

SISTEMAS GENERADORES DE ELECTRICIDAD, CON FUENTES RENOVABLES, PARA APLICACIONES RESIDENCIALES COMERCIALES E INDUSTRIALES.

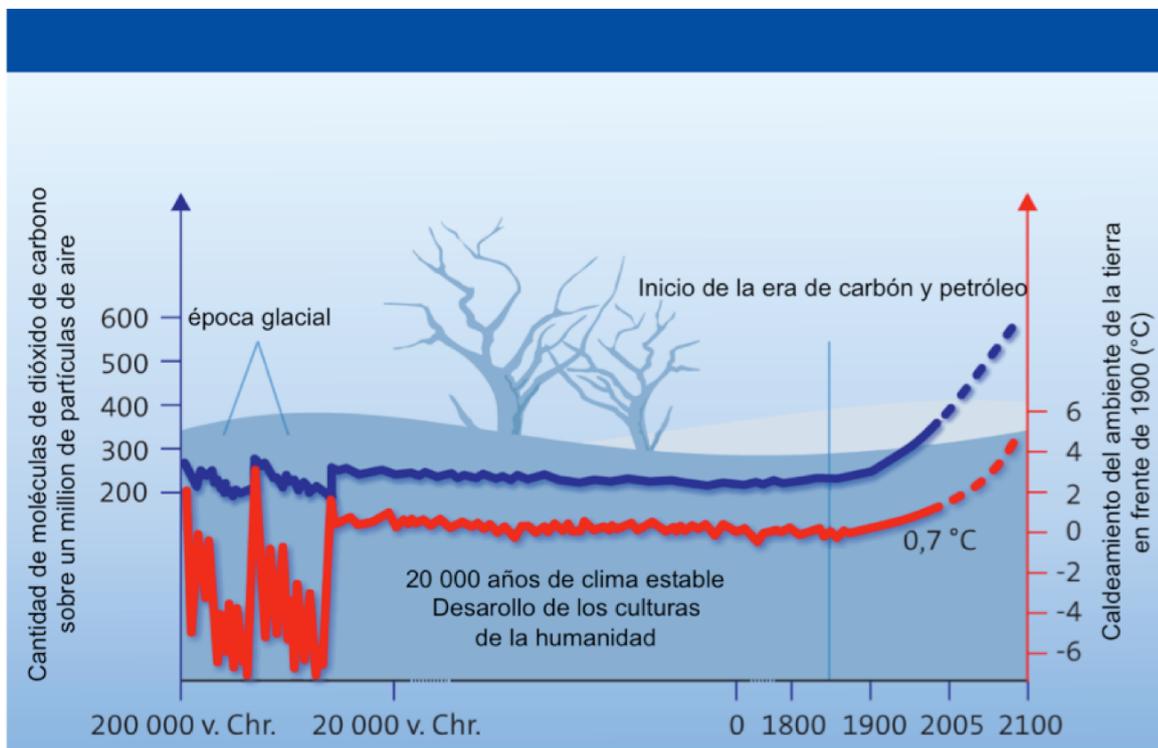
Sistemas Fotovoltaicos:

Introducción;

El impacto que produce la posibilidad de utilizar la energía renovable como la solar, en forma controlada y para nuestros propios fines, ha permitido el desarrollo de sistemas completos de transformación, almacenamiento y distribución de esta energía según nos convenga. La producción de electricidad a partir de la radiación solar mediante células solares, integrados en módulos fotovoltaicos, es una aplicación que aún no se difunde en su totalidad en México.

La energía eléctrica, no está presente en la naturaleza como fuente de energía primaria, y, en consecuencia, sólo podemos disponer de ella mediante la transformación de alguna otra forma de energía. Es por eso que han surgido todo tipo de plantas generadoras de energía a partir de combustibles fósiles, sin embargo, se ha notado que esta forma de generación produce mucha contaminación y devastación de los recursos naturales con los que cuenta nuestro país. Las llamadas "energías alternativas o renovables", son aquellas cuyo uso no genera contaminación y entre ellas podemos citar la energía eólica o la energía solar. La generación de este tipo de energía para generar energía eléctrica no produce contaminantes, y es por eso que últimamente ha tomado mucha importancia, desde por el lado económico (ya que el recurso de generación no tiene costo), así como el impacto beneficioso que hay para el medio ambiente (su generación no emite contaminante alguno), en donde hoy el tema del "calentamiento global", es uno, que no podemos ignorar más, ya que con la quema de combustibles fósiles, generamos contaminantes, siendo uno de ellos, de los más considerables el dióxido de carbono (CO₂), este influye directamente en la elevación de la temperatura promedio anual en nuestra atmósfera.

Efecto invernadero: Dióxido de carbono calienta la tierra



Otro factor relevante, es el agotamiento de nuestras reservas fósiles (en específico del petróleo, aunque también del gas y carbón en el largo plazo), nuestra economía depende en gran medida, de estos recursos, tanto en lo económico, como en lo energético, y no se está creando la infraestructura necesaria, para poder sustituir mediante otros recursos, estos bienes, que sin ellos, afectaría enormemente en el adecuado funcionamiento de la nación.

El hombre ha aprendido recientemente, a transformar la energía solar, en eléctrica, mediante diferentes procedimientos. Algunos de ellos, los llamados heliotérmicos o fototérmicos, operan sobre principios semejantes a los de las centrales térmicas y nucleares convencionales, y por otro lado se encuentran los llamados fotovoltaicos, los cuales significan una importante simplificación respecto a los procesos energéticos convencionales. Las células o celdas fotovoltaicas (en donde la materia prima principal, que es el silicio, es el segundo material más abundante en nuestro planeta) son dispositivos capaces de transformar la radiación solar en electricidad; y son dispositivos estáticos, es decir, carecen de partes móviles.

Conversión de luz solar en electricidad;

La conversión directa de la energía solar en electricidad, depende del efecto fotoeléctrico que ya había sido descubierto en diversas formas en el siglo pasado. El efecto fotoeléctrico, es la emisión de electrones de una superficie sólida (o líquida) cuando se irradia con emanaciones electromagnéticas. Debemos señalar que hay dos tipos de efectos fotoeléctricos en las células solares. El primero es el interno, donde ciertos portadores de carga se ven liberados dentro del seno de un material mediante la absorción de fotones energéticos. En el caso del efecto fotoeléctrico externo, se emiten electrones libres mediante la absorción de fotones energéticos. El efecto fotoeléctrico, es el agente principal del funcionamiento de los dispositivos conocidos como células solares.

La célula fotovoltaica;

Partiendo de una oblea de Silicio (disco muy delgado) se produce una célula solar una vez que se ha creado el campo eléctrico interno y después de preparar los contactos eléctricos adecuados. El campo eléctrico debe ser superficial para que la radiación solar llegue fácilmente hasta él.

Los contactos eléctricos que se hacen en ambas caras de la oblea son de geometría y características especiales. La cara que no recibe la radiación se recubre totalmente, mientras que la cara expuesta a los rayos solares sólo se cubre parcialmente mediante un electrodo metálico en forma de red. Esto permite que el electrodo recoja en forma eficiente los portadores de carga eléctrica generados en el interior de la oblea.

Debido a que una célula solar genera corrientes y voltajes pequeños, éstas no son los elementos que se utilizan en las aplicaciones prácticas, sino que, con objeto de lograr potencias mayores, se acoplan en serie o en paralelo para obtener mayores voltajes y corrientes formando lo que se denomina módulo fotovoltaico, que es el elemento que se comercializa. A la vez, estos módulos se conectan en serie o en paralelo para obtener los voltajes y corrientes que nos den la potencia deseada.

Los módulos en serie aumentan el voltaje y conservan la misma corriente, mientras que módulos en paralelo aumentan la corriente, conservando el mismo voltaje.

El proceso de fabricación de las células solares de silicio lo podemos dividir en tres grandes etapas:

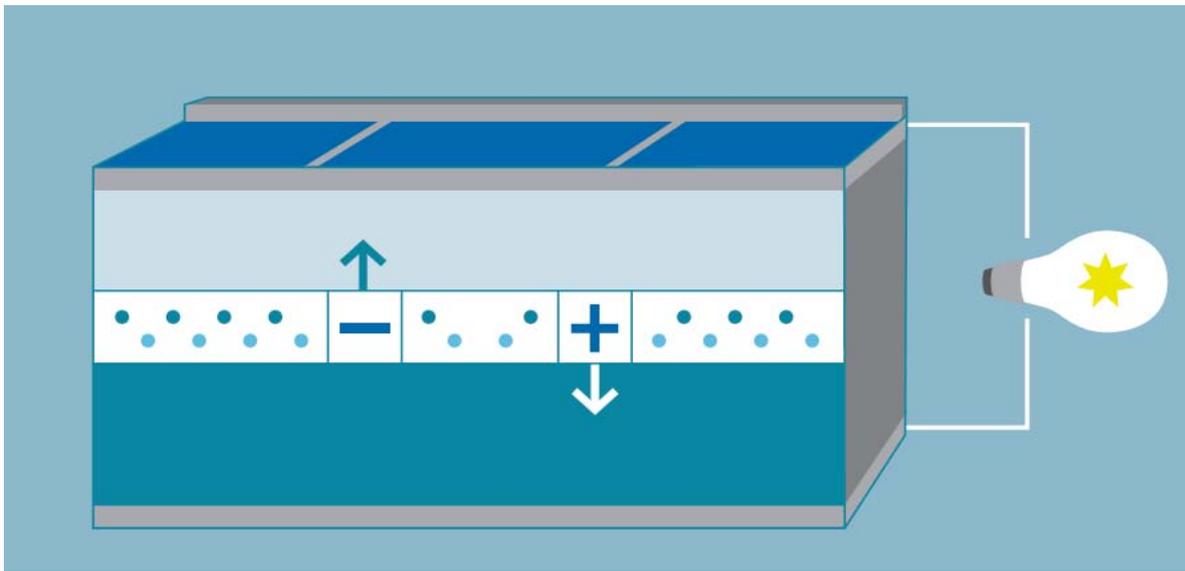
a) Obtención del Si de alta pureza. Este se obtiene a partir del óxido de silicio, SiO₂, básicamente cuarzo, cuya abundancia en la naturaleza elimina problemas de abastecimiento. Este tiene que ser de alta pureza, semejante al semiconductor que se utiliza en la industria electrónica. Actualmente se está trabajando con silicio de menor pureza, pero útil para la fabricación de células solares y a un menor costo.

b) Obtención de obleas. Utilizando como materia prima polvo de silicio de alta pureza se hace crecer el monocristal hasta obtener una pieza cilíndrica de diámetro variable entre 2 y 20 cm y longitud de alrededor de 1 m. El crecimiento del monocristal sirve para purificar el material y para la creación de una estructura perfecta, gracias a la cual la futura oblea gozará de propiedades semiconductoras. La barra de silicio se corta mediante sierras especiales produciendo obleas de espesor aproximado de 300 µm. En esta etapa hay una pérdida de material de aproximadamente el 60%. Actualmente existen otras formas más eficientes de cortado de la barra.

c) *Procesamiento de la oblea.* Para obtener finalmente la célula solar, la oblea sufre un procesamiento que consiste de los siguientes pasos: lapeado y pulido, formación de unión p-n, decapado y limpieza, capa antirreflejante, fotolitografía para formación de contactos, material para soldadura de electrodos, limpieza del decapante y comprobación de las características de la celda. La formación de la unión p-n es la etapa más crítica de todo el proceso de fabricación, debido a que el buen funcionamiento de la célula solar depende en gran medida de una buena unión p-n. Por otro lado, una adecuada capa antirreflejante también es necesaria, ya que una superficie de Si bien pulida puede llegar a reflejar hasta el 34% de la radiación de onda larga y un 54% si la radiación es de onda corta.

Luz solar y celdas;

En el momento que la luz solar (fotones) incide sobre la celda de silicio, este elemento pierde electrones, que se mueven hacia la superficie de la celda -de color azul oscuro- y se crea una diferencia de potencial entre los dos polos de la celda. Cuando ambos polos son conectados a un conductor, se genera una corriente de electricidad entre los polos positivo y el negativo.



Se debe estimar la disponibilidad de luz del sol en el sitio de instalación del sistema. Es imposible predecir las condiciones solares para un día específico, pero los registros meteorológicos que cubran un período de varios años proporcionarán suficientes datos para diseñar la mayoría de los sistemas fotovoltaicos independientes. La insolación total sobre una superficie inclinada es el dato más interesante para los sistemas fotovoltaicos de inclinación fija. Muy pocas veces se cuenta con datos de insolación para la instalación de sistemas fotovoltaicos independientes. La insolación en un área remota puede que no sea similar a la de la ciudad más cercana. Las condiciones solares locales pueden variar en forma significativa de lugar a lugar, particularmente en áreas montañosas. Si no se dispone de datos para un lugar específico, se debe estudiar la variación de los datos promedios de varias ciudades localizadas alrededor del sitio propuesto para el sistema. Use los datos del Apéndice A para preparar los contornos de insolación, o para establecer la información meteorológica mensual basándose en los datos de diferentes ciudades. El cálculo aproximado del recurso solar influye directamente el rendimiento y el costo de los sistemas fotovoltaicos independientes.

Insolación;

Anteriormente se usó la palabra insolación pero ¿ qué es ? : Insolación es la cantidad de energía solar que recibe un área determinada durante un período de tiempo dado. Se mide en kilowatt-horas por metro cuadrado. También se usan mediciones en BIUs por pie cuadrado por hora. Los factores de conversión son:

$$\text{kWh/m}^2 = L * 85,93 = 316,96 \text{ Btu/pie}^2\text{hora} = 3,6\text{MJ/m}^2$$

La atmósfera terrestre recibe una cantidad casi constante de energía solar radiante equivalente a 1,37 kilowatts por metro cuadrado. Este es el valor que se obtiene al integrar el área en la parte inferior del

gráfico de la figura 1. Ahí se muestra el espectro de radiación extraterrestre junto al espectro de radiación conocido como "masa de aire 1" (MA-1). Este valor indica el efecto que sufre la radiación al atravesar el espesor de 1 atmósfera. Es evidente que la atmósfera tiene una gran capacidad de absorción y reduce la energía solar que llega a la tierra, particularmente en ciertas longitudes de onda.

Los datos de insolación se presentan frecuentemente como valores de promedio diario para cada mes. La irradiancia máxima es la disponible al mediodía solar de cualquier día dado, no importa cual sea la estación. El mediodía solar se define como la hora cuando el sol llega a su apogeo durante su trayectoria a través del firmamento. El término "horas de sol máximo" se define como el número equivalente de horas diarias en que la irradiancia solar alcanza un promedio de 1.000 W/m². Seis horas de sol máximo significa que la energía recibida durante el conteo total de horas con sol en el día es igual a la energía recibida si el sol hubiera brillado durante seis horas a 1.000 W/ metro cuadrado. Las horas de sol máximo corresponden directamente a la insolación y las tablas incluidas en el Apéndice A se pueden leer de cualquiera de las dos maneras.

En el norte de México y algunas zonas del centro y occidente, la irradiancia solar a nivel del suelo normalmente excede el valor de 1.000 W/m². En algunas regiones montañosas, se han registrado lecturas de hasta 1.200 W/m². Los valores medios son menores para la mayoría de las otras regiones, pero se pueden recibir valores instantáneos máximos de hasta 1.500 W/m² durante los días en que haya reflexión de nubes blancas. Estos niveles tan altos raramente duran más de algunos segundos. La insolación varía con las estaciones debido al cambio de posición de la tierra con respecto al sol. El efecto de esta variación se puede reducir a un mínimo al establecer el ángulo de inclinación del conjunto fotovoltaico con un valor igual al ángulo de latitud. Los ángulos del sol pueden calcularse para cualquier localización y fecha específica. La figura 2 muestra la trayectoria diaria del sol para un lugar del hemisferio norte. Esta trayectoria representa el ángulo relativo del sol con respecto a una superficie horizontal para una latitud de 40 grados en el hemisferio norte.

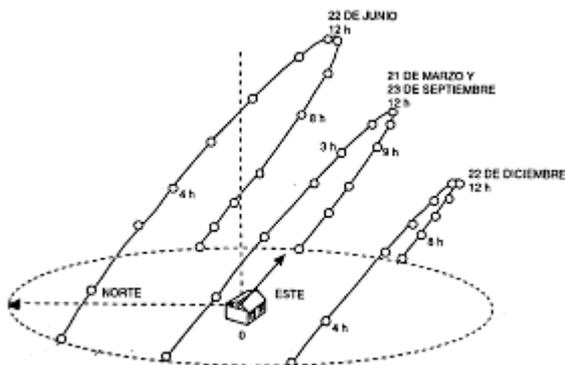
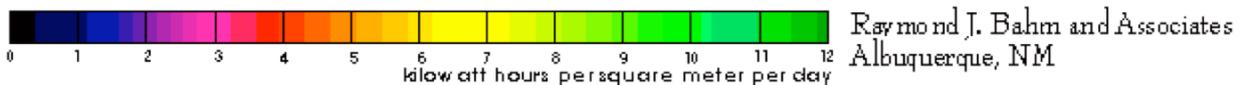
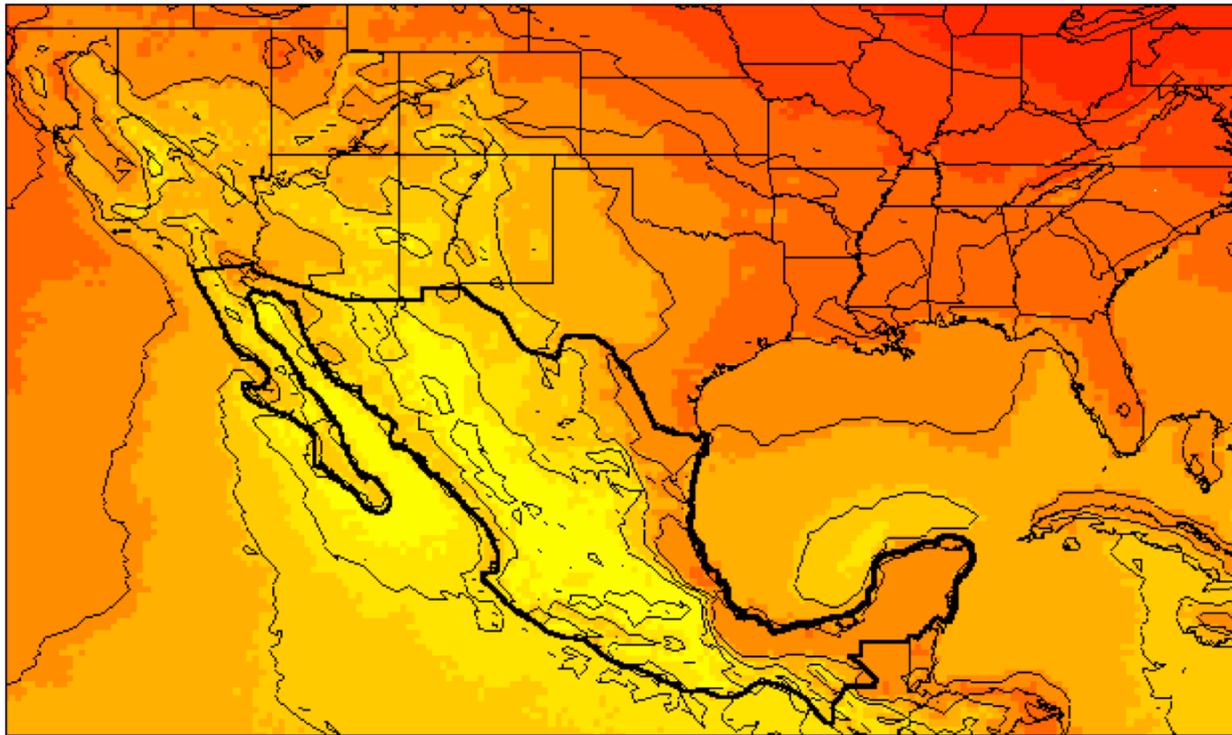


Figura 3. Trayectorias estacionales del sol a 40° N de latitud.

Los datos de insolación de uso común se midieron sobre superficies horizontales. Recientemente, se han tomado y registrado medidas de insolación sobre superficies inclinadas.

Mapa de insolación de Mexico;



Rendimiento del proceso fotovoltaico;

El rendimiento de operación de una célula solar se define como el cociente entre la energía eléctrica producida y la energía solar interceptada por su superficie. Cuando se optimiza la carga que la célula debe alimentar el rendimiento es máximo.

Existen ciertos factores que influyen en mayor o menor medida en el rendimiento de una célula solar. Estos pueden ser de origen interno o externo como características del material, espesor de la oblea, superficie activa, geometría de los contactos, etc.

También pueden ser factores ambientales como temperatura de operación y composición espectral de la radiación.

Energía fotovoltaica, en sistemas de generación de electricidad;

En un módulo fotovoltaico, hay un determinado número de celdas que, interconectadas, producen la cantidad de electricidad requerida en cada caso.

Los paneles pueden también ser interconectados hasta lograr el voltaje necesario para iluminación, bombeo de agua, etc. Por ejemplo, un metro cuadrado de celdas solares nos dará la energía suficiente para hacer funcionar un refrigerador pequeño. Los sistemas fotovoltaicos pueden estar equipados con acumuladores (baterías o pilas) que durante el día almacenan la energía para poder ser utilizada en las noches o días muy lluviosos o pueden estar interconectados a la red (Se ampliará este tema más adelante). Cabe señalar que las celdas solares también funcionan en días nublados, aunque no con la misma eficiencia que lo hacen en días soleados.



Sistemas Eolicos:

Los eólicos o también conocidos como aerogeneradores o turbinas de viento, son muy conocidos a nivel mundial, sobre todo en países europeos precursores y promotores de esta tecnología, como en Holanda, Dinamarca, Holanda, Alemania y España, aunque también, desde hace décadas en Estados Unidos, y en Latinoamérica se ha incursionado también en la instalación de estos recientemente, en México existen ya, desde hace algunos años, parques eólicos en el estado de Oaxaca, en la zona conocida como el Istmo de Tehuantepec (Una zona catalogada con excelentes condiciones de viento y que se encuentra entre las mejores del mundo), donde la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.) posee diversas unidades y algunas otras de la iniciativa privada.

Cuando el sol comienza a incidir sobre la superficie terrestre, o deja de hacerlo, la atmosfera se calienta o de enfría, causando con ello gradientes de temperatura, lo que trae consigo diferencias de presión, y como consecuencia los vientos, origen de la energía eólica. La energía eólica ha sido utilizada desde la antigüedad por barcos y molinos. Para la producción eléctrica se utilizan aparatos con gran tecnología, que se denominan aerogeneradores o turbinas de viento.

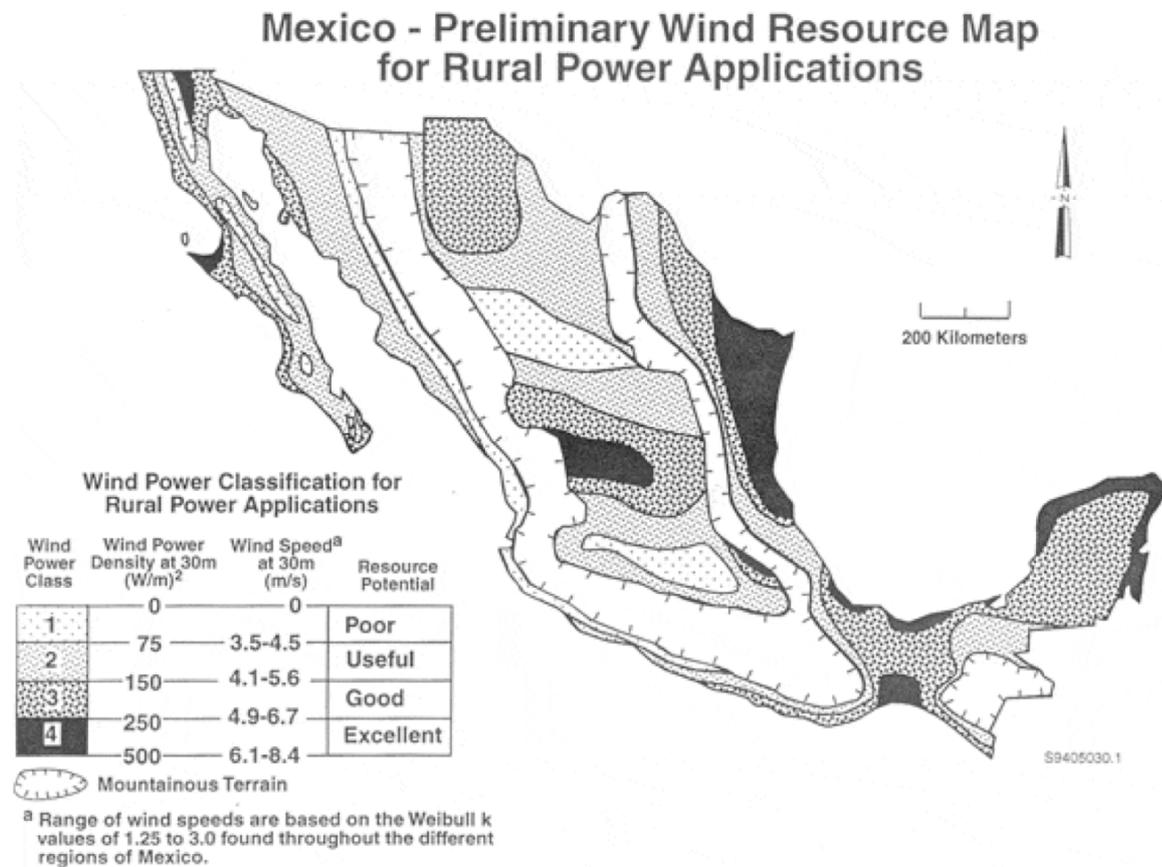


Las turbinas eólicas convierten la energía del movimiento del viento (energía cinética) en energía mecánica (movimiento sobre un eje). En los generadores de la turbina, ésta energía mecánica se convierte en electricidad.

La electricidad generada se puede almacenar en baterías, utilizarla directamente o también como con los sistemas fotovoltaicos, inyectarla a la red de la C.F.E., básicamente el funcionamiento y componentes de un generador de electricidad, vía eólica, es igual a la de un fotovoltaico, con la diferencia en el componente de generación.

Los aerogeneradores, se diseñan para generar energía dentro de ciertos límites de velocidades del viento. La velocidad más baja, llamada velocidad de corte inferior que es generalmente de 1.5 a 4 metros por segundo (m/s). Hoy en día, la energía más barata de generar, sobre cualquier otra, es la proveniente de eólicos, claro esta, siempre y cuando existan adecuadas condiciones de viento, sin embargo y a diferencia de los fotovoltaicos, requieren de mayor mantenimiento (y este dependerá del tipo y tamaño del eólico), debido al desgaste que hay en los componentes con movimiento.

Mapa de viento de Mexico;



Es por esto, que no cualquier viento es apto para producir energía a través de la mayoría de los aerogeneradores comerciales y probados (es decir, que no estén en etapa experimental y sean producidos masivamente), se busca que el viento tenga 4 factores, importantes para una apta generación, y son: velocidad, densidad, dirección y constancia, en Jalisco por ejemplo, hay algunos estudios de las condiciones generales del viento y no han sido prometedores, sin embargo hay algunas zonas en la costa y en el noroeste del estado (en la zona colindante con Aguascalientes y Zacatecas), que pueden ser viables para la generación (aunque pueden existir otras, fuera de estas zonas, que también lo sean).

Los aerogeneradores, deben de ser instalados en un área, que no tenga obstáculos cercanos, y, los que sean inevitables, tengan menor altitud a la que tenga el mástil o poste donde se coloque, ya que estos obstaculizan el viento y crean turbulencias, factores que afectan el desempeño y la generación.

Cuando se tienen, bien definidas las condiciones generales y promedios del viento, es fácil determinar que tipo y el tamaño del eólico que puede abastecer la energía deseada, pero sin estos elementos, resulta imposible determinar la cantidad de generación.

La electricidad de fuentes renovables se puede utilizar, principalmente, de tres formas:

A) Autónoma;

No hay una red de distribución pública disponible o no hay conexión a la misma. Los paneles solares y/o eólicos, producen electricidad para la iluminación y alimentación de un televisor y una radio, una bomba de agua, un refrigerador o electrodomesticos, ya sea alimentandolos con corriente directa o utilizando un inversor para generar corriente alterna. Generalmente, la electricidad es almacenada en baterías con el fin de asegurar el suministro de energía durante la noche y en momentos en los que los paneles solares y/o

eolicos, no produzcan electricidad, pero tambien la energia puede ser utilizada directamente, por ejemplo, en bombeo de agua, y a estos se les denominan;

Sistemas autónomos o sistemas isla:

Los sistemas autónomos, son instalados en los casos en que no se tiene acceso a la red de distribución pública de electricidad o si se desea ser independiente de la misma. Y como ya se menciono, cuando se quiere disponer de ella en distintos momentos de las 24 horas, se requiere de un banco de acumuladores o baterías, con el fin de asegurar el suministro de electricidad durante la noche o periodos de escasez de luz solar y/o viento.

Los sistemas pequeños cubren las necesidades más básicas (iluminación y, en algunos casos, televisión o radio); los sistemas más grandes pueden alimentar, además, una bomba de agua o hidroneumatico, refrigerador, lavadora, secadora, microondas y herramientas eléctricas (como un taladro, una máquina de coser, etc.) y una videocassetera. Para efectos practicos, los sistemas fotovoltaicos y/o eolicos, podrian ser tan grandes como para abastecer una o varias ciudades (todo va en funcion del tamaño del sistema requerido). El sistema puede componerse de modulos fotovoltaicos y/o aerogeneradores, controlador de carga, baterias de almacenamiento, inversores (si se desea corriente alterna), cables, centro de carga y distribucion, y estructura de soporte.

B) Conectada a la red;

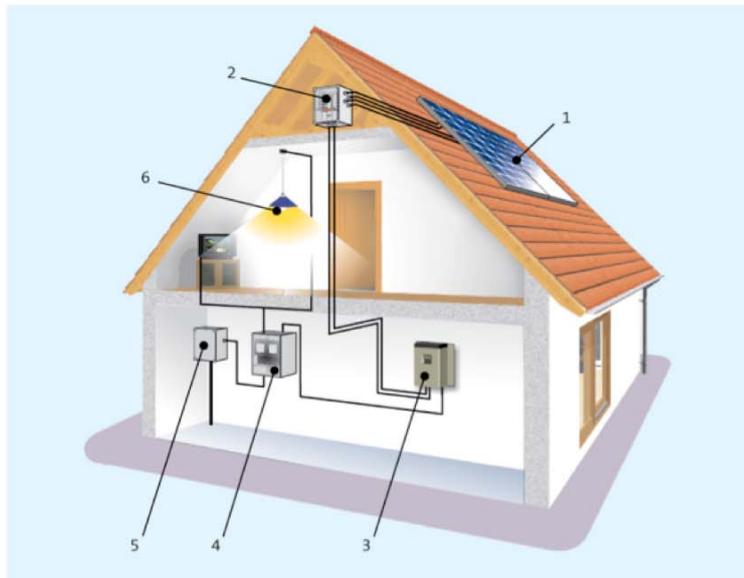
En la zonas donde hay una red de distribución pública disponible, usted puede instalar paneles solares y/o eolicos, para producir su propia energía limpia, utilizando la luz del día y el viento, y un espacio en su techo o predio (o cualquier otro espacio libre de sombra y obstaculos), y estos se denominan como;

Sistemas conectados a la red o de interconexion:

En aquellos casos en los que, aun habiendo conexión a una red de distribución pública (como la CFE), el usuario que desea contar con electricidad generada por una fuente limpia (solar y/o viento), puede interconectarse conectarse a la red. Si se instalan suficientes paneles o eolicos adecuados, los artefactos eléctricos en el hogar/edificio operarán, entonces, con electricidad de fuentes renovables. Un sistema conectado a la red consta, básicamente, de uno o más paneles solares y/o eolicos, inversor, cables, centro de carga y distribucion, y la estructura de soporte para montar los paneles solares.

Para conectar el sistema a la red, se emplea el inversor (que puede ir interconectado a una, dos o tres fases, e inclusive a media tension). Podemos mencionar que hay 2 modalidades de interconexión, con respaldo (de emergencia, véase párrafo C) y sin respaldo.

Un inversor de interconexión sin respaldo (o dedicado), se coordina con el voltaje y frecuencia que la red tiene, de modo que cuando hay generación, la energia alimenta ya sea a las cargas, y en caso de contar con excedentes, se inyecta a la red, o en caso contrario de tener mayor demanda que generacion, la energia faltante de toma de la red, sin embargo, cuando no hay servicio de la red, esta generación, también se pierde. Cabe destacar que este tipo de instalacion, es el mas comun a nivel mundial para todas las aplicaciones.



1. Generador solar
2. Caja de conexión del generador
3. Inversor
4. Contador bidireccional de consumo e inyección
5. Conexión a red
6. Punto de consumo

C) De emergencia conectados a la red o de interconexión (con respaldo);

El sistema está conectado a una red de distribución pública poco confiable. En caso de corte de fluido eléctrico, la electricidad solar cubrirá la demanda de energía, conocidos también como;

Sistemas solares con respaldo:

Los sistemas de generación de electricidad solar de emergencia se instalan cuando hay conexión a la red de distribución pública, pero el suministro de electricidad no es confiable, se cae ocasionalmente o simplemente se desea contar con un respaldo. El sistema solar de emergencia puede ser utilizado para suministrar electricidad durante los cortes de fluido eléctrico de la red (apagones). Un sistema solar de emergencia pequeño puede generar corriente eléctrica para cubrir las necesidades más importantes, tales como iluminación y alimentación de equipos de computación y telecomunicaciones (teléfono, radio, fax, etc.). Un sistema más grande puede ser dimensionado para abastecer si se desea, todas las cargas conectadas.

Cuanta más energía consuman los artefactos y mayor sea la duración de los cortes de energía, más grande debe ser el sistema solar y su banco de baterías.

En sistemas de inversor con respaldo, donde se utilizan baterías, el inversor trabaja de forma similar al inversor dedicado, sin embargo, si se cae el servicio de la red, el inversor de forma automática, toma energía de las baterías, para energizar las cargas conectadas al mismo, no perdiendo así la energía generada por los paneles, ya que al contar con respaldo de un banco de baterías, se aprovecha para la generación. También sirve como un gran regulador de energía, ya que cuando hay altas o bajas de voltaje, corta el suministro de la red, y genera un voltaje y frecuencia estable para las cargas. Al retornar el servicio de la red y/o, un voltaje y frecuencia estables, el sistema nuevamente se coordina con la red, y funciona nuevamente inyectando la energía excedente a la red o tomando la energía que no se genera en el momento y que demandan las cargas.

Componentes y requerimientos;

Los paneles solares, pueden ser montados en el techo de una casa, bajo el ángulo de inclinación y orientación óptimo, con una estructura de soporte. Y los aerogeneradores, son montados en la parte superior de postes o torres, que generalmente van, en sistemas pequeños a 6 m. De altura, en medianos de 10 a 30 m, y en grandes de 100 a 150m.

Si bien una persona hábil puede realizar gran parte del trabajo de instalación, el dimensionamiento de un sistema de esta índole, así como todas las conexiones eléctricas y programación de los mismos, deberán ser llevadas a cabo por un profesional capacitado (esto es importante, por motivos de seguridad, pero también por las garantías de los equipos, del sistema y del adecuado funcionamiento).

Para utilizar paneles solares y/o eólicos como fuente de energía segura y confiable, es necesario primordialmente conocer la demanda de energía, el uso de esta en el tiempo (como, cuando y cuanto) y las cargas que serán energizadas, una vez que se cuenta con estos datos, se dimensiona un sistema en base a las necesidades o a la energía deseada, a las cargas que se conectarán y a las condiciones de insolación y/o viento de la zona.

Adicionalmente se requiere contar con los siguientes componentes adicionales: Cables, una estructura de soporte y, dependiendo del tipo de sistema (conectado a la red, autónomo o de emergencia), un inversor o un controlador de carga de baterías y un banco de baterías.

Cabe mencionar que estos sistemas son escalables, es decir, pueden aumentar en capacidad de generación, almacenaje o potencia de energía, y dependiendo de los requerimientos, las capacidades de los componentes, del área o espacio en donde se puedan instalar y del dimensionamiento específico, los sistemas pueden crecer agregando paneles fotovoltaicos, baterías, inversores y/o controladores de carga.

Tipos de acumuladores (baterías o pilas):

Existen muchos tipos de baterías. En las baterías para sistemas fotovoltaicos independientes, comúnmente se usan los siguientes términos: baterías de ciclo profundo, ciclo poco profundo, electrolito gelatinado (baterías de gel o selladas), cautivo o líquido y hermética o abierta. La batería hermética en realidad es regulada por una válvula que permite la salida del hidrógeno, pero no la adición de electrolito, En la batería abierta se asume que se agregará agua destilada al electrolito líquido como sea necesario. Todas las baterías requieren un mantenimiento periódico para poder tener una larga vida útil.

Tipificación convencional	Batería solar	Batería solar de gel	Batería de placas blindadas OPzS	Batería de bloque
Modelo	Batería solar como batería modificada de arranque, con placa positiva y negativa de rejilla	Batería solar de gel con placas de rejilla, sin mantenimiento y hermética	Batería de plomo cerrada, con placas positivas de tubo o blindadas	Batería cerrada de plomo, con placa positiva de barras
Propiedades	De bajo mantenimiento, baja auto-descarga	Sin mantenimiento, de posición libre	De bajo mantenimiento, a prueba de descarga profunda	De muy de bajo mantenimiento, modelo robusto. Se carga bien con bajas intensidades. A prueba de descarga profunda
Tensión nominal por celda (V)	2,0			
Rango de capacidad en Ah de → a →	60 260	10 130	200 1200	20 2000
Eficiencia Ah	85 – 90	> 90	> 90	
Auto-descarga mensual en %	2 – 4	3 – 4	< 3	
Número de ciclos, vida útil	Ciclos 20 %: 1000 Ciclos 40 %: 500	Ciclos 30 %: 800 Ciclos 50 %: 300	Ciclos completos: > 1000 Ciclos 30 %: aproximadamente 3000	Ciclos completos: aproximadamente 1200 Ciclos 30 % aproximadamente 4500
Intervalos de mantenimiento	Aproximadamente 3 meses	No tiene	Hasta 3 años	Unos 3 años
Costes de inversión en euros/kWh	De 140 a 240	De 200 a 550	De 250 a 400	De 400 a 660
Costes específicos de la corriente almacenada en euros/kWh	De 0,30 a 0,90	De 0,50 a 1	De 0,20 a 0,30	De 0,25 a 0,35

Los tipos de baterías que se usan comúnmente en los sistemas fotovoltaicos independientes pertenecen a la familia de baterías de cromo-ácido. Estas baterías se pueden obtener con electrolito líquido o cautivo. Son recargables, fáciles de mantener, relativamente económicas, y obtenibles en una variedad de tamaños y opciones. Debido a que el plomo es un metal blando, frecuentemente se agregan otros elementos, como antimonio o calcio, para reforzar las placas y cambiar las características de la batería. La batería de plomo-antimonio que se usa más a menudo en sistemas fotovoltaicos independientes, es la de tipo abierto, porque requiere un alto consumo de agua destilada. Las baterías de plomo-calcio se pueden usar cuando no se anticipan descargas profundas. Su costo inicial es menor, pero tienen una vida útil más corta que la de las baterías de plomo-antimonio.

Ya se pueden adquirir comercialmente baterías de níquel-cadmio diseñadas específicamente para aplicaciones fotovoltaicas. Su costo inicial es más alto que el de las baterías de plomo-ácido pero, en ciertas aplicaciones, su costo por ciclo de vida útil puede resultar más bajo. Las ventajas de las baterías de níquel-

cadmio incluyen una larga vida, poco mantenimiento, durabilidad y capacidad de soportar condiciones extremas. Además, las baterías de níquel-cadmio son más tolerantes a ciclos extremos de carga y descarga.



Aplicaciones;

Desde un punto de vista histórico, el motivo de la construcción de las celdas fotovoltaicas fueron los satélites artificiales; las ventajas encontradas en este tipo de generadores fueron: peso reducido, larga vida, ocupación de espacio mínima y nivel de insolación elevado y continuo por estar fuera de la atmósfera terrestre.

Pero, mas allá de las aplicaciones espaciales, los sistemas fotovoltaicos tienen, entre otras, las siguientes aplicaciones:

a) Electrificación rural y de viviendas aisladas. Existen muchas zonas rurales y viviendas aisladas donde llevar energía eléctrica por medio de la red general sería demasiado costoso y por lo tanto no cuentan con este servicio. En este caso, la instalación de un generador fotovoltaico o luminarias solares, es ampliamente rentable.

b) Comunicaciones. Los generadores fotovoltaicos son una excelente solución cuando hay necesidad de transmitir cualquier tipo de señal o información desde un lugar aislado, por ejemplo, reemisores de señales de TV, plataformas de telemetría, radioenlaces, estaciones meteorológicas, radioteléfonos de emergencia.

c) Señalizaciones. Aquí la aplicación puede ser relativa a la navegación de embarcaciones o vehículos terrestres, o a sus señalizaciones, como alimentar eléctricamente letreros, advertencias de cruces y desviaciones, faros, boyas, balizas, plataformas y embarcaciones.

d) Ecoturismo. Hoy en día, existe un gran número de turistas, en busca de lugares de aventura y lejos de la civilización, que al encontrar las comodidades que la electricidad nos ofrece, en hoteles que la disponen, les resulta más atractiva y cómoda su estadía.

e) Agricultura, ganadería y piscicultura. Se está teniendo una atención muy especial en estos sectores. Mediante generadores fotovoltaicos podemos obtener la energía eléctrica necesaria para granjas que conviene que estén aisladas de las zonas urbanas por motivos de higiene. Sin embargo, la aplicación más importante y de futuro, es el bombeo de agua para estanques de cultivo de peces, riego y alimentación de ganado que normalmente se encuentra en zonas no pobladas. Otras aplicaciones pueden ser la vigilancia forestal para prevención de incendios.

f) Aplicaciones en la industria, comercio y residencias. Cualquier hogar, almacén, establecimiento, fábrica, nave industrial, oficinas, centros comerciales, entre otros, que busquen reducciones en su costo energético y los beneficios aledaños de estos sistemas.

g) Difusión de la cultura. Televisión escolar para zonas aisladas. Difusión de información mediante medios audiovisuales alimentados eléctricamente mediante generadores fotovoltaicos.

Contrato de interconexión para fuente de energía renovable con la C.F.E. en México;

El gobierno federal autorizó la generación de energía solar en pequeña escala, por lo que tiene listo el formato de contrato de interconexión que deberán de firmar las personas interesadas.

La Secretaría de Energía (Sener) aprobó el 27 de Junio del 2007, a la Comisión Federal de Mejora Regulatoria (Cofemer) el modelo de contrato respectivo, publicándose en el Diario Oficial.

Las personas Físicas (residencias y predios), ya pueden tener instalados en un arreglo fotovoltaico (se está realizando la modificación en el contrato para incluir la fuente eólica), hasta 10 kilowatts de poder y para personas Morales (Empresas, comercios y negocios) hasta 30 kilowatts, y en ciudades como Guadalajara (donde la insolación promedio es de 5.7 horas) se podrá generar (considerando las pérdidas) hasta 50 kilowatts promedio por día (Físicas) y hasta 150 kilowatts (Morales), y deberán firmar el convenio respectivo con la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

La interconexión con el sistema eléctrico nacional, es necesaria para que la CFE aproveche al generador al tiempo que éste sigue requiriendo del servicio normal cuando no salga el sol. El contrato tiene 16 cláusulas. Una vez firmado el contrato, la CFE, proporciona y coloca un medidor bidireccional (especial para estas aplicaciones), que permite medir tanto la energía tomada de la red, como la excedente que se inyecta al sistema solar, descontando así al final de cada periodo de facturación, la energía solar al cobro por energía suministrada por CFE, y está contemplada la posibilidad de que el particular tenga un saldo a favor, que la empresa va a compensar, hasta en 12 periodos posteriores, o 6 según sea el caso (1 año).

“Será a cargo del generador (o sea, del particular) cualquier modificación que sea necesario realizar en las instalaciones existentes para lograr la interconexión, misma que, en su caso, realizará bajo la supervisión del suministrador y previa autorización de este”.

Los contratos serán por tiempo indefinido. Si bien la Constitución señala que solo el Estado puede generar energía eléctrica, las reformas de 1992 a la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica ya existe la posibilidad de otorgar permisos para autoconsumo.

Desde entonces la Comisión Reguladora de Energía otorga autorizaciones, pero han sido para empresas capaces de instalar sus propias plantas, que además pueden vender ciertos sobrantes a la CFE para su uso en el Sistema Eléctrico Nacional (Esto es para empresas o instituciones que convengan un sistema fotovoltaico, eólico u de otra índole de mayores dimensiones).

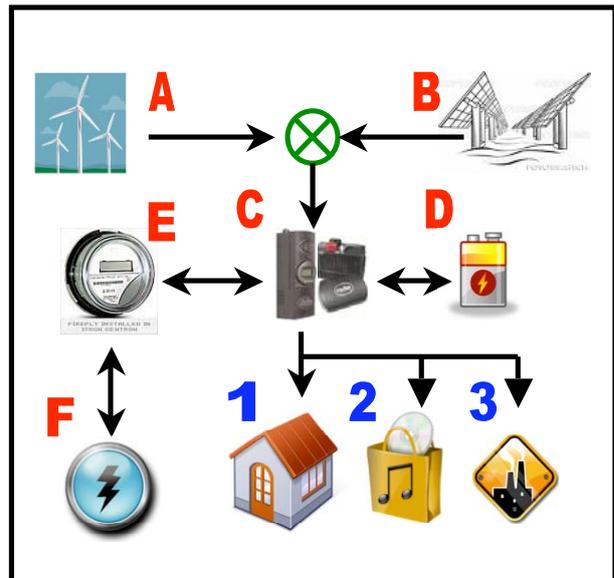
En los casos de auto-consumo menor a 5 megawatts, el reglamento de la ley mencionada señala que no se requiere permiso de la CRE, con lo que bastará con firmar el contrato con CFE.

Referencia grafica:

Componentes:

1. **A y B:** Decidir que tipo de energía es mas eficiente en el lugar de la instalación, puede ser solar, puede ser eólica (por viento) o ambas (hibrido).
2. **C:** Componentes electrónicos, que van a tomar la energía, controlar, contar, administrar y transformarla, para enviarla a cargas, a la red o a baterías (si se tienen).
3. **D:** (Opcional) Se puede contar con un Banco de baterías, para respaldo de energía.
4. **E y F:** Medidor "bidireccional" especial para sistemas de interconexión y contrato con CFE.

* Espacio para paneles, por cada kwh al día es necesario 1m2. Y para los componentes electrónicos, dependerá de la marca, potencia requerida y baterías (si se quieren).



Beneficios de este tipo de Sistemas;

Beneficios de sistemas generadores de electricidad vía paneles fotovoltaicos y/o eolicos:

A) Para los usuarios;

1) Ahorro energético;

Consumo: Considerando como referencia el consumo promedio de una casa para 4 personas esta entre los 6 y 8 kwh diarios, tenemos que el consumo bimestral esta en un rango entre los 354 y 472 kwh, dando un promedio para efectos prácticos de 415 kwh, la tarifa residencial mas común y mas barata es la 01, donde encontramos subsidiados para consumo superior a 280 kWh bimestrales las tarifas a costo actual de:

Básico 1-150 kwh	Costo por kwh \$0.671
Intermedio 150-250 kwh	Costo por kwh \$1.105
Excedente mas de 250 kwh	Costo por kwh \$2.345

De modo que como mínimo bimestralmente, se pagarían promediando este consumo, 150 kwh por \$0.649 = \$100.65 pesos, mas 100 kwh por \$1.064 pesos = \$110.5 pesos, y el excedente en este caso promediado son 165 kwh por \$2.262 pesos = \$386.93 pesos, lo que gira un total en el recibo de \$688 pesos con IVA.

Si estos cálculos los hacemos sobre una casa que consume mas de 8 kwh diarios, que son tarifas que al rebasar un consumo bimestral de 500 kwh (tomando lecturas en 6 bimestres y si 4 de estos la llegan a rebasar), la CFE cambia a la tarifa DAC (Domestica de Alto Consumo), y el costo por kwh es de \$3.29 (con IVA) aplicado a todo el consumo, mas un cargo fijo de \$80 pesos y el recibo para cuando menos 501 kwh de consumo bimestral, seria de \$1,728.30 pesos con IVA.

Considerando que se busca por un lado no convertirse en un consumidor con tarifa DAC, y poder generar la energía, para evitar los kwh en tarifa 01 excedente, una casa con consumos promedios de 7 kwh diarios, se buscaría cuando menos generar 3 kwh diarios o parte de este consumo, ahorrando bimestralmente \$485 pesos (\$2,912 anual), o si ya esta catalogado en un consumo DAC, buscar regresar a la tarifa 01, ahorrando aun mas por el alto costo del kwh que es de \$3.29. Ademas recordemos que las tarifas están incrementando 1.73% bimestral o 10.38% anual, y debemos considerar posibles incrementos y/o reduccion en subsidios, lo que hace que ahorremos mas en nuestro recibo con el transcurso del tiempo.

2) Amortización, duración y garantías, considerando que el costo total del sistema Fotovoltaico, es elevado, y tomando en cuenta que con solo el ahorro energético a valor presente, se amortizaría el equipo entre 15 y 20

años (cuando no hay deducciones fiscales a aplicar), se tiene que también tomar en cuenta que el porcentaje de amortización vs. Ahorro, es mayor hasta por el doble de la inversión de nuestro dinero en el banco.

- 3) Debemos de considerar el valor intrínseco en el sistema, es decir, incrementa el valor de nuestra propiedad, ya que cuenta como activo y atractivo para la valuación y/o venta del inmueble (Solo los paneles pueden representar alrededor de un 60% del costo total del equipo, y cuentan con 25 años de garantía, y un tiempo estimado de vida de mas de 50 años). Sin embargo, tambien pueden ser reubicados facilmente en otro predio.
- 4) Existe también otro factor, que es el beneficio fiscal, ya que la inversión en estos equipos, se deduce 100% en el primer año, esto bajo el artículo 40, fracción 12 de la ley al I.S.R., mas deducciones vs. IETU, que aplica en porcentaje según el esquema fiscal que se encuentre, para todas aquellas personas físicas o morales que trabajan desde su casa o la utilizan para su negocio de alguna forma (se compro o rento para empleados, o visitas de negocios, etc), o que funja como oficina o herramienta de trabajo.
- 5) Esto conlleva también a presentar una imagen, como individuo, empresa u empresario, preocupado por el medio ambiente, que por añadidura trae beneficios tanto como persona, padre responsable, vecino y ciudadano, así como mercadologicamente siendo una empresa. Y no solo como imagen, sino el beneficio real y directo al medio ambiente, que se pueden plasmar en cifras que se prediquen y orgullosamente presuman, o para que se publiquen como parte de una campaña promocional de hechos, las toneladas no emitidas de CO2 a la atmósfera. La utilización de electricidad convencional (como la proveniente de la CFE), contamina el medio ambiente, ya que en Mexico, mas del 80% de la electricidad, es producida en plantas termo-generadoras, las cuales requieren de (energéticos fósiles) como el carbón, gas, combustoleo o diesel que al quemarse, para generar electricidad, contaminan el medio ambiente.
- 6) Los sistemas solares y/o eolicos, que cuentan con un banco de baterías, también dan como beneficio, a aquellos circuitos que se incluyan en el sistema la protección de nuestros equipos contra las frecuentes y muy conocidas, picos de voltaje, que dañan los equipos y electrodomésticos, prolongando también la vida de los mismos. Además, el privilegio de contar con energía, aun cuando se caiga el servicio de la red de la CFE (o sea cuando no haya energía, usted la tendrá).
- 7) Y el mismo hecho de contar con iluminación cuando no la hay, se refleja en mayor seguridad, e impacto visual.
- 8) Son escalables, se puede comenzar con un sistema de menor costo y por ende tamaño, e ir incrementando su capacidad de producción añadiendo paneles fotovoltaicos, turbinas de viento, baterías y equipamiento que le den mayor producción, reserva energética y potencia.
- 9) La instalación es rápida y prácticamente no se requiere de modificaciones, los paneles se sitúan en la azotea (o una zona libre de sombras), y de ahí la energía se transmite vía cables que vayan por un ducto, de preferencia al centro de carga de la casa, sitio donde también se recomienda instalar los equipos (controlador solar, inversor y switches de protección) así como las baterías (en caso de tenerlas). Esta instalación depende mucho de la zona, sin embargo se lleva entre 1 y 4 días.
- 10) Requieren de mínimo mantenimiento, en el caso de las celdas fotovoltaicas, es cuestión de limpiarlas en tiempos de estiaje (cuando no llueve, ya que con la lluvia se limpian solos), cada 2 meses, esto con un trapo mojado para remover polvo, mugre, excrementos de aves u obstáculos que le quitan eficiencia a la captación de luz solar.

En el caso de las baterías de acido (las selladas no lo requieren), revisar el nivel, cada 2 meses, y si le hace falta, rellenar con agua destilada, así como una equalización anual (esto se hace con el mismo equipo y se capacita como hacerlo).

Los inversores y controladores, ubicados en una zona fresca, seca y libre de polvo, no requieren de mantenimiento, aunque si de revision periodica, por si llegasen a fallar o acumulen polvo (el cual puede ser removido con aire comprimido).

Y los eolicos, el mantenimiento es variable y depende del tipo y tamaño del mismo, pero puede variar desde anual, hasta cada 5 años.

B) Para sistemas en empresas, comercios, desarrollos urbanos y/o proyectos;

- 1) El primer beneficio es, la mercadotecnia UNICA, que contarían como empresa, constructora, o agro negocio, en incursionar a la vanguardia en ofrecer un proyecto de grandes dimensiones, o vivienda ecológica y sustentable, con este tipo de tecnología. Esto les beneficia directamente en la imagen general como empresa y particular como proyecto, así como en el factor plus que obtienen, para competir con los productos y/o proyectos que la competencia trae, impactando también en la agilización de ventas y toma de decisiones por parte de los prospectos.
- 2) Existe también el mismo factor del beneficio fiscal, ya que la inversión en estos equipos, se deduce 100% en el primer año, esto bajo el artículo 40, fracción 12 de la ley al I.S.R. (Se anexa en archivo) mas deducción vs. IETU, que aplica en porcentaje según el esquema fiscal en que se encuentren.
- 3) Existe también un ahorro monetario y beneficio de imagen, ya que los proyectos que cuenten con estos equipos, generaran electricidad, y podrán utilizarse en horarios nocturnos, así como dejar iluminación externa e interna encendida, dando una mejor imagen y seguridad al conjunto del desarrollo.
- 4) Para desarrolladores de vivienda, las casas ofertadas al público y con esquema de financiamiento o hipoteca, podrán ahorrar mas y quedarse con mas dinero en la bolsa mensualmente, ya que por los plazos de los créditos, ahorraran mas, en electricidad, que el incremento en la mensualidad que paguen por el costo de la vivienda con su equipo generador de electricidad.
- 5) Una imagen también, como empresa preocupada por el medio ambiente, por añadidura trae mercadologicamente beneficios. Y no solo como imagen, sino el beneficio real y directo al medio ambiente, que se pueden plasmar en cifras que se publiquen como parte de la campaña promocional de hechos, las toneladas no emitidas de CO2 a la atmósfera del o de los desarrollos en conjunto. (Ver anexo CO2).
- 6) Esta etapa o proyecto como prueba piloto, podrán determinarse los beneficios para nuevos proyectos donde ya a nivel macro, se puede inclusive pujar por participar en el mercado de los bonos de carbono, inscribiendo y certificando el proyecto ante el banco mundial.
- 7) Hay algunos apoyos gubernamentales al campo, depende del tipo de empresa, del tipo de proyecto y de los beneficios que aporte (como la generación de empleos y activación de la economía local, sin embargo, se pueden buscar otro tipo de beneficios con el gobierno (lo que ya se hace a nivel mundial y en algunos municipios de estados mexicanos), que apoyen a este tipo de tecnologías, por ejemplo, como el buscar condonar el costo o algún porcentaje, en licencias y permisos, condonar también, para los usuarios finales o clientes, en impuestos prediales o de escrituración, etc... y esto puede marcar pauta como proyecto inicial, publicitando tanto al gobierno como al constructor.
- 8) Existe también el recurso de la hipoteca verde, sin embargo por los costos de los equipos, aun no se consideran parte de la misma, sin embargo con una gestión piloto, se puede buscar un esquema especial, este tema se ha tratado con FIDE, y muestran un verdadero interés por apoyar a algunos de estos proyectos.

C) Para sistemas en Dependencias, Instituciones u Oficinas Gubernamentales;

- 1) Aunado a muchos de los beneficios anteriormente descritos, como lo es el ahorro en costos de energia, mejora de imagen demostrando con el ejemplo, una clara preocupacion por el medio ambiente, inversion que incrementa el valor del inmueble, uso e impulso de tecnologías de punta, y los demas descritos, adicionalmente, el sistema genera beneficios como infraestructura en el pais.
- 2) El gobierno, al invertir en infraestructura de generacion de energia, se refleja directamente en proporcion, a infraestructura instalada que no necesitara realizar en el presente o futuro, para la creciente demanda en el pais (termoelectricas o hidroelectricas).
- 3) Tambien el sistema fotovoltaico al generar en el sitio energia, ahorra las perdidas por transmision que tiene la CFE.
- 4) Y con estos sistemas en especifico, se comienza con apoyar la autosustentabilidad en el pais, en materia energetica.

Costos de estos sistemas;

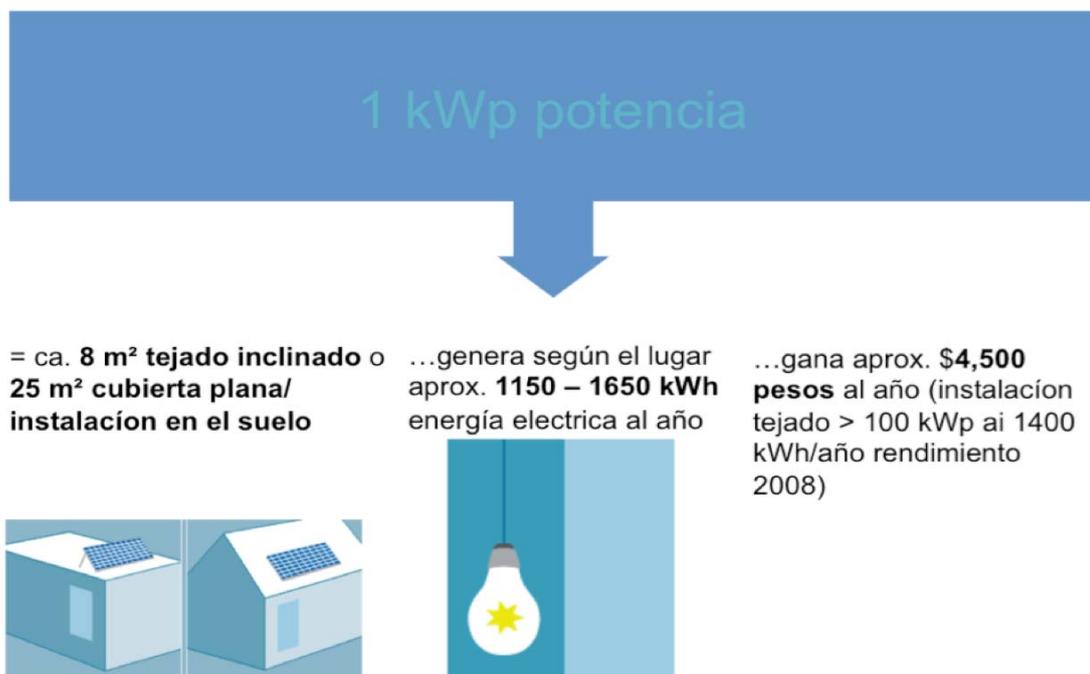
El costo de los sistemas generadores de electricidad (fotovoltaicos y eolicos), depende y va en funcion a 4 factores:

- 1). De los requerimientos de energia que se desea obtener, puede ser el total o parte de esta.
- 2). De la insolacion y/o viento de la zona (Y de los posibles obtaculos), ya que dependiendo de esta, sera el tamaño del arreglo fotovoltaico o del eolico y en su caso de los acumuladores, que se requieran.
- 3). Del tipo de sistema que se necesite o se quiera adquirir (su tamaño, si es aislado, interconectado, con o sin respaldo, etc).
- 4). De la accesibilidad a la zona donde se instalarian y la facilidad para su instalacion (es mas costoso en zonas remotas o rurales, donde hay poca infraestructura para su fijacion, y se requieran de estructuras, ducteria y cimentaciones especiales).

Sin embargo podemos citar como ejemplo en el caso de los sistemas fotovoltaicos (ya que los eolicos varian drasticamente debido a las condiciones de viento y el tamaño del eolico requerido) y tomando en cuenta una zona con promedio de insolacion arriba de 5 kilowatt hora (kwh) por metro cuadrado por día, volviendo a hacer incapie, en que depende del tipo de sistema y componentes que se requieran o se deseen (y sin considerar los costos de instalacion), entonces los costos por Kilowatt "GENERADO" en promedio diario y por tipo de sistema serian:

- a. En sistemas aislados, el costo para un sistema por cada kwh, puede ser de entre \$25,000 y \$35,000 pesos mas IVA.
- b. En sistemas Interconectados va de los \$20,000 a \$30,000 pesos mas IVA
- c. Y en sistemas interconectados sin respaldo o baterias, fluctua de los \$15,000 a los \$20,000 pesos mas IVA, como ejemplo en este tipo de sistemas, si en su recibo de la C.F.E. su consumo promedio diario es de 5 kwh, un sistema costaria entre \$75,000 y \$100,000 pesos mas IVA.

Como referencia 2 metros cuadrados de modulos fotovoltaicos, equivalen a 250 watts de poder (wp) utilizando modulos de alta eficiencia mono o poli cristalinos, de modo que 8 metros cuadrados (1 kw), en una zona con estas condiciones, genera en promedio 5 kwh al día.



AUTORES:
LIC. GUILLERMO CORONA JAZO
ING. FRANK WEISS
EMPRESA: E2 ENERGIAS, S.A. DE C.V.

gcorona@e2energias.com
fw@e2energias.com
www.e2energias.com