



ARTÍCULO ORIGINAL

## Instalación de un sistema fotovoltaico autónomo para alimentación de un sistema de riego

**Francisco Tomás Cessa Valdés<sup>1</sup>, Diego Armando Navarrete Huesca<sup>1</sup>, Verónica López Hernández<sup>1</sup>, Rosa Celia Suárez Jacobo<sup>1</sup>, Luis Donald Marcos de la Cruz<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Campus Gutiérrez Zamora, Carretera Gutiérrez Zamora-Boca de Lima Km 2.5 Gutiérrez Zamora, Veracruz, México, Tel.: 7668451952

Fecha de recepción: 24 de junio de 2022; fecha de aceptación del artículo: 16 de diciembre de 2022.

### PALABRAS CLAVE

Instalación fotovoltaica  
Sistema de riego  
Equipos de bombeo e  
iluminación  
Energía renovable

### Resumen

La energía solar fotovoltaica es considerada como la de mayor disponibilidad dentro de las energías renovables, esto se debe a la presencia de radiación solar en gran parte del planeta. En México, de acuerdo con la Agencia Internacional de Energía Renovable, hay una producción energética de 5.5 Kw/h/m<sup>2</sup>, esto debido a que se encuentra entre 15° y 35° de latitud por lo que es considerada una zona altamente favorecida por el recurso solar. El principal uso de la energía fotovoltaica se pueden ver principalmente, en donde no se tiene acceso a la energía eléctrica suministrada por las plantas termoeléctricas o centrales de ciclo combinado, donde son instalados sistemas fotovoltaicos aislados que tienen como principal característica utilizar baterías para almacenar la energía eléctrica transformada por los módulos fotovoltaicos para posteriormente ser utilizada en sistemas de bombeo, aparatos electrodomésticos, dispositivos electrónicos, etc. Por tal motivo en el presente proyecto se describe el diagnóstico, dimensionamiento y análisis de viabilidad económica de una instalación fotovoltaica aislada para equipos de bombeo e iluminación con el objetivo de utilizar un sistema de riego en el área de cocotero de la carrera de Agrobiotecnología de la UTGZ, mismos que equivalen a una potencia eléctrica de 1034 watts, para lo cual fue necesario instalar 6 módulos fotovoltaicos de 160 w, 6 baterías de 115 Ah con su respectivo controlador de carga e inversor de corriente necesario para suministrar energía alterna a los equipos. Los resultados de los indicadores son: Valor Presente Neto \$99,350.55 Análisis Costo Beneficio \$1.42, Tasa interna de retorno 21.85% y el periodo de recuperación de la inversión es de 8 años 3 meses.

<https://doi.org/10.56382/tdis.remcid.2022.1.2.35.44>

**Correspondencia:** Francisco Tomás Cessa Valdés. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora Prol. Dr. Miguel Patiño s/n, CP. 93500, Gutiérrez Zamora Ver. México. Teléfono: (766) 845-1952. Correo electrónico: francisco.cessa@utgz.edu.mx

ISSN: 2954-498X · e-ISSN: 2954-4998. - Revista Multidisciplinaria de Ciencia Innovación y Desarrollo © 2022. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora. Todos los derechos reservados.

## PALABRAS CLAVE

Photovoltaic installation  
Irrigation system  
pumping and lighting  
equipment  
Renewable energy

## Abstract

The most available renewable energy is the photovoltaic solar energy in the world due to high solar radiation. According to the International Renewable Energy Agency, around 5.5 Kw/h/m<sup>2</sup> is produced in Mexico, because of latitude 15°-35°. The best use of this type of energy is in the places that not have conventional electricity. It means that energy is obtained by isolated photovoltaic systems, which are used in water pumps, power supply of household appliances and basic activities in a home. For this reason, in this paper is described diagnosis, dimensioning and economic viability analysis of an isolated photovoltaic installation for pumping and lighting equipment, the aim was to have an irrigation system in the “cocotero place” of university career agrobiotechnology. The installation of six photovoltaic modules with 160 W, six piles with 115 A, reached an electrical power of 1034 watts. The project results were net present value \$99,350.55, cost benefit analysis \$1.42, internal rate of return 21.85% and the investment recovery period is 8 years 3 months.

## Introducción

La energía solar fotovoltaica es considerada como la de mayor disponibilidad dentro de las energías renovables, esto se debe a la presencia de radiación solar en gran parte del planeta, en México, de acuerdo con la International Renewable Energy Agency (IRENA), se reciben diariamente 5.5 Kw/h/m<sup>2</sup>, esto debido a que se encuentra entre 15° y 35° de latitud por lo que es considerada una zona altamente favorecida por el recurso solar, IRENA (2015).

Toda esta energía se manifiesta de diferentes maneras en el entorno y, por lo tanto, existen múltiples formas de utilizarla. Una de ellas es la llamada energía solar fotovoltaica que consiste en el uso de una célula fotovoltaica en la que los fotones de luz solar alcanzan la superficie y el flujo de electrones crea una corriente eléctrica, Souza (2020).

En la UTGZ existe un área destinada para realizar prácticas de campo experimentales de la carrera de agrobiotecnología, las cuales consisten en el cultivo de algunas especies de plantas que demandan algunos recursos para su crecimiento, entre estos recursos se encuentra el suministro de agua. Al no contar con algún sistema de riego por gravedad se vuelve de vital necesidad contar con equipos de bombeo para alimentar el sistema de riego de dicha área, los cuales demandan energía que puede provenir de hidrocarburos como lo

son la gasolina, diésel o energía eléctrica, siento esta última limitada por su disponibilidad, ya que el área experimental se encuentra alejada de cualquier punto de conexión al suministro eléctrico proporcionado por CFE.

Las energías renovables han tomado impulso en los últimos años por lo que para darle solución al problema se debe explorar en las energías renovables como alternativa de solución y por la disponibilidad de recursos, las energías más disponibles en la zona de instalación son la energía eólica y la energía solar fotovoltaica, ya que esta tecnología tiene el potencial para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, FAO (2020) mismos que son los responsables de atrapar y resguardar el calor proveniente del sol en el planeta, EPA (2022) y a su vez, en altas concentraciones aceleran el proceso de cambio climático (Mendoza y Jiménez, 2017).

De acuerdo al trabajo de Chávez (2019), los sistemas fotovoltaicos aislados tienen la capacidad de almacenar por medio de baterías la energía eléctrica transformada por los paneles fotovoltaicos, se sabe que dichos sistemas transforman energía solar en energía eléctrica durante las horas de funcionamiento y si no hay demanda se va acumulando en las baterías para su uso posterior.

La realización del presente trabajo tuvo por objetivo la instalación de un sistema fotovoltaico autónomo

para la carrera de agrobiotecnología en el área de cocotero para fortalecer el suministro eléctrico con energías alternativas.

Para el trabajo, se dimensionó el sistema de acuerdo a las necesidades energéticas, tomando en cuenta el área en la que se instalaron los paneles fotovoltaicos, encontrando algunas limitaciones en la cimentación de las estructuras que soportan los paneles fotovoltaicos, también se calculó la puesta a tierra necesaria para la protección de la instalación.



Fig. 1 Instalación que representa el sistema fotovoltaico propuesto.

En torno a ello, la Consultora Energías renovables y Eficiencia Energética (2012, p.1), señala lo siguiente:

El ciclo de vida de los proyectos energéticos suele dividirse en las siguientes fases: 1ª) desarrollo, 2ª) construcción y 3ª) operación.

Cada una de las fases planteadas puede ser considerada un proyecto en sí atendiendo la definición más formal vista anteriormente. En cada fase se buscaría un producto o resultado único.

**METODOLOGIA**

El proyecto fue realizado en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora en el periodo enero - abril 2022, en el cual para desarrollar el diagnóstico, dimensionamiento, conexión del sistema y la viabilidad económica se siguió la metodología como se describe a continuación:

**Diagnóstico energético**

Se realizó una revisión técnica de los equipos de bombeo para determinar la potencia demandada por los mismos, siendo este el punto de partida para la selección de los componentes que conformaron el

sistema fotovoltaicos; esto se llevó a cabo revisando las fichas técnicas y placas de los motores eléctricos que impulsan las bombas, dando como resultado una potencia de 373 watts de la bomba 1, 373 watts de la bomba 2 y 250 watts del sistema de iluminación, dando un total de 996 watts de potencia demandada Vázquez (2018).

**Determinación de consumo eléctrico**

Después de diagnosticar la potencia requerida por el sistema, se determinó el consumo demandado por los equipos eléctricos en términos de potencia-tiempo, es decir los watts-hora diarios que deberá cubrir el sistema fotovoltaico, para ello se multiplicó la potencia de los equipos por el tiempo de uso diario de los mismos, Vázquez (2018, pp.32), para ello se muestra la tabla siguiente.

Tabla 1. Determinación de demanda energética.

Equipo	Potencia	Horas de consumo	Demanda energética
Bomba 1	373 watts	2.5 horas	932.5 Wh
Bomba 2	373 watts	2 horas	746 Wh
Iluminación	250 watts	2.5 horas	625 Wh
	Total		2303.5 Wh

**Determinación de la potencia fotovoltaica**

Para determinar la potencia fotovoltaica a instalar se multiplicó la demanda energética por 1.25, este valor es determinado contemplando el 25 % de pérdidas en la transformación y distribución de la energía, el resultado de esta multiplicación se dividió entre el valor de la hora solar pico específica del lugar donde se instaló el sistema. Este dato se obtuvo de la aplicación Solar Radiation Finder AnglerFishApps (2017), se debe seleccionar el valor mínimo debido a que esto nos asegura que aún en el mes con menor radiación solar se podrá cubrir la demanda energética. El procedimiento dio como resultado 950.29 watts.

**Cantidad de módulos fotovoltaicos a instalar**

La cantidad de módulos fotovoltaicos necesarios para realizar la instalación se determinó dividiendo la potencia fotovoltaica entre la potencia de los paneles fotovoltaicos, en este caso los paneles fotovoltaicos elegidos debido a su bajo costo fueron los QXPV modelo SLI60TV-18P con 36 celdas y potencia de 160 watts. Después de dividir la potencia de 950.29 watts sobre los 160 watts, dio como resultado 5.94.

Debido a que los módulos fotovoltaicos se instalan en unidades completas, fue necesario redondear este resultado al inmediato superior que para este caso fue de seis módulos fotovoltaicos, Vázquez (2018, pp.36).

### Selección del inversor

Para seleccionar el inversor se consideró el consumo máximo el cual está determinado por la suma de las potencias de todos los equipos, considerando para las bombas, un factor de seguridad de 3, por la energía demandada en el arranque, Vázquez (2018, pp.40).

### Cantidad de baterías necesarias

En el caso del cálculo de la cantidad de baterías necesarias para la instalación, se determinó, primeramente, seleccionando la tensión eléctrica del sistema, para este caso se eligen 24 volts debido a la potencia entregada por el inversor a esta tensión.

Después se calculó la cantidad de baterías conectadas en paralelo, esto se realizó determinando los Amperes-hora diarios, para ello se dividió la energía diaria requerida sobre la eficiencia del inversor, este resultado se dividió sobre el voltaje del sistema, dando como resultado final 130 Amperes-hora. El siguiente paso es determinar el arreglo de las baterías, para calcular las baterías en paralelo se multiplican los Amperes-hora diarios por los días de autonomía, el resultado se divide entre la profundidad de descarga y este último resultado se divide sobre la capacidad de la batería, dando como resultado 3 baterías; los datos para este cálculo son 1 día de autonomía, profundidad de descarga del 50% y capacidad de la batería 115 Ah, Vázquez (2018, pp.41).

Para determinar las baterías en serie se divide la tensión del sistema sobre la tensión de la batería, considerando una tensión del sistema de 24 V y una tensión de las baterías de 12 V, el resultado es 2 baterías en serie.

En base a estos cálculos y considerando las especificaciones de los equipos requeridos la conexión del banco de baterías es de 3 cadenas de 2 baterías en serie conectadas en paralelo.

### Selección de conductor

Para determinar el calibre de los conductores se consideran la máxima y mínima temperatura histórica registrada en la localidad, en el caso de Gutiérrez Zamora es de 2°C como mínima y 46°C como máxima, Vázquez (2018, pp.44). Se considera que en

instalaciones fotovoltaicas se utiliza cable fotovoltaico o cable tipo THHW-LS.

Después se divide el sistema en circuitos:

Circuito 1 Del panel al controlador.

Circuito 2 Del controlador al banco de baterías.

Circuito 3 Del banco de baterías al inversor.

Circuito 4 Del inversor al centro de cargas en CA.

Ahora bien, el cálculo del conductor se realiza de 2 métodos; la primera es por ampacidad para determinar la corriente que transportará el conductor y la segunda es por caída de voltaje, esto para verificar que el conductor no tendrá pérdidas considerables dependiendo la distancia de los componentes, Vázquez (2018, pp.44).

Para calcular la ampacidad se consideran 2 factores de corrección: Factor de agrupamiento (FA) y Factor de temperatura (FT) esto nos permitirá seleccionar el calibre de conductor adecuado considerando que soportará dentro de las canalizaciones las altas temperaturas que lleguen a presentarse en el medio ambiente.

El FA se considerará cuando haya 3 o más conductores transportadores de corriente en la canalización, en este caso solo hay 2 conductores portadores de corriente y no estarán canalizados por lo que se considera 100% o igual a 1, el FT en base a la tabla 310-15(b)(2)(a) considerando la máxima temperatura histórica de 46°C, por lo que el FT es igual a 0.75. Esto para todos los circuitos, Vázquez (2018, pp.46).

Para el circuito 1 por método de impedancia se determina la corriente de diseño, esto multiplicando la corriente de corto circuito de un módulo (9.04 A) por 1.56 que expresa un factor de seguridad que considera que los conductores no transporten más del 80% de corriente que soportan y los días en que la temperatura ambiente será elevada; Corriente de diseño igual a 14.10 A. Después a eso se selecciona el conductor calibre 8 tipo THHW-LS.

Posteriormente se determina la corriente corregida considerando la corriente que tolera el conductor (50 A) multiplicado por los factores de agrupamiento (FA) y factor de temperatura (FT); la Corriente corregida es igual a 37.5 A.

Ahora, para verificar que el calibre seleccionado es el adecuado se comprueba con el método de caída de voltaje, para ello se multiplica la corriente máxima del circuito (16.9 A) por la distancia en km de los componentes (0.01 km) por la resistividad del

conductor por Km ( $2.653 \Omega/\text{km}$ ) esto a su vez por 2 y todo dividido entre el voltaje máximo del circuito ( $56.79 \text{ V}$ ) y el resultado se multiplica por 100 dando como resultado 1.578% demostrando que el calibre de conductor es adecuado pues no excede el 2% como límite que establece la NOM-001-SEDE-2012.

Para el circuito 2 se considera igual el calibre 8 tipo THHW-LS. La corriente de diseño se considera la corriente de corto circuito de las cadenas de paneles ( $18.08 \text{ A}$ ) multiplicadas por el factor de seguridad 1.56, entonces la corriente de diseño es igual a  $28.20 \text{ A}$ .

La corriente corregida se determina igual que en el circuito 1, por lo que es igual a  $37.5 \text{ A}$ .

Por el método de caída de voltaje se multiplica la corriente máxima del circuito que es la corriente que entra desde los paneles ( $16.9 \text{ A}$ ) por la distancia entre los componentes del circuito en km ( $0.006 \text{ km}$ ) por la resistencia por km del conductor ( $2.653\Omega/\text{km}$ ) por 2, todo dividido por el voltaje máximo del circuito el cual es el que entra de los paneles ( $56.79 \text{ V}$ ) y el resultado se multiplica por 100 dando como resultado 0.94% demostrando que el calibre del conductor es el adecuado, Vázquez (2018, pp.53).

En el circuito 3 se consideran diferentes variables para el cálculo, primero se determina la potencia de diseño del inversor dividiendo su potencia entre su eficiencia ( $2717.4 \text{ W}$ ) y después se divide entre el voltaje del sistema ( $24 \text{ V}$ ) y se multiplica por el factor de seguridad de 1.25 dando como resultado la corriente de diseño del inversor de  $141.53 \text{ A}$ .

En base a la corriente de diseño se selecciona el calibre 3/0 tipo THHW-LS y se obtiene su corriente corregida multiplicando la ampacidad que soporta ( $200 \text{ A}$ ) por el FT ( $0.75$ ) resultando una corriente corregida de  $150 \text{ A}$ .

Por el método de caída de voltaje se considera la corriente máxima del inversor ( $113.21 \text{ A}$ ) por la distancia entre los componentes en km ( $0.004\text{km}$ ) por la resistividad del conductor por km ( $0.261\Omega/\text{km}$ ) por 2, todo dividido entre el voltaje del sistema ( $24 \text{ V}$ ) y el resultado se multiplica por 100, obteniendo una caída de voltaje de 0.99%.

Para el circuito 4 la corriente de diseño se determina multiplicando la corriente máxima de salida del inversor ( $20.83 \text{ A}$ ) por el factor de seguridad de 1.25 obteniendo una corriente de diseño de  $26.03 \text{ A}$ . En base a ello se selecciona el calibre 8 tipo THHW-LS. Se multiplica la ampacidad que tolera el conductor ( $50 \text{ A}$ ) por FT obteniendo una corriente corregida de  $37.5 \text{ A}$ .

Por caída de voltaje se multiplica la corriente máxima de salida del inversor ( $20.83 \text{ A}$ ) por la distancia del inversor hasta el tablero en CA en km ( $0.016 \text{ km}$ ) por la resistencia del conductor por km ( $2.653\Omega/\text{km}$ ) por 2, todo dividido entre el voltaje de salida del inversor y el resultado se multiplica por 100, obteniendo una caída de voltaje de 1.47% demostrando que el calibre del conductor es adecuado.

### Cálculo de protecciones del sistema

En el cálculo de las protecciones del sistema se consideran los dispositivos de protección contra sobretensiones para proteger al sistema en contra de descargas atmosféricas y los dispositivos de protección contra sobrecorrientes las cuales protegen al sistema en contra de cortocircuitos, Vázquez (2018, pp.59).

Para calcular el dispositivo contra sobretensiones primero se determina un factor de corrección de acuerdo a la tabla 690-7 de la NOM-001-SEDE-2012 contemplando la temperatura mínima histórica de la localidad en este caso el factor de corrección es (1.10), ahora se multiplica el voltaje de máxima potencia de cada módulo por el número de módulos FV conectados en serie por el factor de corrección proporcionado por la tabla 690-7. La protección contra sobrecorriente se calcula multiplicando la corriente en corto circuito de un módulo FV por la cantidad de cadenas conectadas en paralelo y por último se multiplica por un factor de corrección de 1.56.

En el circuito 1 se selecciona el dispositivo contra sobretensiones DPCS multiplicando el voltaje de máxima potencia de un módulo ( $18.93 \text{ V}$ ) por los módulos conectados en serie (3 módulos) por el factor de corrección proporcionado de la tabla 690-7 (1.10), resultando  $62.46$  voltios, Vázquez (2018, pp.40).

Como comercialmente existen solo DPCS de  $500 \text{ V}$  y  $1000 \text{ V}$  seleccionamos el más cercano a nuestro resultado el de  $500 \text{ V}$ .

El dispositivo de protección contra sobrecorriente se calculó multiplicando la corriente en cortocircuito de un módulo ( $9.04 \text{ A}$ ) por el número de cadenas en paralelo (2) y por el factor de protección (1.56) resultando un total de  $28.20 \text{ A}$ .

Entonces para el circuito 1 es necesario un DPCS de  $30 \text{ A}$  de  $500 \text{ V}$  en CD.

En el circuito 2 el DPCS se calculó multiplicando la corriente en corto circuito de un módulo ( $9.04$ ) por la cantidad de cadenas conectadas en paralelo (2) por el factor de corrección (1.56) resultando  $28.20 \text{ A}$ .

Entonces para el circuito 2 es necesario un DPCS de 30 A de 500 V en CD.

En el circuito 3 se determinó el DPCD en base a la corriente del inversor; esto dividiendo la potencia (2500 W) entre el voltaje de entrada CD (24 V) y multiplicado por el factor de protección (1.56) resultan do una corriente total de 162.489 A.

Entonces el DPCS para el circuito 3 es de 160 A de 500 V en CD.

En el circuito 4 se calculó el DPCS en base a la corriente máxima de salida del inversor dividiendo la potencia (2500 W) entre el voltaje de salida del inversor (120 V) multiplicado por el factor de protección (1.25) resultando una corriente de 26.0375 A. Enton ces el DPCS del circuito 4 es de 30 A de 500 V en CA.

Por último, para determinar la viabilidad utilizaremos los siguientes indicadores económicos:

Tasa Interna de Retorno: de acuerdo con Flórez (2015) es la rentabilidad del proyecto considerándose el porcentaje de pérdida o beneficios que tendrá dicho negocio.

$$TIR = I_1 + \left[ \frac{VP \cdot (i_2 - i_1)}{VP + IVNI} \right]$$

- TIR = Tasa interna de retorno.
- VP = Es el VAN (positivo) a la tasa de actualización baja  $i_1$ .
- IVNI = Es el VAN (negativo) a la tasa de actualización baja  $i_2$ .
- $i_1$  = Tasa de actualización donde el VAN es positivo.
- $i_2$  = Tasa de actualización donde el VAN es negativo.

El Valor Presente Neto Consiste en la actualización de los flujos de un proyecto para saber si se gana o pierde, Morales (2021).

$$VAN = \sum_{n=1}^N \frac{Qn}{(1 + TIR)^n} - I = 0$$

- Donde:
- $Qn$  = es el flujo de caja en el periodo  $n$ .
- $n$  = es el número de periodos.
- $I$  = es el valor de la inversión inicial.

El análisis costo beneficio medir la relación que existe entre los costes de un proyecto y los beneficios que otorga, Vázquez (2016).

$$\frac{B}{C} = \text{Relación} \frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}}$$

- $r$  = Costo de Oportunidad del Capital.
- $N$  = Ultimo año del periodo de analisis financiero del proyecto.
- $I_0$  = Ingreso Inicial.
- $Y_i$  = Ingresos brutos del proyecto.
- $c_i$  = Costos del proyecto.

El periodo de recuperación de la inversión (PRI) o payback, es el tiempo que tarda una empresa en recuperar el costo de su inversión original en un proyecto, cuando el flujo de efectivo neto es igual a cero.

$$PRI = A + \left( - \frac{B}{C} * 12 \right)$$

$$PRI = A \text{ años} + \left( - \frac{B}{C} * 12 \right) \text{ meses}$$

- A: Años del ultimo flujo negativo.
- B: Último valor Fijo Neto Acumulado (-), del año A.
- C: Primer Flujo Neto Descontado (Después de A).

### Resultados

A continuación, se presentan los resultados del dimensionamiento y la conexión del sistema. Véase Fig. 2.

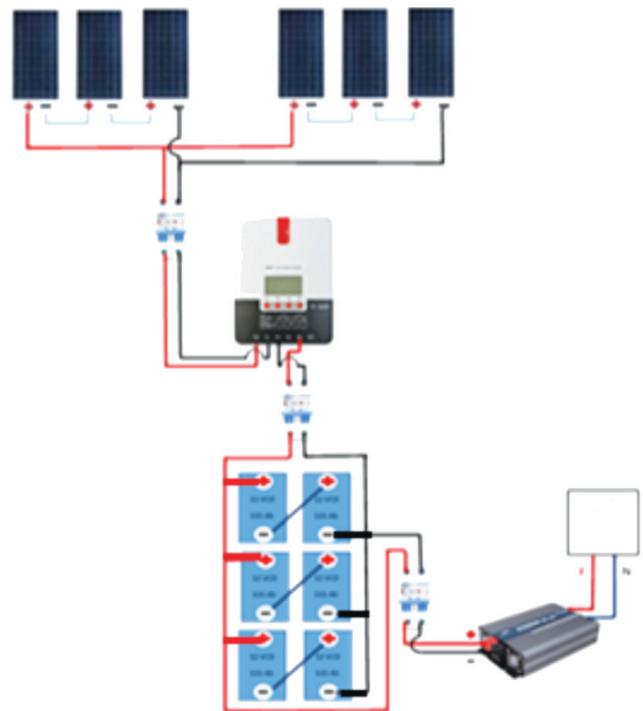


Fig.2 Dimensionamiento y conexión del sistema propuesto. Elaboración propia.

Interpretación de la Figura 2: De acuerdo a los resultados de los cálculos del sistema fotovoltaico, el dimensionamiento y la conexión se representa con la configuración 3S-2P a 24 V, correspondiente a la conexión del sistema fotovoltaico autónomo, el cual consta de dos cadenas de paneles conectadas en paralelo y cada cadena está formada de tres módulos fotovoltaicos conectados en serie, entre el panel y

el controlador se conectó una caja combinadora que contendrá un dispositivo de protección contra sobre corriente DPCS de 30 A 500 V en CD. También se conectó una protección entre el controlador y las baterías de 30 A de 500 V en CD, entre las baterías y el inversor se derivó otra protección de 160 A de 500 V en CD. Como resultado del inversor en el circuito de CA el DPCS es de 30 A de 500 V en CA. El controlador es del tipo MPPT, las baterías son de plomo-ácido configuradas a 24 V y el inversor tiene entrada a 24 V de CD y salida a 120 V de CA.

Por último, se detallan los flujos de efectivo esperados de la instalación del sistema fotovoltaico a 25 años. Tabla 2.

Tabla 2. Flujos de efectivo esperados.

Año	Flujo de efectivo	Tasa (1+t) <sup>-n</sup>	Flujos actualizados	Flujo neto acumulado
Año 0	<b>-\$234,981.70</b>	1	<b>-\$234,981.70</b>	
Año 1	\$51,721.00	0.8695652	\$44,974.78	-\$190,006.92
Año 2	\$51,721.00	0.7561437	\$39,108.51	-\$150,898.41
Año 3	\$51,721.00	0.6575162	\$34,007.40	-\$116,891.01
Año 4	\$51,721.00	0.5717532	\$29,571.65	-\$87,319.36
Año 5	\$51,721.00	0.4971767	\$25,714.48	-\$61,604.89
Año 6	\$51,721.00	0.4323276	\$22,360.42	-\$39,244.47
Año 7	\$51,721.00	0.375937	\$19,443.84	-\$19,800.63
Año 8	\$51,721.00	0.3269018	\$16,907.69	-\$2,892.94
Año 9	\$51,721.00	0.2842624	\$14,702.34	\$11,809.39
Año 10	\$51,721.00	0.2471847	\$12,784.64	\$24,594.03
Año 11	\$51,721.00	0.2149432	\$11,117.08	\$35,711.11
Año 12	\$51,721.00	0.1869072	\$9,667.02	\$45,378.14
Año 13	\$51,721.00	0.162528	\$8,406.11	\$53,784.24
Año 14	\$51,721.00	0.1413287	\$7,309.66	\$61,093.90
Año 15	\$51,721.00	0.1228945	\$6,356.23	\$67,450.13
Año 16	\$51,721.00	0.1068648	\$5,527.15	\$72,977.28
Año 17	\$51,721.00	0.0929259	\$4,806.22	\$77,783.50
Año 18	\$51,721.00	0.0808051	\$4,179.32	\$81,962.82
Año 19	\$51,721.00	0.0702653	\$3,634.19	\$85,597.02
Año 20	\$51,721.00	0.0611003	\$3,160.17	\$88,757.18
Año 21	\$51,721.00	0.0531307	\$2,747.97	\$91,505.15
Año 22	\$51,721.00	0.0462006	\$2,389.54	\$93,894.70
Año 23	\$51,721.00	0.0401744	\$2,077.86	\$95,972.56
Año 24	\$51,721.00	0.0349343	\$1,806.84	\$97,779.39
Año 25	\$51,721.00	0.0303776	\$1,571.16	\$99,350.55
	\$1,058,043.30		\$99,350.55	

Tabla 3. Resultados de indicadores.

Resultados de indicadores	
VAN	\$99,351
TIR	21.85%
B/C	1.42
PERIOD. RECUP. (PRI) AÑOS	8 AÑOS
PERIOD. RECUP. (PRI) MESES	3

Interpretación tabla 3: De acuerdo a los resultados obtenidos en los indicadores financieros proyectados a 25 años con una Tasa de actualización del 10%, se determina la viabilidad del proyecto, ya que presenta un Valor Presente Neto de \$99,351 recuperando la inversión, La tasa Interna de retorno, significa el porcentaje mínimo de recuperación esperado y debe ser positivo dando un 21.85%. De la misma manera la relación Beneficio-Costo indica que por cada peso invertido este recupera \$1.42 y el periodo de recuperación es de 8 años, 3 meses.

Por último, es importante mencionar que, de acuerdo a la Ley del Impuesto Sobre la Renta (Título II, Capítulo II, Sección II, Artículo 34 XIII) y la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (Título I, Capítulo IV, Sección III, Artículos 21, 22 y 22bis), uno de los beneficios fiscales consiste en la depreciación acelerada para inversiones que reporten beneficios ambientales. Esto permite una deducción fiscal del 100% en un solo año y por lo tanto disminuye la base gravable para la empresa.

## Discusión

Aunque se han realizado varios proyectos de instalaciones de energías renovables que tienen que ver con el uso de sistemas fotovoltaicos autónomos, ya sea mediante la construcción de prototipos, cálculo de dimensionamientos y alternativas de generación de energía eléctrica entre los que encontramos los presentados por Banda Toma (2017), este trabajo es interesante ya que pretende generar energía eléctrica para 24 dispositivos de uso cotidiano (laptops, celulares y tablets) y 6 luminarias LED, donde el periodo de funcionamiento diario estimado es de 10 y 4.25 horas respectivamente. En la investigación de Chopoñan Cuzo (2018), considera el dimensionamiento de un sistema de generación fotovoltaica autónoma la selección de paneles fotovoltaicos, reguladores, baterías, inversores

y el cálculo de un sistema de bombeo fotovoltaico implementado con 6 paneles fotovoltaicos de 160 Wp, los resultados que presentan coinciden con el presente trabajo, en que el sistema fotovoltaico autónomo es la mejor opción desde el punto de vista energético y ambiental, pero se debe considerar el costo de la inversión y el tiempo de recuperación. Además, existen investigaciones donde se utiliza la energía y el agua como los principales impulsores de la producción agrícola como el presentado por Torres Sánchez (2021); Sistemas de energía fotovoltaica, en su desarrollo, se presenta un diagnóstico, dimensionamiento y conexión del sistema, para aplicarlos durante las diferentes etapas del proyecto. El trabajo de Palmer Castello, C. (2019) presenta el cálculo y dimensionado de una instalación solar fotovoltaica aislada para la alimentación eléctrica de una bomba de extracción de riego, que se usará posteriormente para regar una zona de cultivo. Estudios recientes muestran la evaluación económica del proyecto teniendo en cuenta los indicadores de rentabilidad VAN, TIR, relación B/C para determinar si el proyecto es viable, Calderón Buelot, J. D. (2020).

## Conclusiones

La implementación del sistema fotovoltaico autónomo es una opción que permitió abastecer de manera efectiva la energía necesaria para la alimentación del sistema de riego e iluminación básica de los invernaderos y campos de cultivo.

Asimismo, se comprobó que la implementación del sistema fotovoltaico autónomo resulta viable técnica y financieramente, ya que el periodo de recuperación de la inversión constituye un tercio del periodo de vida útil de los módulos establecidos con aproximada mente un 50% de retorno por cada peso invertido.

Además, se demuestra con la instalación del sistema fotovoltaico que sirve de incentivo para realizar más proyectos relacionados a la energía renovable en la zona debido a lo favorecida que es ésta de percibir radiación solar en el día, esto a su vez permitirá coadyuvar con el logro de los objetivos del desarrollo sostenible en su aspecto de provisión de energías asequibles y limpias, aunado a este objetivo se complementa con la participación activa en la mitigación de las concentraciones de gases de efecto invernaderos causantes de fenómenos como el cambio climático, mismos a los que México, junto con otros países, se han comprometido a establecer alternativas al uso de combustibles fósiles.

## Contribución de los autores

FTCV Trabajo de campo, recolección y análisis de datos,

DANH Trabajo de campo, recolección de datos, redacción.

VLH Trabajo de campo, recolección de datos, redacción.

RCSJ Análisis de datos financieros, redacción.

LDMC Análisis de datos, redacción.

## Financiamiento

Ninguno.

## Conflicto de intereses

Ninguno

## Presentaciones previas

Ninguna.

## Referencias

1. Vázquez, Á. S. (2018). Diseño de sistemas autónomos en 9 simples pasos. Poza Rica: Publicaciones Adventure.
2. Morales V. (2021, 30 marzo). Valor actual neto (VAN). Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>
3. Ley del Impuesto Sobre la Renta (Título II, Capítulo II, Sección II, Artículo 40 XII)
4. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (Título I, Capítulo IV, Sección III, Artículos 21, 22 y 22bis)
5. Banda Toma, A. R. (2017). Estudio de viabilidad técnica y económica de un sistema fotovoltaico autónomo en las instalaciones de la UCSP.
6. Mendoza, C., & Jiménez, G. (2017). Relación entre el efecto invernadero y el cambio climático desde la perspectiva del sector agrario. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 70(2), 8120-8122. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-28472017000208120](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472017000208120)

7. Chapoñan Cuzo, A. J. (2018). Dimensionamiento de un sistema de generación fotovoltaico aislado para suministrar energía eléctrica a la localidad de Cruz de Pañala-Mórrope-Lambayeque.
8. Torres Sánchez, P. (2021). Sistema de riego solar autónomo controlado vía GSM.
9. Palmer Castello, C. (2019). Proyecto de instalación solar fotovoltaica para el suministro eléctrico del sistema de riego deficitario de una explotación de Pistacia vera en Alcalá del Júcar (Albacete) (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
10. Souza, E. (2020). ¿Cómo funciona la energía fotovoltaica? ArchDaily México. Disponible en <https://www.archdaily.mx/mx/926184/como-funciona-la-energia-fotovoltaica>
11. Calderón Buelot, J. D. (2020). Estudio de viabilidad técnica y económica de un sistema de bombeo con energía solar fotovoltaica para riego de arroz en el Predio Los Rojas, ubicado en el distrito de Yuracyacu, provincia de Rioja, departamento de San Martín.
12. Consultora Energías renovables y Eficiencia Energética (2012). Disponible en [https://www.eoi.es/wiki/index.php/Gesti%C3%B3n\\_y\\_Desarrollo\\_de\\_Proyectos\\_Renovables\\_en\\_Energ%C3%ADas\\_renovables\\_y\\_eficiencia\\_energ%C3%A9tica#:~:text=El%20ciclo%20de%20vida%20de,y%20una%20C3%BA%20de%20desmantelamiento.\(Fecha%20de%20consulta%2015/08/2022\)](https://www.eoi.es/wiki/index.php/Gesti%C3%B3n_y_Desarrollo_de_Proyectos_Renovables_en_Energ%C3%ADas_renovables_y_eficiencia_energ%C3%A9tica#:~:text=El%20ciclo%20de%20vida%20de,y%20una%20C3%BA%20de%20desmantelamiento.(Fecha%20de%20consulta%2015/08/2022))
13. Flórez J (2015) Administración de Proyectos para pymes. ECOE Ediciones. 3a. Edición. Bogotá Col.
14. IRENA. (2015). Renewable energy prospects: México Remap 2030. Disponible en [https://www.irena.org//media/Files/IRENA/Agency/Publication/2015/IRENA\\_REmap\\_Mexico\\_report\\_2015.Pdf](https://www.irena.org//media/Files/IRENA/Agency/Publication/2015/IRENA_REmap_Mexico_report_2015.Pdf)
15. FAO. (2020). Los sistemas de riego con energía solar presentan buenas perspectivas. Disponible en <https://www.iagua.es/noticias/fao/siste-más-riego-energía-solar-presentan-buenas-perspectivas>
16. Petroquimex. (2018). Panorama de la Energía Renovable en México, Normatividad y Beneficios. Disponible en <https://petroquimex.com/panorama-de-la-energia-renovable-en-mexico-normatividad-y-beneficios/>
17. Lemus, B. (2021). ¿Cómo funciona la energía solar? >. SolarView MX. Recuperado 27 de julio de 2022, de [https://solarview.mx/como-funciona-la-energia-solar/#\\_Toc76227338](https://solarview.mx/como-funciona-la-energia-solar/#_Toc76227338)
18. Neumeier, M. (2022). ¿Cuáles son las normas y estándares eléctricos que corresponden a los sistemas fotovoltaicos? Grupo MAE. Recuperado 20 de julio de 2022, de <https://maerenovables.com/normas-estandares-sistemas-fotovoltaicos/>
19. EPA. (2022, 14 junio). Descripción general de los gases de efecto invernadero. US EPA. Recuperado 26 de julio de 2022, de <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/descripcion-general-de-los-gases-de-efecto-invernadero>
20. Vázquez R, (2016, 15 de febrero) Análisis coste/beneficio. Economipedia.com. Disponible en <https://economipedia.com/definiciones/analisis-costebeneficio.html>

## Instrucciones para autores

Revista Multidisciplinaria de Ciencia, Innovación y Desarrollo REMCID es el órgano oficial de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Veracruz. Acepta para publicación artículos originales, de revisión, especiales, consensos, cartas científicas, y cartas al editor. La revista publica dos números al año, de manera semestral, con carácter académico que incluye resultados de investigaciones con contenidos distintos.

El Comité Editorial evalúa los trabajos recibidos mediante dictamen tipo doble ciego, es decir omitiendo el nombre del autor o autores y conservándose tanto su anonimato como el del dictaminador. Todos los artículos enviados que se inscriban dentro del perfil temático de la revista serán considerados, sin que ello implique obligatoriedad de su publicación ni devolución del material enviado. Únicamente se recibirán documentos apegados a las instrucciones para autores. La dirección de la revista se reserva el derecho de realizar los cambios editoriales necesarios. Las aportaciones originales que son aceptadas por el Comité Editorial serán publicadas y pasarán a ser propiedad de la revista. Por lo tanto, queda prohibida su reproducción total o parcial, sin la autorización por escrito de los editores. Los trabajos deberán enviarse a: remcid@utz.edu.mx

### Preparación y envío de manuscritos

1. Los manuscritos deberán enviarse a través del correo electrónico a: remcid@utz.edu.mx
2. Todo el trabajo (incluyendo página frontal, resúmenes y títulos de figuras) deberá estar escrito en la plantilla sin modificar los márgenes y formato en general.
3. **Página frontal**

Deberá contener:

- **Título del trabajo:** breve y descriptivo.
- **Autores:** serán mencionados con nombre completo o utilizando el formato de guión en los apellidos.
- **Filiaciones:** serán referidas con números (1, 2, 3,) como superíndices. Ejemplo: Rodrigo Rosas<sup>1</sup>, Victoria Zarco<sup>2</sup> y Humberto Estrella-Espinoza<sup>3\*</sup> Las filiaciones (institución donde obtuvo su grado de estudios o bien lugar donde labora) se deberán colocar en el orden siguiente: facultad y/o universidad / ciudad, provincia y país. No se colocarán cargos académicos ni laborales en las filiaciones de los autores.

- **Correspondencia:** Se pondrá asterisco en el autor para correspondencia. Asimismo deberá anotar un correo electrónico.

### 4. Resúmenes estructurados

Para artículos originales, de revisión, especiales y cartas científicas, el resumen debe estar escrito en español e inglés estructurado como sigue:

Español	Inglés
Resumen	Abstract
Palabras clave	Keywords

Deberán ser escritos en forma concreta, el cual presente una síntesis adecuada del trabajo.

- No usar citas bibliográficas.
- Serán concisos (máximo 250 palabras).
- En la sección de palabras clave y keywords se anotarán de 3 a 6 palabras clave.
- Los decimales se escribirán con punto (,).
- Las unidades de miles se escribirán sin coma, solo con separación.

### 5. Formato del cuerpo del manuscrito

5.1 Artículo original o revisión: máximo 20 páginas.

Constará de los siguientes apartados:

1. Introducción
2. Material y métodos
3. Resultados
4. Discusión
5. Conclusiones
6. Contribución de los autores
7. Financiamiento
8. Conflicto de intereses
9. Presentaciones previas
10. Referencias
11. Tablas, figuras, imágenes, diagramas, gráficos, con título

Las abreviaturas serán explicadas la primera vez que se empleen y se utilizarán a lo largo de todo el manuscrito.

En el caso de artículos de revisión, la introducción puede contener implícitamente métodos, resultados y discusión. De igual forma se puede considerar la estructura marcada en el punto 5.1.

5.2 Carta científica: máximo 10 páginas.

1. Introducción
2. Presentación
3. Discusión
4. Referencias
5. Tablas, figuras, imágenes, diagramas, gráficos, con título Títulos de tablas

### 6. Financiamiento y conflicto de intereses

Podrán llevar los apartados que el autor disponga.

**Financiamiento** (obligatorio): si no hay se pondrá "No se recibió ningún patrocinio para llevar a cabo este artículo".

**Conflicto de intereses** (obligatorio): si no lo hay, se pondrá la siguiente frase: El/Los autor(es) declara(n) no tener conflicto de intereses.

**Agradecimientos** (opcional).

### 7. Referencias

Se ordenarán y enumerarán por orden de aparición en el texto, con la acotación respectiva en superíndice, deben ir antes de los signos de puntuación si es el caso.

Las referencias se presentarán en formato APA con límite para artículos originales de 25 a 30; en artículos de revisión de 25 a 35; en artículos especiales de 20 a 25 y en cartas científicas de 15 a 20 citas bibliográficas.

### 8. Tablas y figuras

- Se identificarán en forma progresiva con números arábigos de acuerdo con el orden de aparición en el texto.
- Los títulos deberán ir en su parte superior (encabezado), indicando el número de la figura correspondiente (con arábigos) y señalando al final, por orden alfabético, las abreviaturas empleadas, con su definición correspondiente.
- Las figuras se deben entregar en formato TIFF, JPG, GIF, PNG, en alta resolución (300 dpi o más). No se aceptan archivos en PDF.
- Entre figuras y tablas no debe exceder de 10.

### 9. Motivos de rechazo

El incumplimiento de estas normas podrá ocasionar el rechazo del trabajo en cualquier momento del proceso editorial.