

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UNA GRANJA FOTOVOLTAICA EN EL ESTADO

José Jorge Torres Mendoza (1), Dr. Miguel Ángel Gómez Martínez (2)

1 [Licenciatura en Ingeniería Eléctrica, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico:
[torres.jorge.ug@gmail.com]

2 [Departamento de Ingeniería Eléctrica, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de
Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [gomezma@ugto.mx]

Resumen

El presente trabajo consta del estudio técnico-económico de la implementación de celdas fotovoltaicas en hogares de interés social en el estado de Guanajuato, conectadas a la red, se utilizan datos de irradiación solar obtenidos anteriormente por el CONCYTEG, mediante regresión lineal simple en Matlab, se predicen costos tarifarios a futuro y se hace una predicción de ahorro acumulado en un plazo de 10 años. Se encuentra que el monto económico a invertir se puede recuperar en un lapso de 9 años, concluyendo así que es un proyecto provechoso y de gran beneficio al usuario, ya que a partir de la fecha de recuperación se pagaría únicamente alrededor del costo mínimo requerido por CFE.

Abstract

The present work consist of a technical-economic study for the implementation of photovoltaic panels on homes of social interest in the state of Guanajuato on grid, using solar radiation data obtained previously by CONCYTEG and by using simple linear regression in Matlab the data pattern of the electrical rate is obtained and a prediction to 10 years is made. It is found that the economic investment for the project can be recovered over a period of 9 years, concluding that it is a profitable project and of great benefit to the user because only minimum rate of electricity will be paid since the date of recovery.

Palabras Clave

Energías renovables; generación de energía eléctrica; disminución de contaminación; impulso económico; disminución tarifaria.

INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica que se consume en México, ya sea en hogares, comercios, industrias, etc., es generada en su gran mayoría mediante el uso de hidrocarburos (diésel, gasolina, carbón), los cuales en forma periódica aumentan su precio e impactan de manera directa los costos de la energía eléctrica (\$/kWh), de esta forma se eleva también el precio de la facturación.

Además de que estos tipos de energías tradicionales (energía térmica y energía nuclear) presentan importantes inconvenientes a la hora de su generación y utilización. Estos problemas afectan a su transformación en energía eléctrica y derivan de la contaminación y los riesgos a ellas asociados; aparte, consumen combustibles limitados y con precios bastante elevados. Todas estas limitaciones unidas a la creciente sensibilización por el medio ambiente y a la insistencia de algunos países en denunciar la necesidad de respeto hacia el mismo está forzando el estudio de nuevas alternativas para generar energía eléctrica de forma limpia y sin alterar los ecosistemas terrestres [1].

En particular el presente trabajo se centra en la utilización de la energía solar, para disminuir así la problemática de los costos de facturación y evitar emisiones contaminantes al medio ambiente, proyectando así una imagen verde.

En el presente trabajo se comienza por analizar los datos de irradiancia proporcionados por el CONCYTEG [2] producto de un estudio de irradiancia solar en el estado que se hizo años atrás, los cuales a su vez se verificaron con los actuales datos de irradiancia proporcionados por la asociación Guanajuato Produce [3]. Después se prosiguió a la estimación de consumo eléctrico bimestral en una casa de interés social de tipo INFONAVIT [4], para después realizar un estudio de las tarifas eléctricas, en especial de la tarifa 1 que sería la que se estaría ajustando a las respectivas condiciones de vivienda, realizando así una predicción a 10 años de su comportamiento, esto mediante una regresión

lineal en Matlab tomando un muestreo considerable de los años 2013 y 2014 [5].

En seguida se continuó con la selección del equipo de instalación para el sistema fotovoltaico, comenzando con los paneles solares a los cuales se les daría una inclinación específica según la latitud geográfica del estado de Guanajuato [6], así se prosiguió al cálculo del número de paneles solares de acuerdo a la energía

Necesaria por mes en la vivienda. Con esta información así como también sabiendo que muchos proveedores de sistemas fotovoltaicos ofrecen paneles solares de 250 Wp, se optó por usar esa potencia en paneles para el estudio, en seguida se siguió a la selección del inversor, protecciones, cableado, canalizaciones, tierra física, medidor bidireccional y mantenimiento periódico que se le daría al sistema. Se calculó un costo total de la implementación, se verificó el cumplimiento con las respectivas normas oficiales mexicanas [7], así como la generación promedio anual del sistema fotovoltaico, para así realizar un análisis de generación y costos anuales para después calcular una tendencia en un periodo de diez años, verificar facturación y finalizar con las conclusiones correspondientes a la implementación de este sistema.

MATERIALES Y MÉTODOS

Todos los datos utilizados fueron obtenidos de organizaciones oficiales con la finalidad de tener la mayor veracidad posible de los resultados. Finalmente se consideró irradiancias mensuales promedio, así como consumos promedio para facilitar los cálculos, decisión que se tomó debido a que la variación de los datos de irradiancia de un mes a otro no era muy considerable (1-5.8%). Se implementó en Matlab regresión lineal para la predicción de valores tarifarios a futuro y se hizo un análisis económico, haciendo uso también de hojas de cálculo de Excel, llevando gastos de instalación y de mantenimiento del sistema a un valor presente neto para poder calcular el tiempo de recuperación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una de las muchas motivaciones del presente proyecto es que México está ubicado en el cinturón solar de la tierra y es un país que tiene una alta incidencia de energía solar en la gran mayoría de su territorio, México es uno de los países a nivel mundial que presenta condiciones ideales para el aprovechamiento masivo de este tipo de energía, está entre los 5 primeros [8]. Sin embargo, este potencial no se ha aprovechado ampliamente.

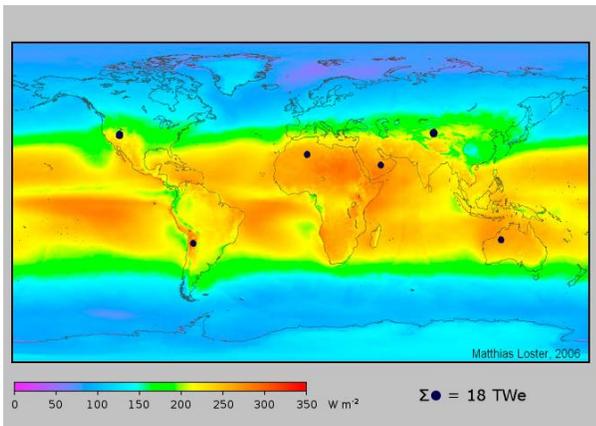
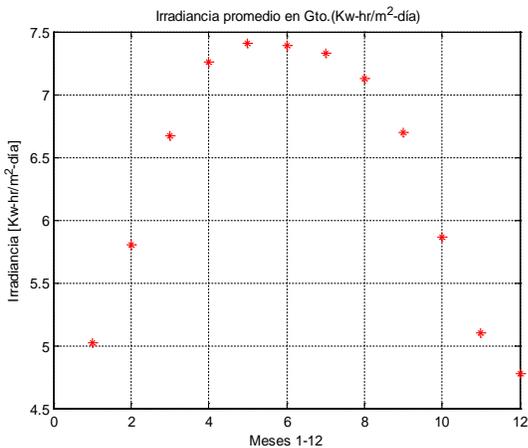
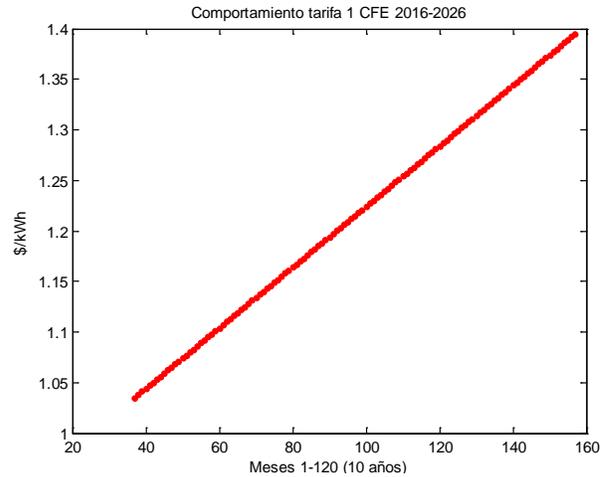


IMAGEN 1: Mapa de irradiación solar a nivel mundial. [10]



IGRAFICA 1: Distribución de los datos de irradiación en el estado durante el año. [2]

De acuerdo a las dimensiones mínimas de vivienda de acuerdo a disposiciones y reglamentos oficiales [4], la superficie mínima del lote es de 90 m². Superficie que sería destinada para la colocación de los paneles solares. Considerando un consumo aproximado de 250 kWh/mes en una casa de interés social.



GRAFICA 2: Comportamiento de la tarifa 1 a 10 años.

Tabla 1: Promedio de parámetros para obtener la potencia requerida mensual.

Paneles solares (X kW)			
Mes	Radiación promedio anual kWh/m ² /d	Días/mes (Promedio)	Energía necesaria por mes kWh 5
1	6.56	30	250

La ecuación lineal resultante es: $y=0.0030x + 0.9240$, donde "y" es el \$/kW-h y "x" es el mes, entonces para 12 meses*10 = 120 meses.

Debido a que los paneles serían instalados sin seguimiento al sol, la República Mexicana se encuentra en el hemisferio norte, por lo que la trayectoria aparente del sol durante la mayor parte del año, desde el amanecer hasta el anochecer se lleva a cabo hacia el sur. La inclinación

recomendada es igual a la latitud en la que se colocara el sistema, que es igual a 19.48° [6].

$$\left(6.35 \frac{kWh}{m^2 día}\right) (30 días)(X kW) = 250 kWh$$

$$X = 1.31 kW$$

Instalación de 6 paneles solares en paralelo:

$$V = 30.4$$

$$I = 6 * 8.23 A = 49.38 A$$

$$P = 6 * 250 = 1500 W$$

El inversor presenta los siguientes datos técnicos:
DC input: 24-48VDC, P=1500 W, Max IDC input: 50A.

Tabla 2: Selección final de los componentes del sistema.

Concepto	Cantidad	Costo
1. Panel Solar (marca JinKO)	6	\$ 26676.00
2. Inversor (marca WOSN)	1	\$ 1650.00
3. Medidor bidireccional (marca IUSA)	1	\$ 4149.45
4. Cableado		\$ 1000.00
5. Canalización		\$ 800.00
6. Instalación		\$ 2500.00
Total:		\$ 36775.45

De acuerdo a la ecuación de tendencia de la tarifa 1 obtenida anteriormente: $y = 0.0030x + 0.9240$

Considerando que los cálculos comienzan a partir del año 2016 (ene 2016= mes No. 37- dic 2026=mes No. 157): $F(x) = y$ [\$ kWh/h].

Energía generada anual = 3488.63 kWh

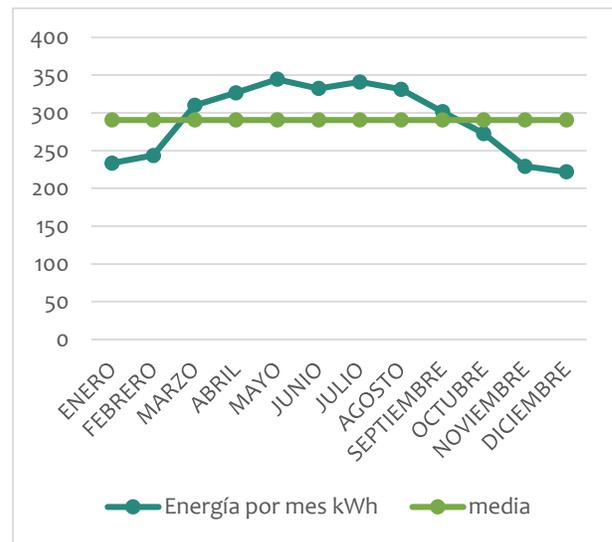
Costo del sistema 1.5 kW = \$ 36775.45

Ahorro anual = Promedio anual * 3488.63 kWh.

Ahorro acumulado = Ultimo año de Ahorro anual + Ahorro anual año anterior

Tiempo de recuperación cuando Ahorro acumulado = Costo del sistema

El tiempo de recuperación de la inversión sería de 9 años, alcanzando un ahorro acumulado de \$ 37408.51.



GRAFICA 4: Tendencia de ahorro acumulado y costo del sistema en pesos.



GRAFICA 3: Energía generada por un sistema de 1.5 kW.

Cabe mencionar y resaltar como es que se comportaría el recibo eléctrico cuando se instala un sistema solar fotovoltaico interconectado.

Energía eléctrica recibida de CFE menos Energía eléctrica entregada a CFE.

1. Si la diferencia es mayor a cero, quiere decir que se consumió más energía que la que se entregó, se factura la tarifa aplicable de acuerdo a contrato.

2. Si la diferencia es igual a cero, quiere decir que se consumió la misma energía que la que se entregó CFE, por lo que se factura el mínimo establecido en la tarifa aplicable de acuerdo a contrato.

3. Si la diferencia es menor a cero, quiere decir que se entregó más energía que la que se consumió, esto se traduce como un saldo a favor con una vigencia de 12 meses, en este caso se aplica el mínimo establecido en la tarifa aplicable de acuerdo a contrato y el saldo a favor se guarda para las siguientes facturaciones en las que la diferencia entre la energía consumida y la entregada sea mayor a cero. [11]

CONCLUSIONES

Con el presente sistema instalado se asegura completamente que el usuario no volverá a estar en una tarifa de alto consumo, también se puede observar que en general habrá saldo a favor para el usuario debido a que la generación promedio durante todo el año está por arriba del consumo normal, en aproximadamente 15 %. De esta forma, el usuario estaría pagando únicamente el monto mínimo por servicio, al mismo tiempo que recupera su inversión.

Después del 9no año todo se estaría considerando como únicamente ganancias al usuario, esto sería durante un tiempo considerable, ya que los dispositivos instalados prometen garantías de hasta 25 años.

AGRADECIMIENTOS

Los resultados obtenidos en el presente estudio no se hubieran podido llevar de la mejor manera y con la suficiente veracidad, sin la orientación de mi asesor el Dr. Miguel Ángel Gómez Martínez, así como el apoyo mostrado por el Ing. Fernando

Esparza, Jefe de Sistema de Información Energética del CONCYTEG.

REFERENCIAS

[1] Tesis, Estudio Técnico-Económico para la implementación de un sistema solar fotovoltaico en tiendas de conveniencia, Oscar Gasca Cruz, IPN, Abril del 2012.

[2] Estudio de Irradiación Solar en el Estado de Guanajuato 2006, CONCYTEG.

[3] Asociación Guanajuato Produce, <http://www.guanajuatoproduce.com.mx> [Consulta: 22 junio 2015].

[4] Disposiciones y reglamentos de vivienda 2006. Subdirección General Técnica y de Delegaciones, INFONAVIT.

[5]http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas_casa.asp?Tarifa=domesticas2003&anio=2015 [Consulta: 24 junio 2015].

[6]<http://codigo-postal.es.mapawi.com/mexico/7/ecatepec-de-morelos/3/333/guanajuato/55458/34377/> [Consulta: 24 junio 2015].

[7] Norma Oficial Mexicana: NMX-J-098-ANCE-1999 5/9.

[8] <http://www.researchgate.net/publication/268008> [Consulta: 22 junio 2015].

[9] <http://www.geofisica.unam.mx/ors/irradiacion.php> [Consulta: 05 Julio 2015].

[10]<http://www.pesco.com.mx/pesco/eficiencia/index.php/servicios/sistemas-fotovoltaicos/radiacion-solar>. [Consulta: 03 Julio 2015].

[11] Interconexión a la red eléctrica de baja tensión de sistemas fotovoltaicos con capacidad hasta 30 kW, especificación CFE G0100-04.