



Módulo sustentable para generación de energía eléctrica

Jorge Alberto Azuara-Jiménez^{1*}, Jairo García-Domínguez¹, Lizeth Hernández-Gonzalez¹, Rodrigo Sánchez-Fuentes¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huichapan

Domicilio Conocido El Saucillo s/n El Saucillo, Huichapan Hidalgo, México

*Autor de correspondencia: jazuara@iteshu.edu.mx

Recibido 10 de agosto de 2020; aceptado 28 de septiembre de 2020

RESUMEN

En la actualidad la disponibilidad de energía eléctrica se ha convertido en una de las necesidades prioritarias para la sociedad, debido al incremento en el uso de dispositivos móviles que permiten a las personas realizar sus actividades en un mundo globalizado donde el factor común es el uso de la tecnología. La utilización de fuentes renovables de energía para satisfacer la demanda energética de la sociedad es una pieza fundamental para el desarrollo de los países dentro de un marco sostenible. El presente trabajo muestra el diseño y dimensionamiento de un módulo sustentable, capaz de suministrar energía eléctrica aprovechando la energía solar para alimentar a equipos de bajo consumo (dispositivos móviles). Para su desarrollo se obtuvo información del lugar de emplazamiento y en conjunto con un análisis de cargas se dimensionaron los componentes. Con el software Sketchup se modeló el sistema para la ubicación de componentes y visualizar el comportamiento del sol a lo largo del año. También se diseñó y programó un sistema capaz de medir la energía generada por los módulos fotovoltaicos, utilizando una plataforma de código libre (arduino) en conjunto con sensores de tensión e intensidad de corriente. El resultado es un módulo sustentable de generación y medición de energía con una potencia instalada de 0.66 kW, el cual podría entregar anualmente 6921.218 kWh y evitar

la emisión de 3.495 toneladas de CO₂ al año.

PALABRAS CLAVE: Dispositivos móviles, Energía Fotovoltaica, Modelado, Sustentabilidad

ABSTRACT

Currently, the availability of electrical energy has become one of the priority needs for society, due to the increase in the use of mobile devices that allow people to carry out their activities in a globalized world where the common factor is the use of the technology. The use of renewable sources of energy to satisfy society's energy demand is a fundamental piece for the development of countries within a sustainable framework. This work shows the design and dimensioning of a sustainable module, capable of supplying electrical energy by taking advantage of solar energy to power low consumption equipment (mobile devices). For its development, information was obtained from the location and together with a load analysis the components were dimensioned. With Sketchup software, the system was modeled to locate components and visualize the behavior of the sun throughout the year. A system capable of measuring the energy generated by photovoltaic modules was also designed and programmed, using an open source platform (arduino) in conjunction with voltage and current intensity sensors. The result is a sustainable energy generation and measurement module with an installed power of 0.66 kW, which could deliver 6921.218 kWh annually and avoid the emission of 3.495 tons of CO₂ per year.

KEY WORDS: Mobile Devices, Photovoltaic Energy, Modeling, Sustainability

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la humanidad ha enfocado sus esfuerzos en la producción de energía a partir de fuentes limpias consideradas como inagotables, con la finalidad de contribuir a la mitigación de los efectos del cambio climático, además de satisfacer la demanda de energía aprovechando los recursos naturales renovables.

La energía es central para casi todos los grandes desafíos y oportunidades a los que hace frente el mundo actualmente. La energía sostenible es una oportunidad que transforma vidas, economías y el planeta (Organización de las Naciones Unidas, CEPAL, 2018).

Rodríguez y Sarmiento (2011) señalan que, dentro de las fuentes renovables de energía se tiene una amplia gama como: eólica, marítima, geotérmica, biomasa, entre otras. Dentro de todas se destaca la energía fotovoltaica, ya que se caracteriza por la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica mediante celdas fotovoltaicas.

La energía solar fotovoltaica puede ser aprovechada de dos formas: mediante sistemas fotovoltaicos conectados a la red y mediante sistemas fotovoltaicos aislados, estos últimos cobran gran importancia en lugares

alejados de las zonas urbanas o de difícil acceso a la red de energía eléctrica.

De acuerdo a AI-Mashhadany y Attia, (2014), la energía solar es muy abundante y con amplia disponibilidad lo que la hace atractiva y factible en comparación con otras, permitiendo convertirla en electricidad a través de sistemas de energía fotovoltaica de baja potencia, para aplicaciones portátiles como por ejemplo la carga de teléfonos móviles.

La Agencia Internacional de Energía (2009) menciona que el consumo de electricidad en el año 2030 podría triplicarse en relación con la actualidad debido a la creciente utilización de dispositivos móviles, conocidos en inglés como gadgets, los cuales incluyen teléfonos celulares, cámaras, tablets y reproductores de música y video, los cuales en la actualidad son responsables del 15% del consumo eléctrico de un hogar.

Un informe técnico generado por la firma Juniper Research alerta que para 2019 la recarga de teléfonos inteligentes será la principal responsable de las emisiones de gases de efecto invernadero (La Nación, 2014).

Actualmente los dispositivos móviles son utilizados de manera cotidiana para desempeñar diversas actividades

que en ocasiones se ven limitadas por el abastecimiento de energía a dichos dispositivos ocasionando así una problemática que podría ser resuelta con la implementación de sistemas fotovoltaicos aislados para generar energía eléctrica.

Guamán et al. (2016) mencionan que, los sistemas aislados fotovoltaicos instalados exigen el empleo de dispositivos inalámbricos de medición y plataformas informáticas, que permitan la realización de un seguimiento en tiempo real de su funcionamiento.

La medición y monitoreo de diversas variables que intervienen en el proceso de transformación y suministro de energía puede realizarse mediante la implementación en plataformas de software libre cuya principal ventaja es la adaptabilidad de acuerdo a las necesidades propias del sistema.

El objetivo principal de la investigación es el desarrollo de un módulo eficiente y sustentable que permita aprovechar la energía solar y convertirla en energía eléctrica, suministrando carga a dispositivos móviles y coadyuve a disminuir los impactos ambientales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó la siguiente metodología para el desarrollo de la investigación (Figura 1).



Figura 1. Metodología empleada.

Fuente: Elaboración propia

Análisis del sitio

El estudio y desarrollo del proyecto se llevó a cabo en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Huichapan, ubicado en El Saucillo, municipio de Huichapan, Hgo, México, con una latitud: 20.3192° y longitud -99.7090 (Google Earth, 2020). En la Figura 2, se observa la localización del Tecnológico.



Figura 2. Instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Huichapan

Fuente: (Google Earth, 2020)

Se realizó la propuesta de ubicación del módulo sustentable dentro de las instalaciones del Instituto, considerando fácil acceso a los usuarios y evitar elementos que pudieran generar sombras (Figura 3).



Figura 3. Selección del sitio para ubicación del módulo sustentable.

Fuente: Elaboración propia

Para analizar la disponibilidad solar de la zona, se consultó la aplicación en línea: Solar app, del Centro de Capacitación Eléctrica y Energías Alternas (CCEEA), la cual obtiene información de la National Aeronautics and Space Administration (NASA).

De la página del CCEEA se obtuvieron los valores de

radiación y se determinó el mes de diciembre con la condición más crítica para la producción de energía, con un valor de 5.17 horas de sol (CCEEA,2020) (Figura 4).

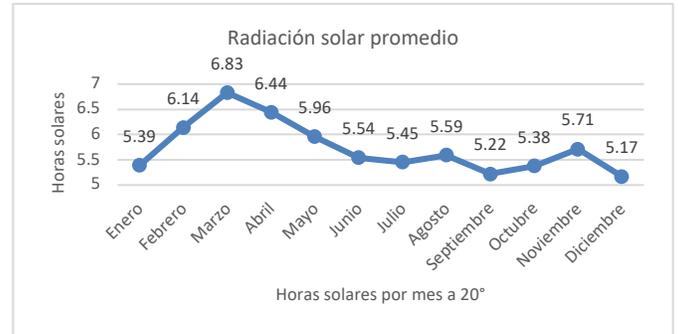


Figura 4. Curva de valores promedios mensuales de Radiación solar en El Saucillo, Huichapan, Hgo.

Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Capacitación Eléctrica y Energías Alternas.

Diseño del módulo sustentable y selección de componentes

En esta etapa se obtuvo mediante cálculos el dimensionamiento y las características de los dispositivos y componentes principales que intervienen en el sistema fotovoltaico aislado, que de acuerdo a Moro (2010), lo integran: módulo fotovoltaico, baterías, regulador de carga e inversor.

En la Figura 5, se presenta un diagrama con los componentes que incluye el módulo sustentable, dicho módulo abastecerá de energía eléctrica a dispositivos móviles.



Figura 5. Componentes del módulo sustentable.

Fuente: Elaboración propia

Se realizó primeramente el análisis de cargas y horas de funcionamiento de los dispositivos móviles seleccionados, para posteriormente calcular el consumo total de energía (Tabla 1).

Se diseñó para conectar 16 equipos que incluyen: computadoras personales, celulares y un sistema de iluminación para uso del módulo en periodo nocturno.

Tabla 1. Consumo total de energía de los equipos propuestos.

Elemento	Cantidad	Potencia (W)	Horas (h)	Consumo (Wh)
Laptop	6	150	2	1800
Celular	10	15	5	750
Foco LED	2	10	3	60
Energía requerida (E)				2610

En función del número de horas solares y la estimación

del consumo total de los dispositivos, se efectuaron los cálculos para dimensionar los componentes que integran el módulo sustentable.

Primero se llevó a cabo el cálculo de la Potencia Fotovoltaica (P_{FV}), ecuación 1, considerando las pérdidas del sistema (rendimiento y autodescarga de las baterías, rendimiento del inversor y pérdidas asociadas por el regulador de carga), las cuales se consideran del 30%.

$$P_{FV} = \frac{[(E)+(E)(P_{perd})]}{HSP} \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde E , representa el consumo real (energía requerida) de 2610 Wh/día. Las HSP son el número de horas solares disponibles.

Para determinar el número de paneles se ocupó la siguiente ecuación:

$$N = \frac{P_{FV}}{P_{panel}} \quad \text{Ec. (2)}$$

Se seleccionó un módulo solar fotovoltaico de 330 W para cubrir la necesidad de potencia.

En función de sus características y ficha técnica, se calculó la corriente del regulador de carga (I_R), la cual se obtiene por:

$$I_R > (1.20)(N_p)(I_{sc}) \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde N_p , es el número de ramas en paralelo del generador fotovoltaico, I_{sc} es la corriente de cortocircuito

de uno de los módulos en Amperes (A) y 1.20 el factor de seguridad.

El cálculo del sistema de baterías, se determinó de acuerdo a:

$$C_{Sist\ bat} = \frac{[(E)+(E)(P_{perd})]}{(V_n) \times (P_d)} \quad \text{Ec. (4)}$$

Donde V_n , representa la tensión nominal de la batería, la cual se consideró de 12V. La profundidad de descarga (P_d) se eligió del 50% con la finalidad de incrementar la vida de la batería.

El número de baterías se obtiene mediante:

$$N_{bat} = \frac{C_{Sist\ bat}}{C_{bat}} \quad \text{Ec. (5)}$$

Para el cálculo del inversor se utilizó la siguiente ecuación:

$$Inversor = \frac{P_{sist}}{OP_{80}} \quad \text{Ec. (6)}$$

En donde P_{sist} es la suma de las cargas en Watts (W) de todos los elementos del sistema, y OP_{80} se considera un porcentaje de operación del inversor, el cual se estableció del 80%.

En lo que respecta a la inclinación (β) de los módulos fotovoltaicos, Cantos (2010) y Moro (2010) mencionan que para una ubicación cuya latitud es \emptyset y se requiera

captar energía empleando el criterio del peor mes, puede determinarse mediante:

$$\beta = \emptyset + 10^\circ \quad \text{Ec. (7)}$$

Sin embargo, de acuerdo a Roldan (2010) y Pareja (2010), para fines prácticos y en instalaciones fotovoltaicas fijas, el ángulo de inclinación corresponde a la latitud geográfica del lugar.

Es importante elegir también una correcta orientación de los módulos, por lo que se determinó el sur geográfico de acuerdo a Tobajas (2018) y Roldan (2010), ellos mencionan que el procedimiento para determinar el sur geográfico se puede realizar fijando una varilla vertical al suelo e ir marcando desde la mañana hasta la tarde la proyección de las sombras conforme avanza el sol.

Como lo menciona Cantos (2016) y Pareja (2010), la orientación de los módulos se define por el ángulo llamado Azimut, es conveniente siempre tener los módulos orientados hacia el sur geográfico ($\alpha=0$).

Modelado y diagramas en software

El modelado del sistema se realizó en el programa de diseño en tres dimensiones Sketchup 2017. Se consideró la ubicación, orientación e inclinación óptima activando

la geolocalización en el programa, para visualizar sombras y trayectoria solar a lo largo del día y el año.

Se llevó a cabo también un diagrama de conexiones de componentes en AutoCAD 2018, incorporando los elementos calculados previamente.

Sistema de medición

Se desarrolló la programación para la medición y monitoreo del módulo sustentable, lo que permite observar su comportamiento en cuanto a Intensidad de corriente y tensión generada.

Se realizó un sistema de medición de las variables eléctricas y poder evaluar la generación de energía del módulo sustentable, el programa se desarrolló en el IDE de Arduino, el cual se encarga de medir valores de corriente y tensión mediante los sensores ACS712-20A y FZ0430, intensidad de corriente y tensión respectivamente.

Incorpora un módulo de reloj en tiempo real para Arduino (DS3231) el cual se utiliza para llevar a cabo el cálculo de la energía generada. El procesamiento de la información obtenida se realiza mediante una tarjeta de adquisición de datos arduino uno.

Las mediciones de generación de energía, pueden ser visualizadas en un LCD1602 y a su vez registradas con

la integración de un módulo para memoria SD, de donde las mediciones pueden ser descargadas en formato de tabla.

Integración del sistema

Para llevar a cabo la integración del sistema se adquirieron los diversos componentes, así como los materiales necesarios para la construcción del módulo.

Se realizaron las mediciones y cortes de la estructura de acuerdo a los diseños en CAD, así como su ensamblaje utilizando perfil tubular rectangular (PTR) de 2 in y 3 in.

El módulo se adaptó para interconectar el sistema de medición con el generador fotovoltaico y las tomas de energía.

Reducción de emisiones de CO₂

Se realizó un análisis de la energía que producirá el módulo sustentable de manera mensual y anual, de acuerdo a (Reyes et al., 2018), considerando parámetros de la zona y características del generador fotovoltaico. Posteriormente se utilizó el Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional en conformidad con el Reglamento de la Ley de Transición Energética y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, para calcular las toneladas de CO₂ que se dejarían de emitir al ecosistema.

RESULTADOS

Diseño del módulo sustentable y selección de componentes

Empleando las ecuaciones mencionadas en el apartado metodológico y considerando los parámetros de diseño, se obtuvieron los siguientes resultados para el dimensionamiento y selección de componentes del módulo sustentable.

En la Tabla 2 se muestran los parámetros eléctricos del módulo seleccionado de la marca Eco Green Energy modelo EGE-330P-72 (CONERMEX, 2020), dichos parámetros y rendimiento son evaluados bajo condiciones de prueba estándar (STC, por sus siglas en inglés, Estándar Test Condition: masa de aire, AM=1.5; Irradiancia de 1000W/m^2 y Temperatura de celda, $T_c=25^\circ\text{C}$.

Tabla 2. Parámetros eléctricos del módulo fotovoltaico seleccionado.

Parámetro	Valor
Potencia	330 W
Dimensiones	1956x992x40 mm
Corriente de máxima potencia (I_{mp})	8.71 A
Tensión a la máxima potencia (V_{mp})	37.87 V
Corriente de cortocircuito (I_{sc})	9.18 A
Tensión de circuito abierto	46.79 V

(V_{oc})	
Número de celdas	72
Rango de temperatura de funcionamiento	-45°C a 85°C

El controlador de carga se calculó de acuerdo a la ecuación (3), considerando la I_{sc} del módulo de 9.18 A. Con base en el cálculo, el valor del controlador de carga debe ser mayor de 22.03 A. Se seleccionó un controlador comercial MPPT (Maximum Power Point Tracker) Tracer 3210A de 30 A a 24VDC. En la Tabla 3 se muestran las características del controlador de carga seleccionado (EPEVER, 2020).

Tabla 3. Características del controlador de carga.

Parámetro	Valor
Tensión nominal	24VDC
Corriente de carga nominal	30A
Máxima potencia de entrada del sistema fotovoltaico	780 W (24V)

Para el cálculo del banco de baterías se utilizó la ecuación (4), se eligió una batería de ciclo profundo de 115 Ah.

De acuerdo a la ecuación (5) el número de baterías totales resulta de cinco, sin embargo, debido a que el sistema se planteó a 24 V, se considera una configuración de seis baterías.

Las características de la batería seleccionada vienen dadas en la Tabla 4. La batería para aplicaciones solares es de la

marca CALE de plomo ácido (CALESOLAR, 2020).

será a 20° para producir la mayor cantidad de energía.

Tabla 4. Características de la batería solar.

Parámetro	Valor
Capacidad	115 Ah
Tensión	12 V
Dimensiones	330x172x239 mm
Peso	27.7 kg

Respecto al cálculo del inversor, se utilizó la ecuación (6), considerando la suma de todas las cargas.

Se propone un inversor Samlex PSE-24175A, en la Tabla 5 se muestran sus características (SAMLEX, 2020).

Tabla 5. Características del Inversor seleccionado.

Parámetro	Valor
Potencia	1750W
Tensión nominal Entrada	24 VCC
Tensión nominal salida	120 VAC

En la Tabla 6, se observa el número de componentes que integran el módulo sustentable.

Tabla 6. Resultados del dimensionamiento,

Componentes	Cantidad
Módulos fotovoltaicos	2
Controlador de carga	1
Batería	6
Inversor	1

Para finalizar, el generador fotovoltaico se orienta al sur y se posiciona a un ángulo óptimo de inclinación, el cual

Modelado en software

La estructura se diseñó para dejar pasar el aire alrededor del conjunto de módulos y así mejorar la ventilación, los módulos FV funcionarán como techo solar para los usuarios.

Se realizó el modelo en 3D en el software Sketchup 2017, considerando el arreglo de dos módulos de 330 W orientados al sur, con una inclinación de 20°. Se incluyó la ubicación del banco de baterías, controlador e inversor. En el modelo se activó la opción de geolocalización con la finalidad de obtener el comportamiento del sol a lo largo del año y visualizar las sombras proyectadas (Figura 6).

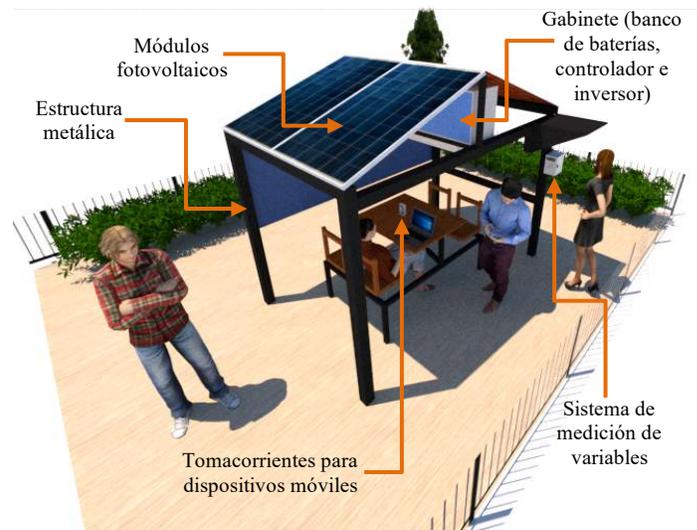


Figura 6. Modelado en Sketchup 2017.

Fuente: Elaboración propia

Se generó la propuesta de ubicación del módulo sustentable dentro de las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Huichapan, considerando su cercanía con el laboratorio de Ingeniería en Energías Renovables y el Edificio G. La Figura 7 muestra la propuesta de la instalación.



Figura 7. Propuesta del módulo sustentable en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Huichapan.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 8 se muestra el diagrama de conexiones del sistema. Se realiza la configuración de los dos módulos en paralelo, así como una configuración mixta de seis baterías de 12V en serie y paralelo, para conseguir un sistema de acumulación de 24V.

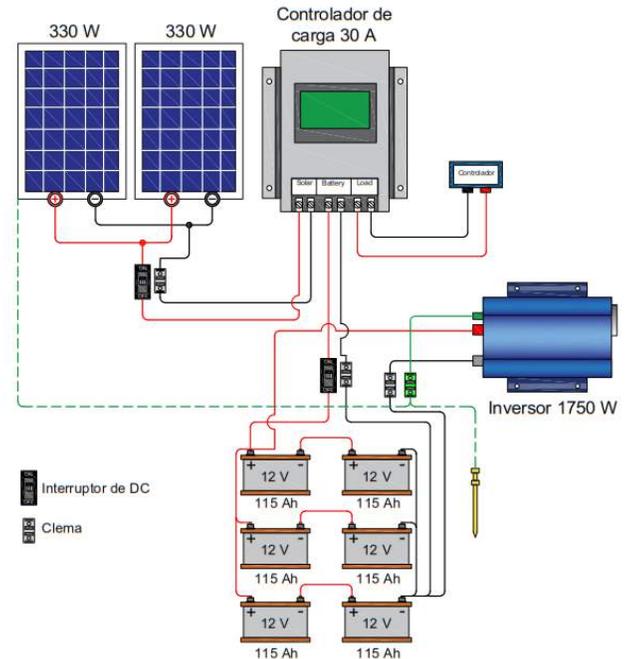


Figura 8. Diagrama de conexiones en AutoCAD 2018.

Fuente Elaboración propia

Sistema de medición

Se generó un sistema de medición utilizando software libre (arduino) capaz de leer los sensores de intensidad de corriente y tensión, mediante el cual se pueden conocer los parámetros de generación de energía eléctrica del sistema fotovoltaico aislado.

La Figura 9 muestra el código de programación utilizado.

```

Codigo de programación para medición de voltaje y tensión Arduino 1.8.13
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Codigo de programación para medición de voltaje y tensión
//Realiza la medición de tensión y voltaje en Módulo sustentable de generación de energía

#include <LiquidCrystal.h>
//librería
LiquidCrystal lcd (12,11,5,4,3,2); //pines a utilizar
// Sensibilidad del sensor en V/A
float SENSIBILITY = 0.189; // Modelo 5A
//float SENSIBILITY = 0.189; // Modelo 20A
//float SENSIBILITY = 0.566; // Modelo 30A
int SAMPLENUMBER = 100;
const int sensorPin = A0; // seleccionar la entrada para el sensor
int sensorValue; // variable que almacena el valor raw (0 a 1023)
float value; // variable que almacena el voltaje (0.0 a 25.0)

void setup(){
  Serial.begin(9600);

  lcd.begin(16,2); //inicializar pantalla
  lcd.setCursor(0,0); //mensaje en pantalla
  lcd.print("SET EXPERIMENTAL");
  lcd.setCursor(0,1);
}
    
```

Figura 9. Código de programación en IDE Arduino para la medición de variables Corriente, Tensión y Energía Generada.

Fuente: Elaboración propia

Los componentes que integran el sistema de medición se conectaron como se indica en la figura 10.

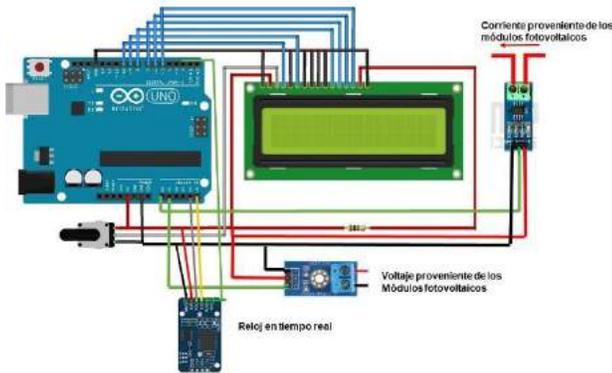


Figura 10. Código de programación en IDE arduino

Las mediciones obtenidas mediante los sensores de intensidad de corriente y tensión pueden ser visualizadas por los usuarios en un indicador digital.

Integración del sistema

El módulo sustentable durante su funcionamiento está enfocado a abastecer de energía eléctrica a dispositivos móviles, reducir los consumos de energía en el Instituto y así contribuir a cumplir los objetivos del Sistema de Gestión de Energía (SGEn) del Instituto.

En la Figura 11, se visualiza el conjunto de módulos y baterías adquiridos, mismos que se encuentran en el Laboratorio de Ingeniería en Energía Renovables



Figura 11. Módulos fotovoltaicos EGE-330P-72 y Baterías solares CALE 115 Ah. Laboratorio de Energías Renovables ITESHU.

Fuente: Elaboración propia

Para la construcción de la estructura se llevaron a cabo mediciones y cortes de los perfiles estructurales respecto

a las dimensiones del modelo para posteriormente soldar y ensamblar la estructura, Figura 12.



Figura 12. Construcción de la estructura de montaje

Reducción de emisiones de CO₂

Se tomaron los datos de radiación horizontal incidente en una superficie inclinada para cada mes. Los valores de radiación de la base de datos en kWh/m²día se multiplicaron por las dimensiones de los módulos fotovoltaicos, después se multiplicó por el número de días para obtener la producción en kW/mes. Se realizó una suma de todos los periodos para calcular la producción anual (Figura 13).

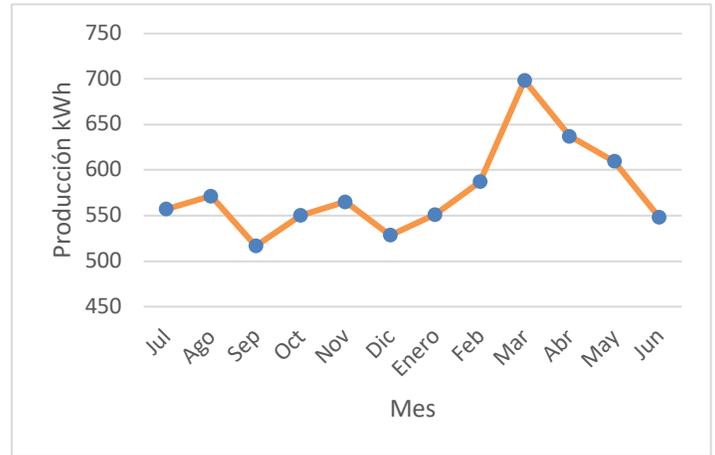


Figura 13. Producción anual del módulo

Fuente: Elaboración propia

El modulo sustentable de 0.66 kW produce anualmente 6921.218 kWh. Una de las características de las energías renovables es contribuir a la reducción de gases de efecto invernadero. Los sistemas fotovoltaicos brindan electricidad de manera limpia e ilimitada (Perpiñan 2011, citado por Potes y Proaño 2020)

Se procedió a calcular las toneladas de CO₂ al año que se dejarían de emitir a la atmósfera, se consideraron como emisiones indirectas derivadas del consumo de energía eléctrica comprada y consumida (SEMARNAT, 2015).

Para el cálculo de las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero por consumo de electricidad correspondiente al año 2019, se consideró un Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional de: 0.505 tCO₂e/MWh (CRE, 2020).

CO₂e = datos de la actividad X Factor de Emisión

$CO_2e = 6.921MWh \times 0.505 \text{ ton } CO_2e/MWh$

$CO_2e = 3.495 \text{ ton } CO_2e$

CONCLUSIONES

Con este trabajo fue posible proponer mediante el diseño y dimensionamiento un módulo sustentable capaz de suministrar de energía eléctrica a dispositivos móviles, diseñado para un número de horas solares de 5.17 y una inclinación de 20°, valores que permiten maximizar el aprovechamiento de la energía solar e implementar proyectos fotovoltaicos autónomos similares en esta zona.

En lo que respecta a los componentes del sistema, se seleccionaron módulos de 330 W que se configuraron en paralelo para brindar una producción de energía de 2610 Wh.

El sistema de almacenamiento es un arreglo de seis baterías con capacidad de 115 Ah cada una, en configuración serie-paralelo. Se utiliza un regulador de 30A y un inversor de 1750W.

El modelar el prototipo sustentable permitió visualizar el sistema en su conjunto, además de facilitar la realización de cambios en dimensiones, ubicación y ensamble de componentes.

El tener un sistema de medición integrado al módulo, es de gran utilidad ya que mantiene informado al usuario sobre la generación de energía instantánea bajo diversas condiciones climáticas.

Con el análisis realizado, el módulo sustentable generará anualmente cerca de 6921.218 kWh lo que evitaría la emisión de 3.495 toneladas de CO₂ al año, esto contribuye al cuidado del medio ambiente y a cumplir los objetivos y meta del SGen del Instituto.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México (TecNM), al Instituto Tecnológico Superior de Huichapan y al Programa de Ingeniería en Energías Renovables por el apoyo para el desarrollo de este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

Al-Mashhadany, Y. I., & Attia, H. A. (2014). Novel design and implementation of portable charger through lowpower PV energy system. In *Advanced Materials Research* (Vol. 925, pp. 495-499). Trans Tech Publications.

CALESOLAR. (2020, marzo 15). Ficha técnica. [En línea]. Disponible en: <http://calesolar.com/?gclid=EAIaIQobChMItu->

- fnquO6wIVw8DACH1G9gJ0EAAAYASAAEgJ
Un_D_BwE
- Cantos, J. (2016). *Configuración de instalaciones solares fotovoltaicas*. Ediciones Paraninfo, SA.
- Comisión Reguladora de Energía (CRE). (2020). Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional 2019. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/538473/Factor_emision_electrico_2019.pdf
- CONERMEX. (2020, febrero 20). Ficha técnica. [En línea]. Recuperado de: <https://www.conermex.com.mx/hojas-tecnicas/modulos/egc-330w.pdf>
- CCEEA. (2020). Capacitación Eléctrica y Energías Alternas. Recuperado en noviembre de 2019. Recuperado de: <https://ccea.co/solar>
- EPEVER. (2020, abril 10). Ficha técnica. [En línea]. Recuperado de: [https://www.epsolarpv.com/upload/file/1909/EPEVER-Datasheet-tracer-an\(10A-40A\).pdf](https://www.epsolarpv.com/upload/file/1909/EPEVER-Datasheet-tracer-an(10A-40A).pdf)
- Google. (2020). Google Earth. Recuperado de: <https://earth.google.com/web/>
- Guamán-Molina, J., Vargas-Guevara, C., Nogales-Portero, R., Guevara-Aulestia, D., García-Carrillo, M., & Ríos-Villacorta, A. (2016). Solar manager: plataforma cloud de adquisición, tratamiento y visualización de información de sistemas fotovoltaicos aislados.
- International Energy Agency. (2009). *Gadgets and gigawatts: policies for energy efficient electronics*. IEA.
- La Nación (2014). Cargar el celular contribuye a emitir CO2 a la atmósfera. Recuperado el 19 de marzo de 2018 de: <https://www.nacion.com/ciencia/aplicaciones-cientificas/cargar-el-celular-contribuye-a-emitir-co2-a-la-atmosfera/JAK3ASKKP5GSRBSU35ELB6V35I/story/>
- Moro, M. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas: Electricidad-electrónica; instalaciones eléctricas y automáticas*. Madrid, España: Paraninfo.
- Organización de Naciones Unidas, ONU. Comisión Económica para América Latina, CEPAL. (2018). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Recuperado de <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/113>

- 62/40155.4/S1700334_es.pdf?sequence=18&isAllowed=y <https://www.samlexamerica.com/documents/product-specs/12001-PSE-24175A-0414%20Lrez.pdf>
- Pareja, M. (2010). Energía solar fotovoltaica: Cálculo de una instalación aislada. Ed. Marcombo.
- Perpiñán, O. (2011). *Energía solar fotovoltaica*. URL <http://procomun.wordpress.com/libroesf>.
- Potes, P., y Proaño, X. (2020). Diseño de un Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red en el Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi. *Revista Técnica "energía"*, 16(2), 148-157.
- Reyes, Y. S., Blanco, H. I. G., Chamorro, M. V., Ochoa, G. V., & Villicaña, E. (2018). Diseño técnico y económico de un banco de prueba solar fotovoltaico para generación de energía eléctrica de forma aislada. *Prospectiva*, 16(2), 82-88.
- Roldán, J. (2010). Instalaciones solares fotovoltaicas. *Madrid, España: Paraninfo*.
- Rodríguez-Borges, C. G., y Sarmiento-Sera, A. (2011). Dimensionado mediante simulación de sistemas de energía solar fotovoltaica aplicados a la electrificación rural. *Ingeniería Mecánica*, 14(1), 13-21.
- SAMLEX. (2020, mayo 21). Ficha técnica. [En línea]. Recuperado de:
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2015). Teoría y conceptos generales para elaborar inventarios verificables de emisiones de gases de efecto invernadero. México
- Vázquez, M. C. T. (2018). Energía solar fotovoltaica. Cano Pina.