

Análisis comparativo de rendimiento, costo y producción energética entre el sistema aislado e interconectado de la empresa cartón corrugado Puebla S.A. de C.V

FLORES, Oscar†*, GONZÁLEZ, Ricardo, JUÁREZ, Victoria y HUITZIL, Ignacio.

Universidad Politécnica de Amozoc, Av. Ampliación Luis Oropeza No. 5202, San Andrés las Vegas Ira Secc, 72980 Amozoc de Mota, Pue., México

Recibido Octubre 25, 2016; Aceptado Noviembre 11, 2016

Resumen

México tiene como meta reducir las emisiones de gases de efecto invernadero del 30 % en el lapso de 2020-2030, para poder lograrlo se han desarrollado tecnologías alternativas, como la solar fotovoltaica. En este tipo de tecnologías entran Los sistemas fotovoltaicos, de tal manera que en este trabajo se realizó un análisis del dimensionamiento fotovoltaico autónomo e interconectado a red para las oficinas de la empresa Cartón Corrugado Puebla S.A. de C.V. con la finalidad de reducir el costo en la facturación por parte de Comisión Federal de Electricidad. Se realizó un análisis energético y se dimensionaron ambos sistemas fotovoltaicos para obtener el número de paneles, inversores, calibres de cables y se diseñaron las estructuras para instalar el sistema, la energía que consume la empresa es de 13.23 kWh/día. En el sistema interconectado a red la inversión es 42.69% menor comparado con el autónomo. El retorno de inversión para el sistema interconectado es de 9 años y para el autónomo es de 14 años. Con este tipo de proyectos se reduce la emisión de CO₂ a la atmosfera.

Efecto fotovoltaico, sistema autónomo, sistema interconectado a red, paneles, reguladores, inversores.

Abstract

Mexico aims to reduce emissions of greenhouse gases by 30% in the period 2020-2030, in order to achieve it have developed alternative technologies such as solar photovoltaic. In this type of technology come Corrugated Puebla S.A. The photovoltaic systems, so that in this work an autonomous photovoltaic sizing analysis was performed and interconnected network for company offices de C.V. in order to reduce the cost billing by Federal Electricity Commission. an energy analysis was performed and both photovoltaic systems were sized for the number of panels, inverters, wire gauges and structures were designed to install the system, the energy consumed by the company is 13.23 kWh / day. In the interconnected grid system investment it is 42.69% lower compared to the autonomous. The return on investment for the grid is 9 years and for self is 14 years. With such projects the emission of CO₂ into the atmosphere is reduced.

Photovoltaic effect, autonomous system network interconnected system, panels, regulators, investors.

Citación: FLORES, Oscar, GONZÁLEZ, Ricardo, JUÁREZ, Victoria y HUITZIL, Ignacio. Análisis comparativo de rendimiento, costo y producción energética entre el sistema aislado e interconectado de la empresa cartón corrugado Puebla S.A. de C.V. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería 2016, 3-9: 48-58.

*Correspondencia al Autor:(Correo Electrónico: oscar.flores@upamozoc.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El problema principal que se tiene a nivel mundial es el uso excesivo de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica, la cual es necesaria para todas las actividades de la humanidad, esto causa daños climáticos irreversibles al planeta, una forma de aminorar este problema es el uso de energía renovables como la energía solar, mediante el diseño, instalación y puesta en marcha de sistemas fotovoltaicos.

México tiene una variedad de recursos por aprovechar, uno de ellos es la energía solar, ya que por su ubicación geográfica la variedad de climas y ecosistemas permite el aprovechamiento de este recurso, en particular el estado de Puebla recibe una radiación solar considerablemente buena. La conversión de energía solar a energía eléctrica se lleva a cabo por medio de celdas fotovoltaicas gracias al efecto fotoeléctrico, este efecto se basa en la capacidad de algunos materiales, en este caso del Silicio, de emitir electrones cuando son irradiados con ciertas frecuencias de luz ultravioleta o visible.

En el presente trabajo se utilizaron materiales eléctricos, electrónicos para implementar dos sistemas fotovoltaicos; uno tipo isla y otro con conexión a red de comisión federal de electricidad para abastecer las necesidades eléctricas de la empresa Cartón Corrugado Puebla S.A. de C.V., ubicado en calle República del Perú 6A, residencial Santa Cruz 72150 Puebla, Pue. México.

Se comprobó que se pueden mitigar las necesidades eléctricas de la empresa Cartón Corrugado Puebla S.A. de C.V. mediante estos sistemas fotovoltaicos y se notó que el sistema interconectado a la red de Comisión Federal de Electricidad (CFE) es más económico que el sistema autónomo en un 42.69 %, la única desventaja de este sistema es que cuando existan fallas de abastecimiento de energía a la empresa por CFE el sistema fotovoltaico no será capaz de subsanar esta falta de energía eléctrica pues los inversores cortan el suministro por protección, en cambio con el sistema fotovoltaico autónomo si habrá energía eléctrica, ya que se contara con un banco de baterías donde se almacena la energía producida por el sistema que abastece a la empresa.

Antecedentes

La energía solar fotovoltaica ha sido un recurso elemental para el desarrollo de la vida en el planeta, hoy en día es un recurso sobresaliente en la producción de energía eléctrica alcanzando una notable relevancia en todo el mundo. En México la Comisión Federal de Electricidad (CFE) produce energía eléctrica a partir de energía solar en Sonora desde 2008. Se construyó un parque para la creación de energía eléctrica en Puerto Libertad, en donde se producen 25 MW.

El gobierno federal mexicano autorizó en marzo del 2007 la inyección a la red eléctrica de producción de energía solar a pequeña escala, es decir, los excedentes de energía de pequeñas instalaciones fotovoltaicas.

Con esta medida se pretende que CFE aproveche los excedentes energéticos de las instalaciones generadoras de electricidad por procedimientos renovables. Con esta regulación, se permitirá que las instalaciones fotovoltaicas vendan sus excedentes de producción a la red durante los momentos de Sol y la tomen de ella en los momentos en los que no esté disponible. Lo anterior, dependiendo de las tarifas que se apliquen en la relación de compra-venta de esa energía por parte de la CFE.

De acuerdo con la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES), hasta el año 2006, prácticamente todos los sistemas fotovoltaicos, instalados en México, se encontraban en aplicaciones aisladas de la red eléctrica (proyectos de electrificación rural, comunicaciones, señalamientos, bombeo de agua) y sin embargo, a partir del año 2007 se cuenta con registros de aplicaciones conectadas a la red eléctrica. Esta tendencia se ha mantenido en los años posteriores de tal manera que en el año 2010, de los 35 MWp instalados en ese año, alrededor del 94% fueron sistemas conectados a la red eléctrica. En 2014 se instaló la central Aura Solar I en La Paz, Baja California Sur, planta con una capacidad de 39 MWp.

Otras instalaciones de sistemas fotovoltaicos conectados a la red (FVCR) representativas son: Sistema piloto en Hermosillo, Sistema demostrativo en Monterrey, Centro de Investigación en Energía de la Universidad Nacional Autónoma de México (CIE) en Temixco, Morelos, Universidad Popular Autónoma de Puebla con una instalación de 75 kWp y la Universidad Politécnica de Amozoc con una instalación de 50 kWp.

Dentro de las aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos autónomos destacan aplicaciones espaciales, telecomunicaciones, electrificación de zonas rurales y aisladas, alumbrado público, bombeo de agua. Las aplicaciones de los sistemas interconectados encontramos centrales fotovoltaicas y edificios fotovoltaicos, así como empresas. Estos sistemas son integrados en tejados, muros y fachadas.

Objetivos

Objetivo general

Dimensionar y realizar un análisis de comparación económico y energético entre un sistema fotovoltaico autónomo e interconectado a red para las oficinas de la empresa Cartón Corrugado Puebla S.A. de C.V.

Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico energético de todos los equipos y lámparas en las oficinas de la empresa Cartón Corrugado Puebla S.A. de C.V.
- Calcular el número de elementos del sistema (paneles, reguladores, baterías e inversores).
- Comparar el dimensionamiento fotovoltaico autónomo con el interconectado a red en base a costos y beneficios.

Hipótesis

Si se realiza el dimensionamiento y el análisis adecuado de costo y producción energética de los sistemas fotovoltaicos autónomo e interconectado a CFE se podrá observar una disminución en el consumo de energía, esto logrará un ahorro económico, y se podrá corroborar que el sistema interconectado es más adecuado para la empresa Cartón Corrugado Puebla S.A. de C.V.

Justificación

Como es bien sabido la energía fotovoltaica es una opción de energía limpia y viable de ser implementada en el suministro de energía eléctrica tanto en el hogar como en la industria. Por lo tanto se pretende hacer un dimensionamiento fotovoltaico autónomo e interconectado en las oficinas de la empresa Cartón Corrugado Puebla S.A. de C.V., y así disminuir el costo de facturación o independizarse. Así mismo se fomentaría el uso de energías renovables puesto que el uso de combustibles fósiles está generando grandes cambios climáticos en el planeta, como lo son el efecto invernadero, la precipitación ácida y el adelgazamiento de la capa de ozono. Con el análisis económico y energético se puede tomar la decisión de cual sistema es más viable.

Materiales y metodología

Materiales

Los materiales utilizados son:

- Inversor Samlez SAM-2000 (Características de entrada: Voltaje de la batería del sistema 12 VCD, rango del voltaje de entrada 10.5 a 15.0 (+/-0.5) VCD, corriente de entrada en energía continua 90.5 a 93.5 A. De salida: salida de voltaje en forma de onda Sinusoidal modificada, voltaje de salida 115 VCA, Frecuencia de salida 60 Hz +/- 5 %, salida de corriente continua 2000 W, punto más alto de eficiencia del 90 %).
- Módulo Phono Solar 150 W Policristalino. (Características: Aplicación típica 12 VCD, tamaño 1482(L) x 676 (W) x 35 (H) mm, potencia nominal 150 W, corriente nominal 8.24 A, tensión nominal 18.2 V, corriente en corto circuito 8.65 A, voltaje en circuito abierto 22.8 V).
- Batería Surrete Solar-480 (Capacidad 135 Ah, voltaje 12 V).
- Regulador de carga SIGOR 12V, 40 A. (Tensión nominal 12/24 V, tensión máxima de entrada 50/60 V, Intensidad máxima de entrada 30, 40 A, intensidad máxima de salida 30,40 A).
- Inversor Fronius 3.0-1. (Potencia nominal 3680 W, rango de tensión 90-450 V, corriente nominal 16 A, máximo número de entradas en paralelo 2).

- Módulo Phono Solar 250 W Policristalino (Potencia nominal 250 W, corriente nominal 8.3 A, tensión nominal 30.2 V, corriente en corto circuito 8.70 A, voltaje en circuito abierto 37.8 V).
- Medidor bidireccional
- Estructuras para paneles (Vento4basic)
- Fusibles
- Portafusibles
- Conectores
- Cable fotovoltaico
- Multímetro
- Se determinó la demanda energética de la empresa Cartón Corrugado Puebla S.A. de C.V. realizando un diagnóstico energético el cual consiste en contabilizar los equipos que se utilizan obteniendo sus características eléctricas, el tiempo de uso diario en horas y posteriormente se realiza el cálculo adecuado para obtener la potencia total requerida para el buen funcionamiento de los equipos de dicha empresa.
- Posteriormente se calculó el número de paneles necesarios para abastecer ya sea parcial o totalmente la demanda energética, también el número de paneles que deben estar conectados en serie y en paralelo, se determinó el tipo de estructura a utilizar para montar los paneles solares y finalmente, la inclinación óptima que estos deben tener respecto a la latitud del lugar.
- Se dimensiono el inversor, es decir, debemos seleccionar el inversor adecuado a nuestra demanda. Para esto, hacemos uso de la expresión anteriormente mencionada, la cual expresa que la potencia que debe tener nuestro inversor debe ser aproximadamente igual a la potencia que debemos suministrar en CA, es decir, el consumo que debemos satisfacer.

Metodología

Descripción del método

Para la realización de este proyecto se siguieron los siguientes pasos:

- Primeramente, se realizó un estudio de la zona en donde se implementó el sistema fotovoltaico, obteniendo datos como la radiación incidente, latitud, variaciones climáticas, etc.;

- Posteriormente se calculo el cableado ideal para nuestra instalación, en el cual se debe prestar mucha atención, puesto que al pasar energía por nuestros cables, siempre existirán perdidas que se deben a las caídas de tensión que hay en ellos, además, estos deben de cumplir con las Normas Electrotécnicas de Baja Tensión.

Resultados y discusión

Resultados

En la Tabla 1 se muestran los datos de radiación incidente, latitud, variaciones climáticas, etc.; de la zona en que se encuentra ubicado la empresa Cartón Corrugado Puebla.

Datos característicos de la zona	
Coordenadas	Latitud 19°04'24"N Longitud 98°16'00" O
Clima	Templado Subhúmedo
Altitud	2,142 metros sobre el nivel del mar
Temperatura máxima promedio	28.5°
Promedio de días con lluvia	110 días
Promedio de días nublado al año	80 días
Promedio de días soleados al año	175 días
Hora solar pico h_{sol}	5.5 h/día

Tabla 1 Datos característicos de la zona

En la tabla 2 se muestran los cálculos de la energía consumida por los aparatos eléctricos y electrónicos de la empresa Cartón Corrugado Puebla.

Aparatos	No. de aparatos	Potencia (W)	h/día	Wh/día
Focos oficinas	15	25	9.5	3,562.5
Focos pasillo	5	25	2.0	250
Focos baños	5	25	1.0	125
Computadoras	6	110	9.5	6,270
Ventilador	1	600	4.0	2,400
Laptop	1	81.70	7.0	571.9
Impresora	1	18	3.0	54
Total			13,233.4Wh/día	

Tabla 2 Potencia total consumida en la empresa Carton Corrugado Puebla S.A. de C.V.

Para poder realizar el dimensionamiento fotovoltaico adecuado para la empresa se calculo la carga diaria utilizando la potencia total y la potencia del sistema que se implemento, como se observa en la ecuación 1:

$$C_{diaria} = \frac{P_{TOTAL} Wh-día}{V_{sistema}} = \frac{13,233.4Wh}{12V} = \frac{1,102.78Ah}{día} \quad (1)$$

Para poder compensar las pérdidas en las baterías y otros componentes utilizamos la ecuación 2:

$$I_s = C_{diaria} \times f_{seguridad} = 1,102.78Ah/día \times 0.2 = 220.55Ah/día \quad (2)$$

Para calcular la carga diaria corriente corregida en amperios hora por día, aplicamos la ecuación 3:

$$C_{dcc} = C_{diaria} \times f_{seguridad\ total} = \frac{1,102.78Ah}{día} \times 1.2 = \frac{1,323.33Ah}{día}, \quad (3)$$

donde $f_{seguridad\ total} = 120\%$

La corriente A_S que el sistema tendrá que producir se obtiene con la ecuación siguiente 4.

$$A_S = \frac{C_{dcc}}{h_{sol}} = \frac{1,323.33Ah/dia}{5.5\ h/día} = 240.60A. \quad (4)$$

Para obtener el número de módulos utilizamos la corriente A_{Sm} que produce el modulo propuesto para el sistema, y el amperaje que el sistema tendrá que producir, como se observa en la ecuación 5:

$$N_m = \frac{A_S}{A_{Sm}} = \frac{240.60A}{8.24A} = 29.19. \quad (5)$$

Redondeando tenemos 30 módulos.

Para obtener la corriente que producen los módulos se utiliza la ecuación 6:

$$C_{pm}, (A) = N_m \times A_{Sm} = 30 \times 8.24\ A = 247.2\ A \quad (6)$$

El número de reguladores N_r , se calcula con la corriente C_{pm} que produce el modulo propuesto y la corriente C_r que soporta el regulador, como se observa en la ecuación 7:

$$N_r = \frac{C_{pm}}{C_r} = \frac{247.2A}{40A} = 6.18 \quad (7)$$

Redondeando tenemos 7 reguladores.

La capacidad nominal de las baterías C_{nb} se calculan conociendo los días de autonomía, que en este caso se optó por 5 y la profundidad de descarga $D_p = 80\%$, como se muestra a continuación 8:

$$C_{nb} = \frac{C_{dcc} \times d_a}{D_p} = \frac{(1,323.33Ah/dia)(5días)}{0.8} = 8270.81Ah \quad (8)$$

Para obtener el número de baterías, se utiliza la carga nominal de las baterías C_{nb} y la carga nominal de una batería C_n , para este sistema es de 135Ah, como se muestra en la ecuación 9.

$$N_b = \frac{C_{nb}}{C_n} = \frac{8270.81Ah}{135Ah} = 61.26, \quad (9)$$

Redondeado tenemos baterías 62 baterías.

Conociendo la potencia de salida P_s del inversor que es de 2000 W, y conociendo el factor de rendimiento $\eta = 90\%$, podemos obtener la potencia de entrada P_e , utilizando la ecuación 10.

$$P_e = \frac{P_s}{\eta} = \frac{2000w}{0.90} = 2,222.22w \quad (10)$$

Después se divide la potencia total entre la potencia de entrada para obtener el número de inversores:

$$\frac{13,233.4w}{2,222.22\ w} = 5.95$$

Redondeando se tiene 6 inversores para el sistema autónomo.

Para calcular el calibre del cable a utilizar en las diferentes secciones del sistema se utilizó la siguiente ecuación:

$$S = \frac{2LI}{\sigma(v_a - v_b)} \quad (11)$$

Dónde:

S = sección en mm^2

L = Longitud en metros hasta el receptor

I = intensidad en amperios

$(v_a - v_b)$ =caída de tensión en voltios

σ =conductividad (inversa de la resistividad, cobre=56)

El total de cable de cobre que se utilizó para el sistema autónomo fue de 84 m con calibre 6 AWG y 100.32 m, del calibre 8 AWG.

En la figura 1 se muestra el arreglo del sistema fotovoltaico autónomo realizado en base a los cálculos obtenidos anteriormente, donde se observa los módulos, reguladores, baterías, inversores y consumos en corriente continua y corriente alterna.

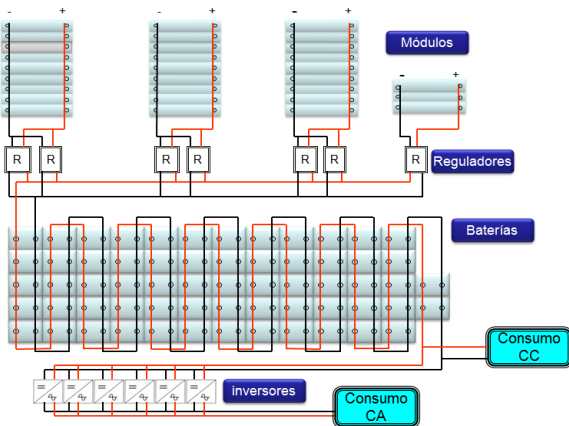


Figura 1 Sistema fotovoltaico autónomo.

Cálculos realizados para un sistema fotovoltaico interconectado a red.

Con el diagnóstico energético se obtuvo la potencia total del sistema, el cual fue de 13,233.4 Wh/día, y con el valor de la potencia del inversor para que este funcione adecuadamente podemos obtener el número de inversores, esto se realizó utilizando la ecuación 12:

$$n_{inversores} = \frac{p_{total\ wh-dia}}{p_{inversor}} = \frac{13,233.4wh/dia}{3,450w} = 3.83 \quad (12)$$

Con este valor se optó por utilizar 4 inversores.

El arreglo de los paneles fotovoltaicos se determina con base a las especificaciones de entrada del inversor, y especificaciones de salida del panel fotovoltaico, por lo tanto tenemos:

$$No. de\ modulos\ en\ serie = \frac{V_{inv}}{V_M} = \frac{210V}{30.2V} = 6.34, \text{ Redondeando tenemos } 7 \text{ módulos en serie.}$$

Para obtener el número de módulos en paralelo utilizamos la corriente de entrada del inversor I_{inv} y la corriente del módulo I_M , como se muestra en la ecuación 13:

$$No. de\ modulos\ en\ paralelo = \frac{I_{inv}}{I_M} = \frac{15\ A}{8.3A} = 1.8 \quad (13)$$

Redondeando tenemos 2 módulos en paralelo.

Para calcular el número de módulos aplicamos la ecuación 14.

$$n_{modulos} = (No. de\ modulos\ en\ paralelo \times No. de\ modulos\ en\ serie \times n_{inversores}) = (2\ modulo\ en\ paralelo \times 7\ modulos\ en\ serie \times 4\ inversores) = 56 \quad modulos \quad (14)$$

La distancia mínima entre aristas de paneles, para evitar la sombra sobre otro panel fue de 1.74 m.

Total de cable que se utilizó para un sistema conectado a red es de **100m** del calibre **8 AWG** y 24m de **4 AWG**, esto se obtuvo con la ecuación (11).

La figura 2 muestra el sistema fotovoltaico interconectado a red, elaborado con los datos obtenidos de los cálculos anteriores donde se observan los distintos componentes que conforman un sistema interconectado a red.

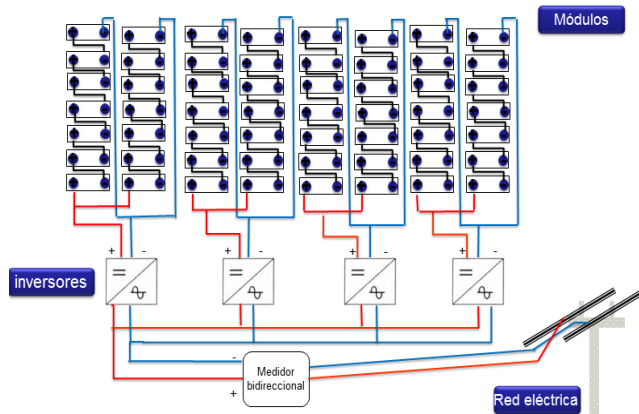


Figura 2 Sistema fotovoltaico interconectado a red.

La tabla 3 y 4 se muestra la cotización de un sistema fotovoltaico interconectado a red y un autónomo donde se aprecia los precios por unidad de cada elemento y el precio total de cada uno de los sistemas.

Producto	No. de productos	\$Precio unitario	\$Precio total
Módulo phono solar 150w policristalino	30	3200	96,000
Batería surrete solar s-480	62	4000	248,000
Regulador zigor	7	3995	27,965
Inversor samlex sam-1000	6	4500	27,000
Cable 6 AWG	100.32m	32.5 m	3,607.5
Cable 8 AWG	84 m	28 m	2352
Vento4basic (capacidad de 4 paneles)	7	850	5,950
Vento2adic (capacidad de 2 paneles)	1	500	500
Elementos de protección.	Varios	4000	4000
Precio total por todos los componentes del sistema :			\$413,374.50

Tabla 3 Costos de los elementos de un sistema fotovoltaico autónomo.

Producto	No. de productos	\$precio unitario	\$Precio total
Módulo phono solar 250w policrista lino	56	3,500	196,000
Inversor xantrex GT5.	4	6,000	24,000
Cable 6 AWG	24 m	32.5 m	780
Cable 8 AWG	100 m	28 m	2800
Vento4basic (capacidad de 4 paneles)	14	850	11,900
Elementos de protección y de instalación.	varios	10, 000	10, 000
Precio total por todos los componentes del sistema \$235,840.00			

Tabla 4. Costos de los elementos de un sistema interconectado a red.

Discusión

De acuerdo con los resultados podemos decir que el sistema fotovoltaico interconectado es más eficiente energéticamente ya que siempre tendremos energía eléctrica a pesar si los días no tienen la radiación suficiente ya que la corriente que haga falta para que los equipos funciones será tomada de la red de CFE; en cambio un sistema autónomo no tendría la capacidad de llenar las baterías al 100 % y no sería capaz de alimentar a todos los equipos de la empresa y cuando hay radiación suficiente esta puede ser desperdiciada ya que una vez llenas las baterías el regulador de carga corta el paso de la corriente para evitar que estas se dañen, en cambio el sistema interconectado inyecta la energía sobrante a la red de CFE para que al final la empresa reduzca el costo de la energía que se utiliza.

También es más eficiente el sistema interconectado en cuanto espacio ya que las 62 baterías ocupan mayor área que el medidor bidireccional y el cuidado de las baterías tiene que ser especial ya que pueden dañarse con la humedad.

El sistema fotovoltaico interconectado es menos costoso que el sistema autónomo como se observa en las cotizaciones; en un 42.6% esto hace más atractivo el interconectado ya que el retorno de inversión es más rápido. Se podrían hacer más eficientes los sistemas autónomos pero se encarecerían aún más estos, por el aumento del número de baterías y el hecho de que sólo puede extraerse 80% de la energía almacenada de ellas

Agradecimiento

Los investigadores agradecen a la Universidad Politécnica de Amozoc y a la empresa Cartón Corrugado Puebla S.A. de C.V. por el apoyo brindado para el desarrollo de este proyecto.

Conclusión.

Con base en los datos obtenidos se concluyo que ambos sistemas abastecen el consumo de energía eléctrica dentro de la empresa Cartón Corrugado Puebla S.A. de C.V. Sin embargo en el sistema interconectado a la red la inversión es 42.69 % menor comparado con el sistema autónomo, la ventaja principal del autónomo es que no depende de la red.

Finalmente se puede decir que es más viable para la empresa Cartón Corrugado de Puebla S.A. de C.V. el sistema interconectado a la red de CFE ya que es más eficiente y menos costoso.

Además su retorno de inversión es de aproximadamente 9 años, en cambio el sistema autónomo su retorno es de 14 años, pero este periodo puede incrementarse ya que a los 5 años o antes se tendrían que cambiar las baterías y por lo tanto el costo del sistema autónomo se incrementaría.

Para el sistema fotovoltaico interconectado el mantenimiento es casi nulo y el sistema tiene una vida útil de aproximadamente 25 años, en cambio el sistema autónomo requiere de mayor mantenimiento en especial en las baterías ya que su ciclo de vida es de aproximadamente de 5 años. Con este sistema se deja de emitir 8.6 toneladas de bióxido de carbono a la atmósfera al año ayudando a reducir el cambio climático.

Referencias

Sánchez M. Á. (2014). *Energía Solar Fotovoltaica*. México. 314 Pág.

Jutglar L. (2012) *Generación de energía solar fotovoltaica*. España. 210 Pág.

Flores O. Reducción de la eficiencia energética del sistema fotovoltaico de la planta Aura Solar I. (2015). México. 850- 855 Pág.

Flores O. Green clinic with solar tracker. (2014). Mexico. 20 – 32 Pag.

Guerrero C. (2010). *Propuesta de Diseño de un Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red para una Casa Habitación en Xalapa*. Recuperado de:

<http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/32879/1/guerrero gutierrez.pdf>

Anguiano J. (2012). Constante solar. Pag.15 - 17 Impacto de la temperatura de los módulos en la eficiencia de un sistema fotovoltaico conectado a la red. Recuperado de: <http://148.206.53.84/tesiuami/UAMI16030.pdf>

Anguiano J. (2012). Tipos de células fotovoltaicas p. 55, Impacto de la Temperatura de los Módulos en la Eficiencia de un Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red. Recuperado de: <http://148.206.53.84/tesiuami/UAMI16030.pdf>

Blanco I. (2008). *Instalación Solar Fotovoltaica Conectada a Red sobre la Azotea de una Nave Industrial*. Recuperado de http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/6063/PFC_Israel_Blanco_Sardinero.pdf?sequence=1

Prado C. (2008). *Diseño de un Sistema Eléctrico Fotovoltaico para una Comunidad Aislada*. Recuperado de <http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb0831t.pdf>