Energía, Medio Ambiente y Tecnología).

CRE.- Comisión Reguladora

FF.-Factor de forma

FV.- Fotovoltaico(s) o fotovoltaica(s).

FP.-Factor de potencia.

GEI.-Gases de efecto invernadero.

IEA.-Agencia internacional de energía.

kWp.-Kilowatt pico.

MDL.-Mecanismos de desarrollo limpio.

Mtoe.-Megatoneladas, tonelada equivalente de petróleo

SFV.-Sistema fotovoltaico.

SFVI.-Sistema fotovoltaico interconectado a la red.

SMN.-Servicio meteorológico nacional.

Sol.-Máxima potencia eléctrica de salida usando una fuente con una potencia luminosa de  $[1 \text{ kW/m}^2]$

TPES.-Suministro total de energía

Watt Pico (Wp) .-Unidad de potencia pico, bajo condiciones estándar de prueba CEP.

### **Arreglo fotovoltaico**

Circuito conformado por varias ramas de módulos fotovoltaicos conectados entre sí.

### **Celda fotovoltaica**

El elemento semiconductor más pequeño capaz de convertir la luz solar en energía eléctrica vía corriente directa.

### **Conductores de rama**

Conductores que conectan los módulos de una rama entre sí o que conectan una rama del arreglo fotovoltaico a una caja de conexión o a las terminales de corriente directa del inversor.

### **Desarrollo Sustentable**

La sustentabilidad se refiere a la administración eficiente y racional de los recursos, de manera tal que sea posible mejorar el bienestar de la población actual sin comprometer la calidad de vida de las generaciones futuras

### **Generador fotovoltaico**

Unidad generadora capaz de convertir la radiación solar incidente directamente en energía eléctrica en forma de corriente directa. Está constituido dpor la generación eléctrica y mecánica de los siguientes componentes

- a) Módulos fotovoltaicos
- b) Subarreglos (grupos de módulos fotovoltaicos)
- c) Arreglo fotovoltaico (grupo de subarreglos)
- d) Caja de conexión
- e) Cables y conexiones eléctricas
- f) Dispositivos de protección
- g) Sistema de tierras
- h) Estructuras de montaje.

### **Inversor**

Dispositivo electrónico de potencia cuya función principal es convertir la señal de c.d. del GFV en una señal de c.a sincronizada con la red. Constituye el elemento central del interfaz entre el GVF y la red eléctrica. La salida de c.a. puede ser monofásica o trifásica. Adicionalmente realiza otras funciones de protección y control para el funcionamiento eficiente y seguro del SFVI. Este equipo también es referenciado como subsistema de acondicionamiento de potencia.

### **Interfaz con la red**

Interconecta la salida del inversor con las cargas locales de c.a. del inmueble y con el sistema eléctrico de distribución. Permite al SFV operar en paralelo con la red para que la energía pueda fluir en uno u otro sentido entre la red y la interfaz. Puede tener las siguientes funciones:

- a) Distribución de la c.a. que fluye entre el sistema de acondicionamiento de potencia, las cargas locales y las líneas de distribución de la red.
- b) Provisión de medios de desconexión para seguridad y mantenimiento.
- c) Medición de flujos de energía entre el sistema, las cargas locales y la red.
- d) Protecciones para el sistema de c.a. que no sean proporcionadas por el inversor.
- e) Conversión de tensión de c.a./c.a. si no es proporcionada por el inversor.

### **Módulo fotovoltaico**

Grupo de celdas fotovoltaicas interconectadas eléctricamente entre si, mecánicamente agrupadas y encapsuladas en una unidad para protegerlas del medio ambiente. Un MFV es la unidad de generación mas pequeña lista para utilizarse.

### **Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red (SFVI)**

Sistema fotovoltaico de generación eléctrica en el que la energía en corriente directa del GFV es convertida en energía en corriente alterna (c.a.), a la tensión y frecuencia de la red eléctrica y sincronizada con ella. Al conectarse en paralelo con la red, el SFV contribuye al suministro de la energía demandada a la red. Si existe una carga local en el inmueble, ésta debe ser alimentada por cualquiera de las dos fuentes o por ambas simultáneamente, dependiendo de los valores instantáneos de la carga y de la potencia de salida del SFV. Cualquier superávit de potencia del SFV es inyectado a la red eléctrica y cualquier déficit es demandado a ésta. La figura 2 muestra el diagrama de bloques de un SFVI; las flechas indican el flujo de la energía.

### **Capacidad de generación**

Para evitar disturbios en la red y sobrecargas en el sistema de distribución, la capacidad de generación de un consumidor no deber ser mayor de la capacidad de servicio que tiene contratada y la capacidad total de generación FV dispersa en un mismo alimentador no debe ser mayor de la capacidad de transporte del alimentador.

### **Punto de Interconexión**

El SFVI debe conectarse del lado de la carga, preferentemente en el interruptor general de servicio del inmueble. El interruptor de servicio proporciona así un medio manual de desconexión accesible al personal de la CFE.

Es posible conectar la salida del SFVI en otro punto del sistema eléctrico del inmueble cuando el SFV se encuentre a una distancia considerable del interruptor general de servicio, siempre y cuando se cumpla lo siguiente:

- a) La suma de las capacidades de los dispositivos de sobrecorriente de los circuitos que alimenta un bus o conductor no debe exceder de 120 % la capacidad de transporte de corriente del bus o conductor.
- b) Todos los interruptores que van a ser alimentados con corriente en ambos sentidos dentro del sistema eléctrico deben estar especificados para operación bidireccional.
- c) Las condiciones de mantenimiento y supervisión deben ser garantizadas para que solamente personal calificado opere y proporcione mantenimiento a las instalaciones.

### **Espacio Disponible**

La superficie que ocupa este tipo de instalaciones depende de la potencia instalada y del tipo de módulos fotovoltaicos que se utilicen. El peso de los MFV también varía en función del tipo que se utilice. Es deseable que el inmueble cuente con una pared sombreada y resguardada en la que se puedan instalar los inversores e interruptores.

### **Orientación del Arreglo**

Ésta es una de las características más importantes para el mejor aprovechamiento del recurso solar. Sin embargo, se debe tener presente que dicha orientación se puede ver afectada tanto por la ubicación y arquitectura del inmueble, como por las características constructivas del mismo. Se debe procurar siempre orientar el GFV hacia el sur con una inclinación equivalente a la latitud geográfica del sitio de la instalación, con ello se maximiza la captación del recurso solar a lo largo del año.

Es necesario señalar que independientemente de la inclinación que se le dé al arreglo para maximizar la captación de energía en alguna estación del año en particular, la captación total anual en cada caso no guarda una diferencia significativa y lo único que se logra es incrementar la generación FV en la estación de interés.

Se debe considerar que en ningún momento del día los módulos deben estar a la sombra, aunque sea sólo parcialmente.

### **Mantenimiento**

El alcance y periodicidad del mantenimiento preventivo necesario en el SFVI depende en gran medida de las condiciones ambientales específicas en la zona, principalmente del grado de polvo, humedad en el ambiente e irradiación solar (para el caso de cables y gabinetes no metálicos).

El mantenimiento correctivo del SFVI, cuando se presenta una falla que deshabilita su operación normal, debe ser atendido por personal técnico especializado.

- A continuación se listan las principales labores (periódicas) de mantenimiento preventivo y verificación operacional que demanda un SFVI.

### **Instalación eléctrica**

A la instalación eléctrica en general se debe realizar una verificación anual del estado que guarda el aislamiento de los conductores expuestos a la intemperie (no canalizados), buscando básicamente evidencia de resquebrajamiento del aislamiento o daño físico en los mismos. Asimismo, se debe verificar que todas las canalizaciones eléctricas se mantienen en buen estado y se encuentran debidamente soportadas.

En relación a las conexiones eléctricas en el circuito, la verificación física de que éstas se conservan firmemente sujetas (apretadas) en todos y cada uno de los puntos de conexión solamente se justifica cuando hay evidencia de que el conductor, la tubería “conduit” o el gabinete ha sido o está sometido a esfuerzos mecánicos y/o presenta un daño físico visible. La causa más común que da lugar a este tipo de anomalía es la tensión de los cables originada por soportes sueltos o la ausencia de éstos.

Verificar que la conexión a tierra del sistema y la de cada uno de los equipos, se mantiene firme y sin señales de corrosión.

Para el óptimo desempeño del SFV se debe conservar siempre libre de polvo y/o suciedad la superficie de los módulos FV. Por lo tanto, se debe:

- a) Limpiar la superficie de vidrio del módulo según sea necesario, utilizando agua y una esponja o paño suave para la limpieza. Se puede emplear un agente de limpieza suave y no abrasivo para quitar suciedad resistente. Esta operación es similar a la que demanda la limpieza de la carrocería de un automóvil.
- b) Verificar las conexiones eléctricas y mecánicas cada seis meses para asegurarse que se encuentren limpias, seguras y libres de daño.
- c) Realizar la limpieza al menos cuatro veces al año o bien en función de la cantidad de polvo en el ambiente dependiendo de la época del año.

### **Inversor**

Antes de dar mantenimiento al inversor se deben seguir estrictamente las instrucciones indicadas para ello en el manual del fabricante, poniendo especial interés en el apagado del inversor (desenergizarlo), tanto en c.a. como en c.d. Se recomienda que al menos cada mes (o según se requiera) se dé mantenimiento preventivo a:

a) Disipador de calor.

La acumulación de polvo y suciedad en las aletas del disipador de calor y en el cuerpo y las rejillas de protección del ventilador, si el equipo está provisto de uno, decrece la capacidad de transferencia de calor, lo cual puede originar la salida de operación del inversor al operarse la protección contra sobretensión. Por lo tanto, se debe inspeccionar la acumulación de suciedad en las aletas del disipador de calor y en la rejilla de protección del ventilador y limpiarse adecuadamente.

b) Operación del ventilador.

En caso que el inversor cuente con ventilación forzada, se debe verificar la adecuada operación del ventilador del disipador de calor. Normalmente el ventilador opera a través del cierre de contactos de un relevador. Retire el polvo y/o suciedad acumulada en el ventilador y en la guarda de protección.

## Lista de tablas y figuras

---

Figura 1	Generación y uso de la energía.	Página 8
Figura 2	Combustibles fósiles.	Página 9
Figura 3	Sistema energético	Página 10
Figura 4	Espectro Electromagnético de la luz solar.	Página 15
Figura 5	Variación de la masa de aire a través de la atmosfera	Página 16
Figura 6	Radiación Solar Diaria Promedio Anual	Página 18
Figura 7	Horas de Sol Pico Por Día Para La República Mexicana	Página 19
Figura 8	Orientación del Arreglo FV para Máxima Producción De Energía Eléctrica Anual.	Página 20
Figura 9	Átomo de silicio	Página 22
Figura 10	Liberación de electrones del átomo de silicio	Página 23
Figura 11	La corriente dada para cada celda solar en función De la caída de tensión producida en el exterior	Página 24
Figura 12	Circuito equivalente de una celda solar	Página 26
Figura 13	Curva intensidad-tensión	Página 26
Figura 14	Efecto de la temperatura en la celda solar (variable)	Página 28

## Lista de tablas y figuras

---

Figura 15	Efecto de la temperatura en la celda solar(constante)	Página 28
Figura 16	Aprovechamiento de la energía del Sol	Página 35
Figura 17	La radiación solar y sus componentes.	Página 36
Figura 18	Patrón mensual de la irradiación e irradiación global anual [kWh/m <sup>2</sup> ]. Plano Horizontal (fuente: SMN)	Página 37
Figura 19	Patrón estacional (verano-invierno) diario de la irradiancia [kW/m <sup>2</sup> ]. Plano Horizontal (fuente: SMN)	Página 37
Figura 20	Patrón de generación de un SFVI en un día típico de verano e invierno	Página 38
Figura 21	Movimiento del sol durante las distintas estaciones del año.	Página 39
Figura 22	Orientación del sol Este a Oeste.	Página 39
Figura 23	Curva de potencia de un sistema pasivo	Página 40
Figura 24	Curva de potencia de un sistema activo	Página 40
Figura 25	Evolución de los costos de las celdas solares	Página 41
Figura 26	Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red	Página 45
Figura 27	Sistema Fotovoltaico Autónomo	Página 47
Figura 28	Distancia entre Paneles.	Página 52
Figura 29	Curva de Potencia Instantánea del Inmueble	Página 54

## Lista de tablas y figuras

---

Figura 30	Esquema general del sistema GFV	Página 61
Figura 31	Recibo CFE del inmueble	Página 70
Figura 32	Caracterización de una fuente de corriente constante	Página 71
Figura 33	Simulación de voltajes con PSPICE	Página 73
Figura 34	Simulación de corrientes con PSPICE	Página 75
Figura 35	Diagrama unifilar de suministro de energía en el inmueble	Página 76
Figura 36	Diagrama unifilar del GFV	Página 77
Tablas		
Tabla 1	Atributos de las tecnologías fotovoltaicas	Página 29
Tabla 2	Promedio de carga por día [kW] y LA Energía diaria que consume el inmueble[kW]	Página 55
Tabla 3	Sistema fotovoltaico diseñado comparado con energía eléctrica.	Página 64
Tabla 4	Sistema fotovoltaico diseñado comparado con diferentes fuentes de generación(combustibles)	Página 64
Tabla 5-8	Evaluación de Costos del Sistema Fotovoltaico	Página 65

## BIBLIOGRAFÍA

---

Alcor Cabrerizo, Enrique, Instalaciones Solares Fotovoltaicas, 3ª ed., 1ª imp. (08/2002), Promotora general de estudios, s.a.

Becerra López Humberto Rubén, Sistemas Fotovoltaicos Interconectados a la Red, Instituto de Investigaciones Eléctricas, México 2010.

De la Torre Quadri, Gabriel, Consideraciones Climáticas y Ambientales en Políticas Públicas para el Sector Eléctrico en México, Seminario de políticas públicas para el sector eléctrico, México, Cámara de diputados, 2004.

Folch, Ramón, Capdevila, Iván, La energía en el horizonte del 2030, España, Inom SA, 2005  
Gabino Almonacid, Aplicaciones Fotovoltaicas en Edificios (Lección Inaugural. Curso 96/97) Universidad de Jaén.

Generalitat de Catalunya- Comisión Interdepartamental del Cambio Climático.

Gilberto Enríquez Harper, Instalaciones eléctricas domesticas convencionales y solares fotovoltaicas., México, Limusa 2010.

González Galarza, Raúl y Humberto R. Jiménez Grajales. Sistemas Fotovoltaicos conectados a la Red Eléctrica. Curso de Diplomado. Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2007.

Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) Versión marzo 2012. Jacinto Vaqueira Landa, Energía e impacto ambiental, Facultad de Ingeniería UNAM, 2012.

Jiménez, H. R., R. González, J. M. Huacuz, G. Murguía. Efectos preliminares en la red de distribución del primer sistema fotovoltaico trifásico en México. 4to. Congreso Internacional en Innovación y Desarrollo Tecnológico, 11 -13 de octubre de 2006.

José A. Manrique, Energía Solar Fundamentos y Aplicaciones Fototérmicas, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Harla Harper & Row Latinoamerica 1984.

Photovoltaics. Design and Installation Manual. Solar Energy International. New Society Publishers, 2004.

Photovoltaic Systems. 1995. Instituto Fraunhofer para Sistemas Solares de Energía.

Real, M. y Häberlin, H. 1995. Improved Safety of PV Against Fire Using a Novel Arc Detector. 13th European PVSEC (Niza, Francia). Pags. 1858-1859.

## BIBLIOGRAFÍA

---

Robert L. Boylestad, Louis Nashelsky, Teoría de circuitos, Pearson Educación, 1997

Romero-Hernández, Sergio, Romero-Hernández Omar, Wood, Duncan, Energías Renovables: Impulso político y tecnológico para un México sustentable, USAID, ITAM, México 2011.

Secretaría de Energía, Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México, México, 2006.

Secretaria de Energía, Prospectiva del sector eléctrico 2005-2014, México, 2006.

Technical Recommendations for the Grid connection of Dispersed Power Generating Systems. New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO). Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI).

Tipler, Paul A, Física Preuniversitaria. Reverté, S.A, España 1998.

Wiles, John C. Photovoltaic Power Systems and The National Electrical Code: Suggested Practices. 1993. Southwest Technology Development Institute, New Mexico State University.

### Hemerografía

Renewable Energy .DESIGN GUIDE & CATALOG, 2008 AEE Solar

Renewable Energy Design Guide & catalog, 2008 AEE Solar.

Renewable Energy Design Guide & catalog, 2008 AEE Solar.

### Mesografía

[http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas\\_negocio.asp](http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_negocio.asp)

<http://www.conuee.gob.mx/>

[www.codigo-postal.es.mapawi.com/mexico/7](http://www.codigo-postal.es.mapawi.com/mexico/7)

[www.datasheetcatalog.com/](http://www.datasheetcatalog.com/)

[www.distanciasentre.com/mx/mexico-df-latitud-longitud-mexico-df-latitud-mexico-df-longitud/LatitudLongitudHistoria/2496.aspx](http://www.distanciasentre.com/mx/mexico-df-latitud-longitud-mexico-df-latitud-mexico-df-longitud/LatitudLongitudHistoria/2496.aspx)

[www.español.mapsofworld.com/continentes/norte-america/mexico/latitud-y-longitud-de-mexico.html](http://www.español.mapsofworld.com/continentes/norte-america/mexico/latitud-y-longitud-de-mexico.html)

<http://www.promexico.gob.mx/desarrollo-sustentable/>