

Capítulo 1 Introducción

1.1 Objetivo

Analizar diferentes configuraciones para un sistema solar fotovoltaico, buscando alternativas para acomodarse a las necesidades de un usuario dentro del sector doméstico. Se busca analizar hasta qué punto es rentable la implementación de sistemas fotovoltaicos, tomando en cuenta la “Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética”.

El presente documento también tiene la finalidad de promover y facilitar información a los usuarios para tomar la decisión de utilizar sistemas fotovoltaicos en sus residencias. Ya que al aportar información sobre el principio de funcionamiento y el correcto dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos, servirá para orientar sobre su puesta en marcha y mantenimiento. Además de que le dará al usuario una perspectiva económica a futuro, tomando en cuenta las tarifas asociadas al sector doméstico para una vida útil del sistema de 20 años.

1.2 Alcances

Se realizará un análisis sobre el sector domésticos, llevando a cabo algunas de las diferentes combinaciones destacadas de posibles sistemas fotovoltaicos como son:

- Isla generadora
 - Con baterías
 - Sin baterías
- Conectado a la red suministradora
 - Con baterías
 - Sin baterías

Para el análisis económico sólo se tomarán en cuenta tarifas del sector doméstico del centro del país como son:

- Tarifa 1
- Tarifa doméstica de alto consumo (DAC)

Se descartaran todas las demás tarifas ya que el análisis es exclusivamente sobre el sector doméstico.

Este es un estudio totalmente teórico.

1.3 Resumen

En el presente trabajo se realiza un análisis económico que permite determinar la rentabilidad de la implementación de sistemas de generación eléctrica fotovoltaica en el sector doméstico. Inicialmente se presenta un panorama de las distintas formas de generación eléctrica existentes, incluyendo aquellas que utilizan energías renovables; haciendo especial énfasis en la generación fotovoltaica, sus características y en el panorama actual de generación a nivel nacional. Después

se presentan en detalle los principios físicos que permiten la conversión de energía solar en eléctrica y se describe el funcionamiento de los componentes de un sistema de generación fotovoltaico: paneles, baterías, controlador de carga, inversor y wathhorímeto bidireccional. Se presentan los aspectos técnicos de dichos elementos pensando en sus aplicaciones en sistemas de generación domésticos.

Se presenta una metodología para el dimensionamiento de los sistemas de generación con base en la carga que deberá alimentar el sistema. Una vez con estos elementos se proponen cuatro configuraciones de sistemas de generación domésticos: dos sistemas aislados de la red eléctrica convencional, con y sin respaldo de bancos de baterías respectivamente y dos sistemas interconectados a la red, con y sin respaldo de baterías. Se analizan las ventajas y desventajas de estos sistemas contrastando sus características y señalando los aspectos legales y técnicos requeridos para el caso de los sistemas que trabajan en interconexión con la red suministradora de CFE. Con base en el análisis cualitativo anterior, se eligen los dos sistemas con mejores opciones de viabilidad económica para el sector doméstico debido a su disponibilidad de energía y costo. Estos dos sistemas corresponden al sistema aislado con baterías y al sistema interconectado sin baterías.

Se cotizó con distribuidores locales el costo y la disponibilidad de los elementos necesarios para la construcción de los sistemas. Consecuentemente se proponen quince distintas capacidades de carga a generar que van desde 10 kWh/mes hasta 300 kWh/mes. Se procede entonces a realizar el análisis de rentabilidad mediante el método de costos de ciclo de vida útil (CCVU), durante un periodo de 20 años, con base en la información obtenida de cotizaciones, el costo de las tarifas eléctricas vigentes y los índices de inflación correspondientes durante la última década. Los resultados de dicho análisis muestran que ambas configuraciones son rentables; en algunos niveles de consumo de energía ubicados en la Tarifa 1 > 140 kWh/mes y para todos los niveles de consumo en Tarifa DAC. Los tiempos de recuperación de la inversión requerida para las implementación del sistema varían de entre los 12 y 19 años para el sistema aislado y de 12 a 20 años para el sistema interconectado. El costo de implementación del sistema resultó más económico para la configuración aislada para capacidades menores de 100 kWh/mes; sin embargo, el costo para sistemas de mayor capacidad tiende a equipararse para ambas configuraciones, así como el costo del kWh producido.

1.4 Energía solar

Existen dos tipos de sistemas de aprovechamiento de la energía solar, caracterizados por la tecnología en que basan el aprovechamiento de la radiación del sol: la fotovoltaica y la termosolar.

1.4.1 Energía Termosolar

Consiste en el aprovechamiento de la energía del Sol para transferir calor que puede aprovecharse para cocinar alimentos o para la producción de agua caliente destinada al consumo doméstico, ya sea agua caliente sanitaria, calefacción, o para producción de energía mecánica y a partir de ella, de energía eléctrica.

Actualmente es mucho más eficiente generar electricidad a partir de este principio que con una celda fotovoltaica. No obstante requiere de hectáreas de terreno y largas líneas de transmisión para llevar electricidad al mercado.

Consiste en colectores termosolares que reciben el calor de la radiación solar y que operan bajo alguna de las siguientes modalidades:

- Transmisión a un tanque de almacenamiento el cual envía el calor a su uso final:

El uso más común del calor derivado de la energía termosolar es para calentar fluidos en contenedores, el cual puede ser desde un calentador doméstico o una alberca, hasta algún contenedor de gran tamaño para la utilización del fluido caliente en alguna de las etapas de producción de una industria. Sin embargo, el calor almacenado también puede ser utilizado para otros fines, aun cuando no haya radiación solar, como la preparación de alimentos mediante estufas solares, o para su uso en sistemas de calefacción y aire acondicionado.

- Transmisión directa a un fluido para generar vapor de manera directa o indirecta:

Ésta se aprovecha de manera igualmente directa en procesos industriales, o bien, se hace pasar por turbinas para la generación de electricidad.

1.4.2 Energía fotovoltaica

La Tierra está bañada por una energía equivalente a 6,000 veces la capacidad eléctrica mundial. Aún con las tecnologías actuales, podríamos generar suficiente energía para satisfacer la demanda docenas de veces pero, a los precios actuales, la infraestructura requerida para adoptar la energía solar costaría mucho más que los combustibles fósiles. Según la información satelital de la NASA, los líderes solares del orbe, como Alemania, no son los países más soleados, sino los que pueden permitirse pagar una cantidad adicional por la energía solar. No obstante el costo de la energía solar disminuye a ritmo constante y las naciones subtropicales en desarrollo podrían beneficiarse de esta tendencia, pues el sol en sus territorios se traduciría en altos rendimientos sobre la inversión en infraestructura solar. Casi todo el potencial solar es desaprovechado. En la Figura 1-1 se muestra el arreglo más común utilizado.

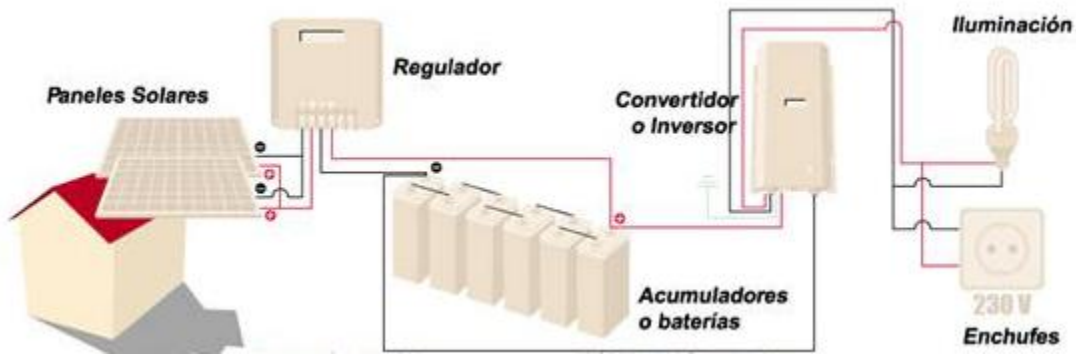


Figura 1-1 Elementos básicos de un sistema fotovoltaico

El sistema está compuesto de los siguientes elementos:

1. Panel solar (o módulo solar) también llamado generador solar, dado que es el encargado de transformar la luz en corriente directa.
2. Baterías, es el elemento que almacena la energía cuando su consumo es alto, o bien para el momento en el que el sol esté oculto.
3. Un controlador, también llamado regulador, que controla la carga de las baterías para que estas no se sobrecarguen.
4. Un Inversor, que convierte corriente directa en alterna. Si bien se trata de un componente opcional, generalmente es útil y ampliamente utilizado al momento de alimentar electrodomésticos o cualquier dispositivo eléctrico en el hogar.

1.5 Energía solar en el mundo

En el mundo existe una capacidad instalada de generación de electricidad, a partir de la tecnología fotovoltaica, de más de 16,000 MW.

Según la revista National Geographic¹, el mayor productor de energía solar es Alemania, con una producción de 2,200 Giga Watts-h solo en 2006; en segundo lugar viene Estados Unidos, con una producción de 125 Giga Watts-h; seguido de España, con 125 Giga Watts-h. Se puede observar notablemente que la energía solar que alcanza la superficie terrestre esta mayoritariamente en países ubicados en los trópicos y en el ecuador. Pero los países que tienen mayor generación fotovoltaica casi no tienen tanta incidencia solar. Esto se debe al alto costo de los paneles solares.

Para sistemas termosolares, a finales de 2004 se tenían instalados a nivel global 164 millones de m² de área de captación, correspondientes a una capacidad instalada de cerca de 115,000

¹ Conectados con el Sol. Johnson, George. 3, s.l. : National Geographic en español, 2009, Vol. 25.

MWh, mientras que en México se tenían instalados más de 650,000 m² de calentadores solares planos, generando más de 3.1 PJ por año para calentar agua. Actualmente existe una superficie total de 1 millón de m² de colectores, que producen aproximadamente 4.5 PJ por año. Derivado de lo anterior, nuestro país se encuentra catalogado como uno de los primeros diez países productores de energía termosolar. En la Figura 1-2 se muestra la irradiación solar anual que existe en diferentes regiones del mundo.

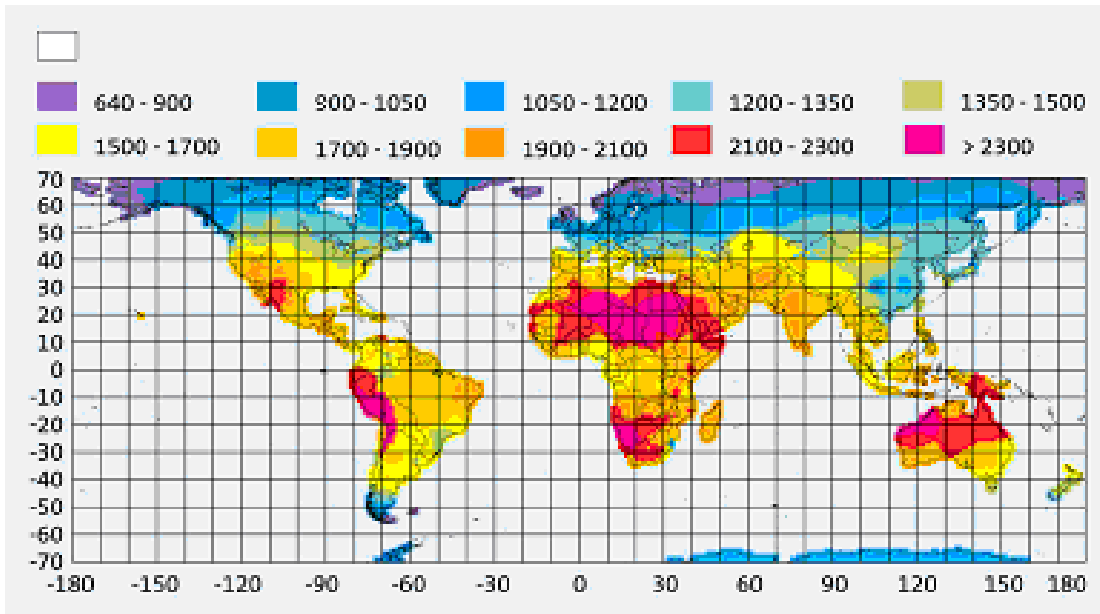


Figura 1-2 Mapa mundial de radiación solar anual promedio (kWh/m²)

1.6 Energía solar en México

Se estima que la capacidad total de las instalaciones fotovoltaicas en México es de 18.5 MW, que generan en promedio 8,794.4 MWh por año. En la Figura 1-3 se observa la radiación solar promedio diaria que existe en diferentes regiones de México.



Figura 1-3 Mapa de México de radiación solar diaria promedio (kWh/m²)

En el caso de México, prácticamente todas las instalaciones fotovoltaicas que existen en el país se encuentran en comunidades rurales aisladas de la red eléctrica, y muchas de ellas fueron instaladas por medio de programas gubernamentales de electrificación rural, como el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO).

De 1993 a 2003, la capacidad instalada de sistemas fotovoltaicos en el país se incrementó de 7 a 15 MW, generando más de 8,000 MWh/año para electrificación rural, bombeo de agua y refrigeración, mientras que actualmente se estima que la capacidad total de estas instalaciones es de 18.5 MW, que generan en promedio 8,794.4 MWh por año².

Considerando dichos avances, nuestro país destaca en el listado de los 15 países a nivel mundial con mayor capacidad instalada de energía fotovoltaica, tal como se observa en la siguiente tabla:

CAPACIDAD INSTALADA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA AL 2006	
PAISES	(MW)
Alemania	2,831
España	175
Japón	1,776
EE.UU.	697
Australia	71
Holanda	52
Italia	45
Nueva Zelanda	36
Austria	35
Suiza	29
Luxemburgo	25
Francia	23
Canada	20
Mexico	18.5

Tabla 1-1 Capacidad de energía fotovoltaica instalada en el mundo

Tal como se mencionó, la mayor parte del desarrollo de la industria solar en México se ha dado a partir de proyectos de electrificación rural mediante la tecnología fotovoltaica, ante la necesidad del Estado de encontrar mecanismos viables para proporcionar el servicio eléctrico en las regiones más marginadas del país.

Como acciones de gobierno destacan los proyectos de Fomento a las Fuentes Alternas de Energía en los Agronegocios, y de Energías Renovables del Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), los cuales son financiados con recursos del Global Environment Facility (GEF), el Banco Mundial y el programa Pro-Campo del Gobierno Federal, beneficiando a comunidades rurales

² Fuente: Sener con datos de la Agencia Internacional de Energía.

remotas de los estados de Chiapas, Guerrero, Oaxaca y Veracruz, con servicios energéticos de calidad.

En cuanto a energía termosolar, nuestro país se encuentra catalogado como uno de los primeros diez países productores de este tipo de energía. Actualmente existe una superficie total de 1 millón de m² de colectores, que producen aproximadamente 4.5 PJ por año.

Cabe destacar que, en el marco del proyecto denominado "IMPULSA", el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) se encuentra desarrollando actualmente investigación y desarrollo tecnológico en materia de aprovechamiento de la energía solar, tanto con tecnología fotovoltaica como termosolar, para la desalación de agua en el norte del país.

Nuestro país cuenta con gran potencial para el desarrollo de la energía solar, reconocido a nivel mundial, por lo que su fomento y desarrollo resultarán fundamentales en los próximos años para la obtención de los beneficios energéticos, económicos, sociales y ambientales que conlleva.

En materia de energía termosolar, el principal instrumento de política de la presente administración lo constituye el Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México 2007-2012 (PROCALSOL), el cual tiene como objetivo impulsar el aprovechamiento de la energía solar en el país e impulsar el ahorro de energía en el calentamiento de agua de los sectores residencial, comercial, industrial y agrícola, sustituyendo los métodos tradicionales a base de combustibles fósiles por la radiación solar.

Para el año 2012 la tecnología termosolar alcanzará 1 millón 800 mil metros cuadrados de calentadores solares de agua instalados.