

Estructura de un sistema fotovoltaico de tipo aislado para motor trifásico

Arely Carbajal, Carlos Arroyo y Arístides Martínez

Área de Mantenimiento Industrial

Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez

Xicotepec, Puebla; México

[arely.carbajal, carlos.arroyo, aristides.martinez] @utxicotepec.edu.mx

Abstract— The objective of this project is to determine, through the necessary mathematical calculations, the minimum specifications for interconnecting a solar panel to provide electric power to a 220-volt three-phase motor in the hydraulic power unit of a solid waste compactor. The machine is intended for practical use by students at the Technological University of Xicotepec de Juárez, and using solar panels will ensure autonomy and sustainability in its energy consumption.

Keyword— Three-phase motor, alternative energies, solar panel, sustainability

Resumen— El presente trabajo tiene como objetivo establecer, a través de los cálculos matemáticos necesarios, las características mínimas para la interconexión de un panel solar que nos permita alimentar de corriente eléctrica a un motor trifásico de 220 volts de la unidad de potencia hidráulica de una compactadora de residuos sólidos, la cual está destinada a actividades prácticas de los estudiantes de la Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, garantizando con esto una autonomía y sustentabilidad en el consumo energético de la máquina a través del uso de paneles solares.

Palabras claves— Motor trifásico, energías alternativas, panel solar, sustentabilidad

I. INTRODUCCIÓN

Las fuentes alternativas son un medio para conseguir energía, diferente a la energía convencional; las energías alternas, cuentan con grandes ventajas al usarlas, no contaminan y son renovables, es decir, no se agotan, además, los recursos que utilizan son limpios y proporcionados por la naturaleza, algunos ejemplos de estas energías son la solar, eólica e hidráulica, mismas que no dañan al medio ambiente y tampoco generan residuos [1].

El presente proyecto propone la implementación de un sistema de alimentación de energía fotovoltaica para una máquina hidráulica compactadora de residuos sólidos, la cual se utiliza para actividades prácticas de los estudiantes que forman parte de la Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez (UTXJ).

La UTXJ, es una institución altamente comprometida con el cuidado del medio ambiente y actualmente se encuentra certificada en la norma ISO 14001:2015, lo cual llevó a determinar, a través de un análisis de consumo energético, la necesidad de reducir la cantidad de energía eléctrica que se utiliza dentro del taller de reciclaje; por esta razón, se consideró la necesidad de realizar la implementación de un sistema fotovoltaico de tipo aislado para su funcionamiento de una máquina hidráulica compactadora de residuos sólidos, que en específico denominado como compactadora de Block de Tierra Comprimida (BTC).

Las actividades realizadas inician con un análisis documentado sobre las características principales que deben cumplir los sistemas fotovoltaicos. Posteriormente, la medición, con pruebas correspondientes a la máquina compactadora para determinar la potencia consumida en vacío y con carga, y con ello, buscamos calcular el tamaño del panel, realizar el análisis de cargas, además de determinar el número de paneles requeridos para la puesta en marcha del proyecto. Con esto, obtuvimos como resultado, la alimentación necesaria de energía fotovoltaica para la máquina compactadora y determinamos la viabilidad del proyecto.

II. MARCO TEORÍCO

En la Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, dentro del taller de reciclaje existe una compactadora de residuos sólidos que es alimentada por la red de energía eléctrica de Comisión Federal de Electricidad (CFE), la cual consume una cantidad excesiva de energía eléctrica; por esta razón, decidimos enfocarnos en la generación de un sistema de energía fotovoltaica con la intención de reducir el consumo de energía eléctrica y disminuir el impacto en el medio ambiente.

Las ventajas de los sistemas fotovoltaicos radican en su simplicidad, ya que por lo general son sistemas simples y modulares, se instalan fácilmente. Por medio de avances tecnológicos la energía solar es de gran utilidad, reduce gastos económicamente y cuidado del medio ambiente. Considerando que la energía fotovoltaica es una de las fuentes más prometedoras de energía renovable en el mundo, que además comparada con las fuentes no renovables, son más limpias [2].

Estos sistemas, basan su funcionamiento en el efecto fotoeléctrico para transformar la energía lumínica proveniente del sol en energía eléctrica. Este proceso de generación de electricidad renovable no contamina, no emite gases nocivos, su mantenimiento es mínimo y no genera ruidos molestos. La tecnología fotovoltaica es totalmente confiable y su instalación en residencias e industrias es sencilla [3].

A continuación, se enuncian las partes que conforman un sistema de generación fotovoltaico aislado:

1. Paneles Solares Fotovoltaicos: Los paneles solares están formados por celdas fotovoltaicas, las cuales recolectan los rayos del sol y los convierten en Corriente Directa (DC).
2. Inversor: Recibe la corriente directa (DC) generada por los paneles solares y la convierte en corriente alterna (AC), el tipo de electricidad comúnmente utilizada.
3. Tablero Eléctrico: La corriente alterna (AC) que sale del inversor llega a un tablero eléctrico donde está lista para ser utilizada.
4. Red Eléctrica: Es el sistema eléctrico de la compañía de luz. Su sistema fotovoltaico permanecerá conectado a la red eléctrica para permitir el funcionamiento de la red eléctrica cuando se requiera energía adicional a la que su sistema fotovoltaico produjo, por ejemplo, durante la noche, garantizando así un suministro constante y confiable de electricidad.
5. Sistema de Monitoreo: Su sistema fotovoltaico ofrece la posibilidad de monitorear la producción diaria de energía fotovoltaica y verificar que su sistema funcione adecuadamente, así como llevar un registro del CO₂ no emitido al ambiente.
6. Banco de Baterías: Los bancos de baterías para sistemas fotovoltaicos o acumuladores son los encargados del almacenamiento energético, para poder suministrar energía independientemente de la producción eléctrica del generador fotovoltaico en ese preciso momento, que sirve como reserva para los días nublados o cuando es de noche. Se componen esencialmente de dos electrodos sumergidos en un electrolito donde se producen reacciones químicas debidas a su carga y su descarga.

III. DESARROLLO METODOLÓGICO

Al inicio de este proyecto nos enfocamos conocer la estructura y componentes de un módulo fotovoltaico, así plantear y realizar las actividades necesarias para cálculo y selección adecuada de los componentes del sistema fotovoltaico tipo aislado, destinado a alimentar de corriente eléctrica a un motor trifásico a 220 volts de unidad de potencia hidráulica de una compactadora de residuos sólidos de la Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez ubicada en el área de reciclaje.

Dentro de las actividades desarrolladas se contempló los siguientes cálculos:

A. Cálculo de consumo de energía eléctrica de la máquina compactadora de residuos sólidos

Tomando en consideración que contamos con información técnica del equipo de potencia de la máquina compactadora de residuos sólidos y que esta trabaja 6 horas al día, consideramos los datos necesaria para llevar a cabo el cálculo de consumo de energía por día tomando en cuenta la información de las tablas siguientes:

Tabla I. Datos Técnicos del Motor

Motor WEG-W22			
			
5.595Kw		7.5CP	
208-250/460V		21.6-19.6/9.78A	
RPM 1770	Factor de Servicio: 1.75	60Hz	Factor de Potencia (FP): 0.77

Tabla II. Datos Técnicos del Reflector

Reflector LED SLIM 100W ILUMINA 1000W (uso exterior)			
			
5.595Kw		7.5CP	
208-250/460V		21.6-19.6/9.78A	
RPM 1770	Factor de Servicio: 1.75	60Hz	Factor de Potencia (FP): 0.77

Con los valores indicados en la Tabla I y Tabla II, realizamos el cálculo de consumo de energía por día, a través de la aplicación de la siguiente fórmula:

$$Ec=(Pe*h)*Ms \quad (1)$$

Donde:

Ec: Energía consumida del equipo (expresada en kilowatts hora)

Pe: Potencia de los equipos

h: Horas de uso al día de la máquina compactadora
 Ms: Representa margen de seguridad (30 % preestablecido)

Considerando que la máquina compactadora trabaja 6 horas al día, además de la información de la ficha técnica y un margen de seguridad del 30%, sustituyendo valores en nuestra formula de Ecuación (1) tenemos que:

$$Ec = (5.695kW * 6 h) * 30 \%$$

$$Ec = (34.17 kWh) * 30 \%$$

$$Ec = 10.251 kWh$$

La energía de consumo, por día, de la máquina compactadora es de **10.251 kilowatts hora.**

B. Cálculo de la potencia fotovoltaica

Para conocer que potencia necesitaremos para abastecer la energía consumida por la máquina compactadora, se realizará el cálculo de la potencia fotovoltaica, para lo cual utilizamos la siguiente Ecuación (2):

$$PFv = Ec / Hps * Ms \quad (2)$$

Donde:

PFv: Representa la potencia fotovoltaica

Ec: Es la energía consumida

Hps: Horas solar pico

Conociendo que el sistema se instalará en la ciudad de Xicotepec de Juárez Puebla, requerimos conocer la insolación del lugar que mediante la aplicación de Solar App, del centro de capacitación eléctrica y energías alternas (CCEEA), se obtuvo el valor de 4.58 HSP a un ángulo de inclinación de 20 grados, como se muestra en la Fig. 1. Irradiación solar de Xicotepec de Juárez Puebla, lo cual se interpreta que al día 4.58 horas recibe 1000 Wh/m2 o equivalente a decir 4580 Wh/m2.

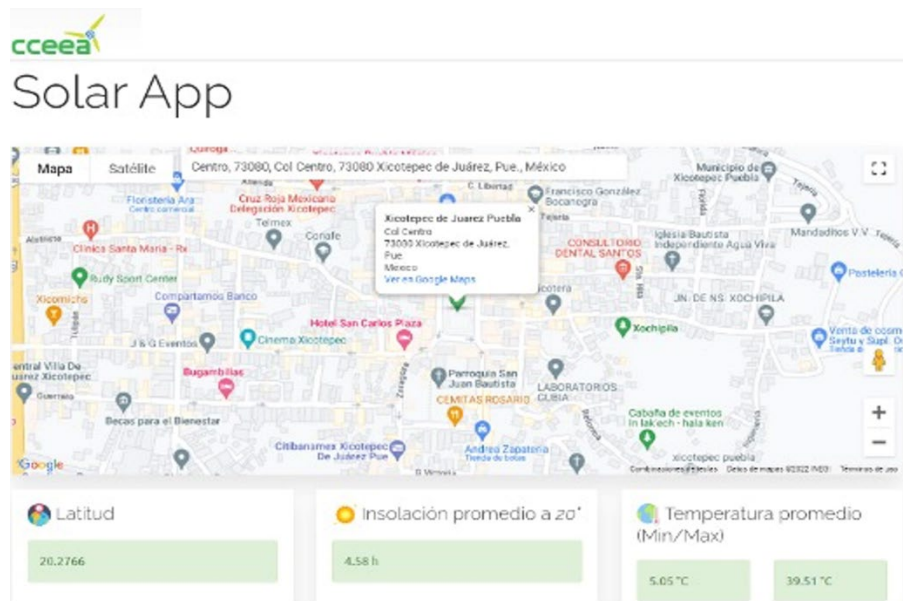


Fig. 1. Irradiación solar de Xicotepec de Juárez Puebla

C. Cálculo de módulos fotovoltaicos

Los factores considerados para la correcta elección del número de paneles solares en una instalación fotovoltaica es tener en cuenta el consumo de energía por día, para nuestro caso de la máquina compactadora es de 10.251 Kwh y con el valor de las HPS de 4.58 con la inclinación de 20 grados.

Para calcular el número de paneles, suponiendo que estos se encuentren orientados como se ha indicado anteriormente. Se utilizará la siguiente ecuación (3):

$$\text{No. De módulos fotovoltaicos} = (PFv/Pm) \quad (3)$$

Donde:

PFv: Representa la potencia fotovoltaica

Pm: Representa potencia del modulo

Sustituyendo los datos en la fórmula de la ecuación (3) tenemos:

$$\text{No. de módulos} = (2238.2w/160w)$$

$$\text{No. de módulos} = 13.988$$

De acuerdo al resultado arrojado anteriormente, requerimos utilizar **14 módulos** fotovoltaicos para el sistema autónomo; ya que si interconectamos 13 módulos tenderíamos a tener una deficiencia de alimentación de corriente en nuestro receptor de corriente denominado motor trifásico.

D. Cálculo de módulos de baterías

Para realizar el cálculo de cuantas baterías se utilizarán para almacenar la energía del sistema fotovoltaico tenemos que tener en cuenta el consumo energético total de 10.251 kWh; con el valor total se establece el cálculo de cuantos Amper hora (Ah) necesitamos para el sistema, considerando para ello la siguiente ecuación (4):

$$Ah_{Bat} = Er / (V_{bat} * ef_{Bat} * DOD * DR) \quad (4)$$

Donde:

Ah_{Bat}: Amper hora de requeridos para el sistema

ER: Energía requerida

VBat: Voltaje de batería, 12 volt

Ef_{Bat}: Eficiente de batería viene representado en porcentaje, 85%

DOD: Profundidad de descarga en porcentaje, valor de profundidad de descarga de 50%

DR: Horas de respaldo, considerado 6 horas de respaldo para sistema

Aplicando fórmula de ecuación (4), tenemos:

$$Ah_{Bat} = 10251wh / (12v * 85\% * 50\% * 6hr)$$

$$\text{Ah}_{Bat} = 335 \text{ Ampers}$$

El resultado que tiene que sustentar nuestro banco de baterías es de 335 Amper; estableciendo como base que los Amper hora de nuestra batería real es de 157 Ah calculamos el número de baterías para diseñar el banco del sistema fotovoltaico, para ello aplica la siguiente ecuación (5):

$$NBat = AhBat / AhBatReal \quad (5)$$

Donde:

AhBat: Amper hora de requeridos para el sistema

AhBatReal: Amper hora de la batería seleccionada

Sustituyendo los datos en la ecuación (5) obtenemos lo siguiente:

$$Nbat = 335Ah / 157Ahr = 2.13$$

A continuación, con el resultado obtenido de 2.13, consideramos el número entero siguiente, lo cual nos indica que requerimos de **3 baterías** para abastecer el sistema fotovoltaico para 6 horas de trabajo con una interconexión en paralelo.

E. Estudio de Sombras

El estudio de sombras es una fase importante ya que permiten ubicar a los paneles en su posición más idónea o correcta, en dicha posición no se verán afectados por sombras, los cuales disminuyen la eficiencia del panel.

Para el estudio de sombras se auxilió en el uso de una aplicación App denominada Sun posición, esta aplicación permite observar la trayectoria del sol en los soles siticios, de ser necesario puede consultarse en ella en cualquier fecha y a cualquier hora en determinado lugar. Utilizando la cámara del celular o la computadora, visualizamos la trayectoria del sol en tiempo real, en la siguiente (Figura 2) se muestran unas líneas las cuales representan los soles siticios.

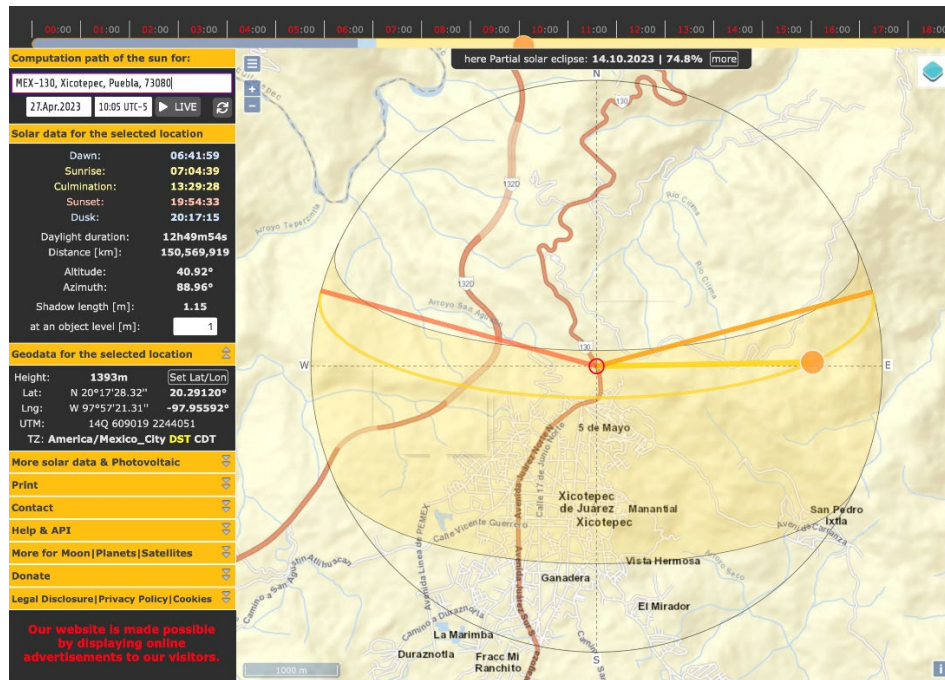


Fig. 2. Mapa solar lunar

IV. RESULTADOS

Durante el periodo de realización del proyecto los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Cálculo de consumo de energía eléctrica, la energía de consumo teórica obtenida por día de la máquina compactadora nos arroja 10.251 kWh.
- Cálculo de potencia fotovoltaica requerida para abastecer la energía consumida de la máquina compactadora 2.2382 kw
- Cálculo de módulos fotovoltaicos, con requerimiento a utilizar 13 módulos fotovoltaicos para el sistema autónomo.
- Cálculo del banco de baterías, se necesitan aproximadamente 3 baterías para abastecer el sistema. Con una interconexión en paralelo.

V. CONCLUSIONES

La importancia del cuidado del medio ambiente, para las organizaciones es, hoy en día, un tema que no se puede dejar pasar, ya sea por un compromiso real con nuestro planeta, por evitar sanciones o por mejorar sus procesos, cada vez son más las empresas que busca alternativas de mejor manejo de sus residuos, y generar así un valor a sus productos o servicios. La Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, es una institución comprometida con el cuidado del medio ambiente, en su política integral menciona "...que respeta el contexto ambiental, la mitigación de impactos ambientales, la protección de la biodiversidad y la prevención de la contaminación, afrontando riesgos con una visión de sustentabilidad, en apego a la legislación aplicable" [4].

Un sistema fotovoltaico tiene muchos beneficios en cuanto al ahorro de energía ya que gracias a su implementación se lograría alimentar de manera autónoma a la máquina compactadora e incluso, si se requiere puede dimensionar para alimentar varios equipos a la vez.

Además, instalando este sistema en la máquina compactadora de residuos sólidos se tendría un ahorro en el consumo de energía eléctrica, coadyuvando a la conservación del medio ambiente.

Tomando en consideración los resultados obtenidos en este estudio, finalmente logramos concluir que la implementación de módulos fotovoltaicos para el trabajo con equipos pesados y de alto consumo energético dentro de las organizaciones, es una alternativa viable, que disminuye de manera significativa el gasto o consumo de energía de los mismos, lo cual se traduce en una disminución de los costos en energía y en el cumplimiento del compromiso de las empresas en el cuidado del medio ambiente.

Un sistema fotovoltaico tiene muchos beneficios en cuanto al ahorro de energía ya que gracias a esta implementación se lograría alimentar de manera autónoma no nada más a la máquina compactadora, si se requiere podrá dimensionarse para alimentar varios equipos a la vez. Instalando este sistema en la máquina compactadora de residuos sólidos se tendría un ahorro en el consumo de energía eléctrica, coadyuvando a la conservación del medio ambiente.

REFERENCIAS

- [1] Figueroa-Moctezuma, G. M., Balderas-Nieto, J. M., Martínez-Cerón, D. T., Mendoza-Bernardino, Á. U., & Rivas-Corona, B. A. "Energías Alternativas." TEPEXI Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji del Río, 9(18), 38-40, 2022
- [2] Huisa Quispe, F. R. (2013). Acondicionamiento para el aprovechamiento de la energía solar en la IE Alfonso Ugarte.
- [3] Sánchez Guevara, S., & Franco Gil, J. (2016). Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico interconectado a red con soporte de almacenamiento en la Universidad Tecnológica de Pereira.
- [4] UTXJ. Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez. Retrieved from <http://www.utxicotepec.edu.mx/M>.
- [5] James P. Dunlop "Photovoltaic Systems", second edition, , American Technical, Publishers, Inc. Orland Park, Illinois 60467-5756, 2016
- [6] Castillo, Inma C., et al. "Energía Solar Fotovoltaica y Térmica: Manual Técnico: Con Diagramas De Flujo, Tablas, Casos Prácticos Resueltos y Otras Ilustraciones, Para La Formación De Profesionales". A. Madrid Vicente, Ediciones, 2020.
- [7] Morán Carabajo, C. E., & Villa Villa, B. F. (2022). Comportamiento de un sistema fotovoltaico aislado en presencia de irradiación solar y artificial (Bachelor's thesis).