

CAPÍTULO 11

DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA UN PROTOTIPO SEMIAUTOMATIZADO DE PLANCHADO EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL SOMBRERO JIPIJAPA



<https://doi.org/10.22533/at.ed.1661125170311>

Data de aceite: 15/07/2025

Germán Escalante Notario

Universidad Autónoma de Campeche
Posgrado de la Facultad de Ingeniería
San Francisco de Campeche, México
ORCID: 0000-0002-5900-4570

Enrique Escalante-Notario

Instituto Politécnico Nacional
Escuela Superior de Cómputo
Ciudad de México, México
ORCID: 0000-0001-9748-853X

Gustavo Esteban Serrano Sánchez

Universidad Autónoma de Campeche
Estudiante de Posgrado de la Facultad de
Ingeniería
San Francisco de Campeche, México

Mauricio I. Huchin Miss

Universidad Autónoma de Campeche
Posgrado de la Facultad de Ingeniería
San Francisco de Campeche, México
ORCID: 0000-0002-5669-9098

Meng Yen Shih

Universidad Autónoma de Campeche,
Facultad de Ingeniería,
San Francisco de Campeche, México.
ORCID: 0000-0001-7475-6458

Juan Miguel Durán Lugo

Universidad Autónoma de Campeche
Facultad de Ingeniería
San Francisco de Campeche, México

Roberto López

Tecnológico de Estudios Superiores de
Jocotitlán,
Estado de México, México.
ORCID: 0000-0001-8341-3684

RESUMEN: El sombrero jipijapa es un símbolo de identidad cultural en la península de Yucatán y otras regiones de Latinoamérica. Su proceso de fabricación artesanal, practicado en comunidades como Bécal, Campeche, comprende etapas como el secado, teñido, trenzado y planchado, siendo esta última crítica por requerir calor y presión aplicados manualmente mediante equipos alimentados por gas LP. Este proyecto plantea el dimensionamiento e implementación de un sistema fotovoltaico autónomo para alimentar un prototipo semiautomatizado de planchado, con el fin de modernizar el proceso, reducir riesgos y mejorar la eficiencia. Se integraron una resistencia asbestada y un actuador lineal, lo cual permitió disminuir el consumo energético y prescindir del uso de combustibles fósiles. Esta solución resulta especialmente adecuada para regiones con suministro eléctrico intermitente, como es el caso de Bécal, y representa una alternativa

sostenible tanto técnica como económicamente. Esta propuesta fortalece la producción local, promueve la transición energética y dignifica el trabajo artesanal.

PALABRAS CLAVE: Energía fotovoltaica, automatización, sostenibilidad.

SIZING OF AN AUTONOMOUS PHOTOVOLTAIC SYSTEM FOR A SEMI-AUTOMATED IRONING PROTOTYPE IN THE JIPIJAPA HAT MANUFACTURING PROCESS

ABSTRACT: The jipijapa hat is a symbol of cultural identity in the Yucatán Peninsula and other regions of Latin America. Its artisanal manufacturing process, practiced in communities such as Bécal, Campeche, involves stages such as drying, dyeing, braiding, and ironing. The latter is critical because it requires manual heat and pressure applied using LP gas-powered equipment. This project proposes the sizing and implementation of an autonomous photovoltaic system to power a semi-automated ironing prototype, aiming to modernize the process, reduce risks, and improve efficiency. An asbestos heating element and a linear actuator were integrated, reducing energy consumption and eliminating the use of fossil fuels. This solution is especially suitable for regions with intermittent electricity supplies, such as Bécal, and represents a sustainable alternative both technically and economically. This proposal strengthens local production, promotes the energy transition, and dignifies artisanal work.

KEYWORDS: photovoltaic energy, automation, sustainability.

INTRODUCCIÓN

La región noreste del estado de Campeche, particularmente el municipio de Calkiní y su localidad de Bécal, destaca por preservar una de las tradiciones artesanales más representativas del sureste mexicano: la elaboración del sombrero jipijapa. Este sombrero, tejido a mano con fibras naturales, tiene un profundo arraigo cultural en la península de Yucatán. Su origen se remonta a la época colonial y su permanencia en las prácticas actuales refleja una fusión entre herencia indígena y adaptación artesanal (Dirección de Educación, 2024).

El proceso de fabricación del sombrero jipijapa consta de cuatro etapas fundamentales: corte de palma, teñido, humidificación y planchado. Esta última, clave para dar forma final al sombrero, se realiza tradicionalmente con moldes metálicos calentados mediante gas LP o butano, lo que genera altos costos operativos y emisiones contaminantes (ver **Figura 1**). Además, las condiciones laborales en estas fases exponen a los artesanos a riesgos para la salud, debido a la inhalación de vapores, manipulación de agua caliente y exposición prolongada a ambientes húmedos.



Figura 1. Planchado para la fabricación del sombrero jipijapa (Dirección de Educación, 2024).

Sumado a ello, la intermitencia en el suministro eléctrico en la región, causada por factores climáticos y fallas en la infraestructura, complica la modernización del proceso productivo. Ante este panorama, el presente capítulo expone el diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico autónomo como solución energética sostenible, aplicada a un prototipo semiautomatizado para el planchado del sombrero jipijapa. Este enfoque no solo busca eliminar la dependencia de combustibles fósiles, sino también mejorar la eficiencia, reducir tiempos de espera y brindar estabilidad al proceso productivo.

El sistema propuesto integra un banco de baterías que permite la operación continua incluso en días nublados. Se estima que esta implementación reduciría los costos energéticos y generaría ahorros a mediano plazo (Casado Ramírez; Martin Canche; Guillen Taje, 2024).

PANORAMA DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS Y EL POTENCIAL DE LA ENERGÍA SOLAR

Los recursos energéticos derivan de los recursos naturales, es decir, elementos proporcionados por la naturaleza sin intervención humana, los cuales pueden ser aprovechados para satisfacer necesidades básicas o para generar transformaciones. Cuando estos recursos tienen la capacidad de provocar cambios en sistemas físicos mediante interacciones que implican transferencia de energía y generación de trabajo, se les denomina recursos energéticos. Estas interacciones están relacionadas con conceptos físicos como la energía, el trabajo y la entropía, esta última entendida como el grado de desorden creciente en los sistemas (Carta et al., 2012).

Actualmente, el uso indiscriminado y no regulado de los recursos naturales ha llevado a una pérdida significativa de biodiversidad y a una aceleración de los problemas medioambientales globales, como el calentamiento global y la contaminación, comúnmente agrupados bajo el término de cambio climático. Frente a esta problemática, los recursos energéticos se clasifican en dos tipos: no renovables, como los combustibles fósiles

y nucleares, cuyo ritmo de regeneración es prácticamente nulo, y renovables, como la radiación solar, cuyo flujo se regenera al ritmo de su aprovechamiento (Ambientum, 2022).

La radiación solar es la fuente de energía renovable más abundante en la Tierra, con una incidencia estimada de 5.4×10^2 J/año. Aunque una parte de esta energía se refleja hacia el espacio, otra fracción es absorbida y utilizada por los sistemas naturales o actividades humanas.

La energía solar llega a la Tierra en forma de radiación y fotones, y puede aprovecharse como fuente térmica o transformarse en electricidad mediante diversas tecnologías. Su disponibilidad depende de factores como la latitud, la hora del día y las condiciones atmosféricas. La radiación solar se divide en directa y difusa, y su suma se conoce como irradiancia. La constante solar fuera de la atmósfera alcanza los 1367 W/m², mientras que en superficie puede superar los 1000 W/m² bajo condiciones favorables (Meteorología y climatología de Navarra, 2021).

ELEMENTOS DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Un sistema fotovoltaico está compuesto por varios subsistemas que trabajan de forma integrada (ver **Figura 2**), los cuales pueden variar dependiendo de la aplicación específica (autónoma, interconectada, híbrida, etc.) (Alvarado Contreras; Cruz Peralta, 2020). Estos elementos se agrupan en cinco bloques principales:

Generación: Está conformada por los módulos fotovoltaicos, los cuales captan la radiación solar y la convierten en energía eléctrica de corriente continua. La disposición de los módulos en arreglos adecuados permite alcanzar los niveles de voltaje y corriente requeridos por el sistema.

Acumulación: Incluye las baterías, cuyo propósito es almacenar la energía generada para su uso posterior, especialmente en sistemas autónomos donde se requiere disponibilidad energética durante la noche o en días nublados.

Distribución y control de energía: Se realiza a través de reguladores de carga, que protegen las baterías contra sobrecargas o descargas profundas, asegurando su vida útil y eficiencia.

Acondicionamiento de la energía eléctrica: Mediante inversores, se transforma la corriente continua (DC) en corriente alterna (AC), permitiendo la operación de equipos eléctricos convencionales.

Carga eléctrica: Se refiere a los equipos y dispositivos que serán alimentados por el sistema, y cuya demanda define en gran parte el dimensionamiento de los componentes anteriores.

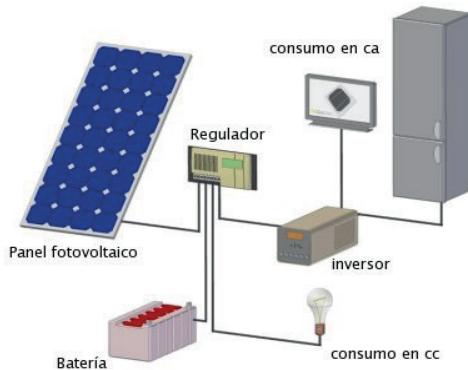


Figura 2. Principales elementos de un sistema fotovoltaico [12].

Comprender la función y las características técnicas de cada uno de estos elementos es esencial para el diseño y análisis correcto de un sistema fotovoltaico, especialmente en proyectos que requieren alta confiabilidad o autonomía energética. Además, la elección adecuada de componentes y su configuración en arreglos específicos impactan directamente en la eficiencia, capacidad de almacenamiento y rendimiento general del sistema (Alvarado Contreras; Cruz Peralta, 2020).

INTERCONEXIÓN DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Para satisfacer distintas demandas de voltaje y corriente en una instalación fotovoltaica, los módulos fotovoltaicos se organizan en arreglos modulares, cuya configuración eléctrica puede realizarse en serie, paralelo o mixta, dependiendo de las necesidades del sistema (Honsberg; Bowden, 2019).

En una **conexión en serie**, el polo positivo de un panel se une al polo negativo del siguiente. Esta disposición permite sumar los voltajes de cada módulo, mientras que la corriente se mantiene constante e igual a la de un solo módulo. Esta configuración es útil cuando se requiere un voltaje elevado para alimentar equipos específicos o para igualar el nivel de entrada de los inversores.

En la **conexión en paralelo**, todos los polos positivos de los módulos se conectan entre sí, al igual que todos los polos negativos. En este caso, las corrientes se suman, mientras que el voltaje se mantiene constante, igual al de cada módulo individual. Esta configuración es adecuada cuando se necesita aumentar la capacidad de corriente del sistema sin modificar el voltaje.

La **conexión mixta** combina ambas configuraciones, permitiendo adaptar los niveles de voltaje y corriente según las necesidades del sistema. Por ejemplo, se pueden conectar varios paneles en serie para formar cadenas, y luego conectar estas cadenas en paralelo (DamiaSolar, 2020).

Comprender estas configuraciones es esencial para el dimensionamiento eléctrico del sistema, optimizando la eficiencia del arreglo fotovoltaico y su compatibilidad con los elementos de acumulación, acondicionamiento y carga.

INSTALACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

La correcta instalación de un sistema fotovoltaico depende de diversos factores, entre los que destacan el área disponible, el número de módulos a instalar y la potencia eléctrica requerida, generalmente expresada en kilovatios (kW). Salvo los módulos fotovoltaicos, el resto de los componentes del sistema (baterías, reguladores, inversores) deben colocarse en espacios protegidos de la intemperie, secos, frescos, bien ventilados y libres de polvo, con el fin de prolongar su vida útil y asegurar su funcionamiento seguro.

Para maximizar la captación de energía solar, la orientación e inclinación de los paneles es un aspecto crucial (ver **Figura 3**). En México, al encontrarse en el hemisferio norte, se recomienda orientar los módulos hacia el sur magnético, ajustando su inclinación de acuerdo con la latitud geográfica del sitio de instalación. Esta configuración optimiza la captación de radiación solar directa durante todo el año (Energía solar, 2021).

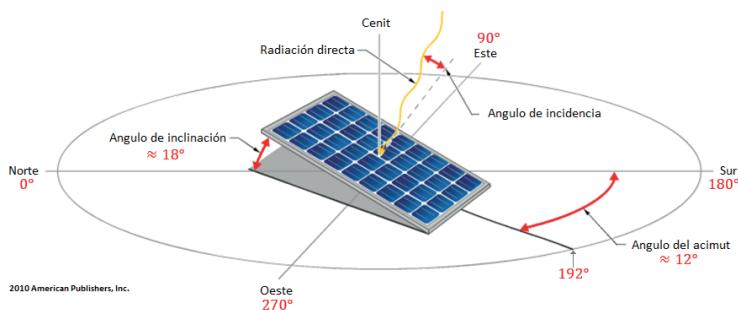


Figura 3. Orientación de un módulo fotovoltaico (Energía solar, 2021).

Por ejemplo, en la localidad de Calkiní, Campeche (latitud $20^{\circ}22'16''$ N) (Wikipedia, 2021), los módulos deben instalarse con una inclinación aproximada de 25° orientados al sur, lo cual permite un mejor aprovechamiento de la irradiancia disponible en la región. Esta inclinación puede ajustarse levemente dependiendo de si se busca maximizar la producción en invierno, verano o equilibradamente durante el año. Es importante considerar las condiciones climáticas, geográficas y estructurales del lugar para garantizar un montaje seguro, eficiente y duradero del sistema fotovoltaico.

APLICACIONES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Los sistemas fotovoltaicos pueden aplicarse en diversos contextos, dependiendo del recurso solar disponible, la tecnología empleada y la escala del sistema. Se agrupan principalmente en dos categorías: sistemas conectados a la red y sistemas autónomos.

Sistemas fotovoltaicos conectados a la red

Un sistema conectado a la red eléctrica (como la red de CFE) emplea módulos fotovoltaicos e inversores para inyectar energía directamente a la red, sin necesidad de acumulación en baterías. Sus componentes básicos son: módulos solares, inversor de conexión, dispositivo de acoplamiento con la red, y un medidor bidireccional, que registra tanto la energía generada como la consumida (Carta et al., 2012). Estos sistemas se aplican desde instalaciones residenciales (kW) hasta plantas solares de gran escala (MW). No requieren un dimensionado estricto por demanda, ya que la energía no se almacena, sino que se produce e inyecta según la disponibilidad solar. La potencia instalada depende del presupuesto y del área disponible, y a partir de ella se puede calcular la energía anual generada y estimar el periodo de retorno de la inversión.

Sistemas fotovoltaicos autónomos

Los sistemas fotovoltaicos autónomos (SFVA) operan de forma independiente, almacenando la energía en baterías para su uso posterior. Son esenciales en zonas sin acceso a red eléctrica, ya que eliminan la necesidad de tendido eléctrico, reduciendo costos e impacto ambiental (Alvarado Contreras; Cruz Peralta, 2020). Estos sistemas pueden tener una vida útil de hasta 40 años, aunque las baterías suelen reemplazarse cada 10 años.

Electrificación en zonas rurales

Los SFVA son ideales para zonas rurales o aisladas, permitiendo acceso a energía en comunidades donde la conexión a la red resulta inviable, siendo utilizados para viviendas, caminos y sistemas de comunicación.

DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO

Los datos iniciales para el dimensionamiento del SFVA:

1. Potencia en alto consumo = 1,170 W
2. Horas de operación por día = 6 horas
3. Energía diaria requerida = $1,170 \text{ W} \times 6 \text{ h} = 7,020 \text{ Wh/día}$ (para casos de intermitencia eléctrica)

Los elementos que integran el SFV autónomo se plantearon a partir de los datos obtenidos durante el dimensionamiento y estudios de mercado realizados

Banco de baterías

Se calcula la capacidad del banco baterías a partir de la siguiente ecuación:

$$Ah_{banco} = \frac{(Energia\ requerida)(1.2)}{Tensión\ Banco\ (%DOD)} = \frac{(7,020\ Wh/dia)(1.2)}{(24v)(0.5)} = 702Ah$$

donde

24 V = Valor de tensión al que debe operar el banco

0.5 = Baterías de plomo-ácido

702 Ah = día de autonomía

Se propone conectar baterías CALE de 115Ah – 12V, por lo tanto, el banco de baterías estará conformado por

$$\text{Banco baterias} = \frac{702Ah}{115\ Ah} = 6\ baterias$$

Con esta configuración se tendrá que diseñar un banco de baterías con más de tres baterías en paralelo.

Inversor

Para seleccionar el inversor se considera la carga total demandada a un 80%, de manera que la capacidad del inversor será:

$$\text{Potencia de inversor} = \frac{\text{Carga total demanda}}{0.8} = 1,463\ W$$

Por ende, se requiere un inversor de 1500 a 24 V y se propone usar el inversor modelo Samlex PST-1500-24. Las características principales para considerar en este modelo serán:

- Rango de tensión de entrada = 21.4 – 33 VCD
- Tensión de salida en CA = 120 VCA ±3%

Módulos fotovoltaicos

En el arreglo fotovoltaico se debe tener en cuenta la potencia fotovoltaica requerida, ésta se puede calcular mediante:

$$P_{FV} = \frac{(Energia\ diaria\ requerida)\ (1.2)}{HSP} = \frac{(7,020\ \frac{Wh}{dia})(1.2)}{6.06\ HSP} = 1,390\ Wp$$

De acuerdo con datos de la NASA el recurso solar en el Estado de Campeche es de 6.06 HSP. Se propone para el sistema fotovoltaico módulos policristalinos de 72 celdas, modelo EGE-340m-72-eco de la marca Green Energy.

Para calcular el número requerido de paneles fotovoltaicos para cubrir el consumo energético requerido por el sistema de planchado, se emplea la siguiente ecuación:

$$\text{No. módulos} = \frac{1,390\text{Wp}}{340\text{W}} = 4 \text{ módulos}$$

Cuando los módulos alcancen una temperatura promedio de 60°C tendrán una caída de tensión, que se determina a partir del coeficiente de pérdidas por temperaturas. Para este modelo, el coeficiente es de -30% de pérdidas por cada grado centígrado por arriba de 25°C.

$$60^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C} = 35^\circ\text{C}$$

$$\left(\frac{-30\%}{^\circ\text{C}} \right) (35^\circ\text{C}) = -10.85\% (38.15) = 4.1V$$

Por lo que al restar los 4.1V de pérdidas a la tensión de operación del módulo, se obtiene el valor real de tensión que suministra el módulo cuando alcance una temperatura de 60°C.

$$38.15 - 4.1V = 34.05 \rightarrow 60^\circ\text{C}$$

Esto es importante determinarlo, porque en un sistema autónomo si la tensión que suministra el arreglo fotovoltaico no es suficiente, no se podrá cargar eficientemente el banco de baterías. Este sistema operará a 24V, la tensión en estado de flotación puede alcanzar hasta 30V por lo que una tensión de 34V no será suficiente para cargar eficientemente el banco, por esta razón se debe conectar al menos 2 módulos en serie, tal como se muestra en la **Figura 4**.

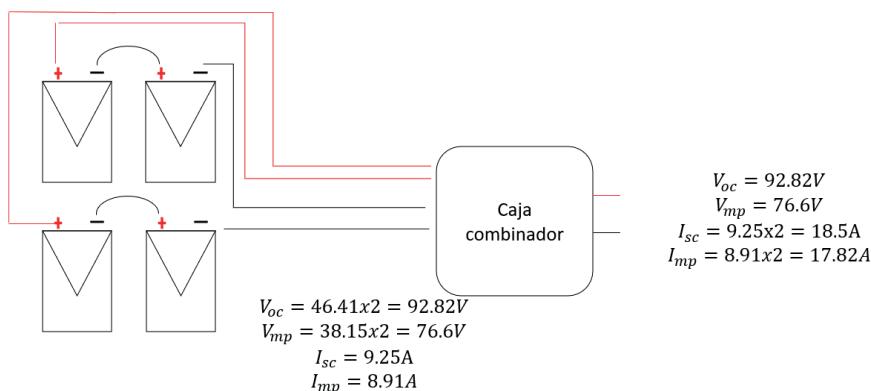


Figura 4. Conexión del arreglo fotovoltaico en serie.

Controlador

La aplicación de módulos fotovoltaicos policristalinos de 72 celdas requiere un controlador adecuado, que cuente con seguidor de punto de máxima potencia (mppt), por lo tanto, las características mínimas necesarias del controlador para ser conectado al arreglo de paneles fotovoltaico y banco de baterías son:

- Soportar una potencia de $= 4 \times 340W_p = 1,360W_p$
- Soportar una corriente de carga de hasta $= \frac{1,360 W_p}{24 V} = 56A$
- Soportar una tensión de circuito abierto de $= 2 \times 46.41 = 92.82V$
- Ser compatible con baterías plomo-acido a 24V

El controlador que cumple con estas características es el modelo FLEZ MAX 60 FM 60- 150 Vcd outback. Las especificaciones técnicas más importantes de este modelo, las cuales lo hacen el adecuado para su instalación en el SFV son:

- Soporta hasta 1600W a 24 Vcd
- Soporta una corriente de carga de 60A
- Soporta un
- Compatible con baterías plomo acido
- Compatible con conductores de hasta calibre 4 AWG
- Entrada máxima en corriente directa del arreglo FV de hasta 6A Acd
- Usar interruptor de 60A de corriente continua
- Calibre mínimo para conductor de batería es de 3AWG

Cálculo de conductores

Círculo de fuente fotovoltaico:

$$I = I_{sc} \text{ modulo en paralelo} \times 1.25 = 9.25 \times 1.25 = 11.56 A$$

Círculo de salida fotovoltaico:

$$I = (9.25)(2)(1.25)(1.25) = 29A$$

Círculo controlador-banco:

$$I = \frac{4 \times 340W}{24V} = 57 A$$

Círculo de entrada al inversor:

$$I = \frac{1500W}{21.4} = 70 A$$

A partir de las corrientes calculadas y de la información que se muestra en la **Tabla 1**, se puede dimensionar los conductores apropiados para la interconexión del SFV autónomo.

Circuito	Columna 90°C
Fuente fotovoltaica = 11.56 A	12 AWG – 30 A (RHW-2)
Salida fotovoltaica = 29 A	10 AWG – 40 A (RHW-2)
Controlador – banco = 57 A	6 AWG – 75 A (THHW-LS)
Entrada al inversor = 70 A	4 AWG – 95 A (THHW-LS)

Tabla 1. Dimensionamiento de conductores para circuitos del sistema (Gobierno de México, 2021).

El circuito de salida fotovoltaico será canalizado en tubería conduit expuesta a condiciones meteorológicas adversas, por lo que se elige el conductor de calibre 10 AWG para conducir la corriente del arreglo fotovoltaico.

Calculo por caída de tensión

Para evaluar la caída de tensión en nuestro SFV autónomo, se considera una longitud del conductor de 14 m y a partir de la siguiente ecuación, se calcula la caída de tensión en porcentaje.

$$e\% = \frac{2iRL}{V_{mp}}(100)$$

donde

$$L = 14m = 0.014Km$$

$$i = (8.91)(2) = 17.82$$

$$V_{mp} = 76.6 V$$

$$R \frac{\Omega}{km} = 8AWG = 2.551 \frac{\Omega}{km} \quad (\text{ver la tabla 4.6})$$

$$e\% = 2\left(\frac{17.82A\left(2.551\frac{\Omega}{km}\right)(0.014Km)}{76.6V}\right)(100)$$

$$e\% = 1.66 < 3\% \text{ Si cumple a una distancia de 14 metros}$$

Cálculo de protecciones

- **Círculo de fuente**

$$FV = (9.25)(1.25) = 11.56A \rightarrow \text{siendo } 15A \text{ confusibles o interruptores cd}$$

- **Círculo de salida**

$$FV = (9.25)(2)(1.25) = 29A \rightarrow \text{siendo } 30A \text{ confusibles o interruptores cd}$$

- **Círculo controlador – banco**

$$\text{Controlador} - \text{banco} = 57A \rightarrow \text{recomendacion fabricante } 60A \text{ cd}$$

- **Círculo batería-inversor**

$$\text{Batería} - \text{inversor} = 70A \rightarrow \text{Fusible o interruptor de } 70A$$

La **Figura 5** muestra la localización de las protecciones (fusibles) conectadas en el circuito unifilar del SFV autónomo.

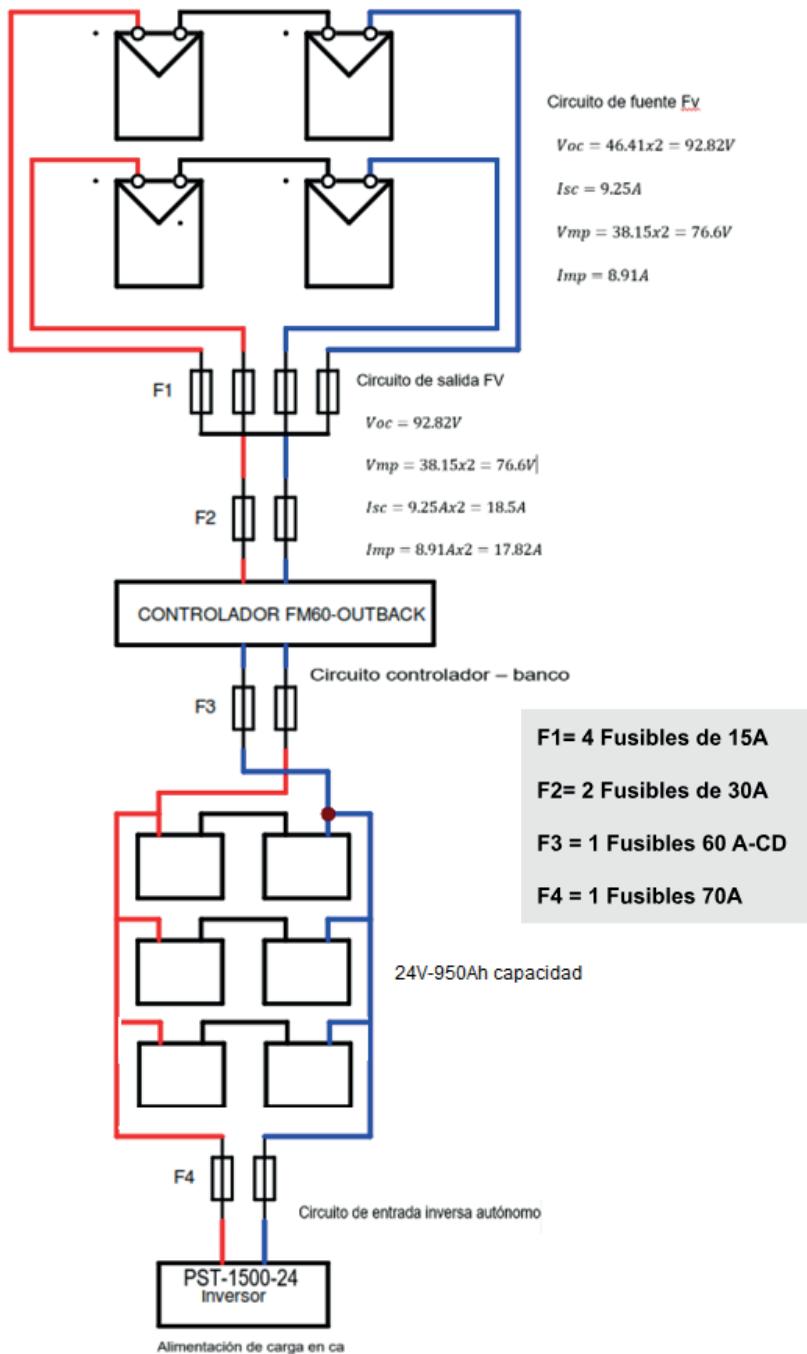


Figura 5. Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico autónomo propuesto.

OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO DEL SISTEMA SEMIAUTOMATIZADO DE PLANCHADO

A continuación, se presenta el funcionamiento automatizado del prototipo del sistema de planchado de sombrero (ver **Figura 6**), el cual está integrado por 3 sensores de temperatura NTC, una resistencia asbestada para el calentamiento, los relevadores que serán los encargados de conmutar la entrada de energía eléctrica en el actuador lineal y la resistencia.



Figura 6. Prototipo del sistema semiautomatizado de planchado.

El funcionamiento del sistema de planchado está controlado por un Arduino, el cual, monitorea y controla la temperatura de la resistencia de calentamiento y el desplazamiento del actuador lineal.

CONCLUSIONES

Como resultado del presente trabajo, se llevó a cabo el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico autónomo de 1360 W, diseñado para alimentar un prototipo semiautomatizado de planchado en la elaboración del sombrero jipijapa. Para mejorar la eficiencia del proceso, se incorporaron nuevos dispositivos como una resistencia asbestada de calentamiento y un actuador lineal, lo que permitió automatizar el ciclo de planchado y aumentar la productividad artesanal. Asimismo, se implementó un sistema de control basado en Arduino, que fue programado para optimizar los tiempos de operación y modernizar el sistema mediante herramientas tecnológicas accesibles. Esta solución no solo representa un avance técnico, sino también un impacto económico significativo, ya que permite a los productores reducir costos energéticos y reinvertir los ahorros en la mejora continua del proceso. El sistema propuesto constituye un paso importante hacia la automatización sustentable en la producción de sombreros jipijapa en zonas rurales como Bécal, Campeche.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un estudio de mercado y viabilidad económica orientado a los productores artesanales, con el fin de proporcionar una perspectiva clara sobre los beneficios y el retorno de inversión que implica la modernización tecnológica de los sistemas de planchado tradicionales.

REFERENCIAS

ALVARADO CONTRERAS, Max E.; CRUZ PERALTA, Gerardo. **Manual de instalador fotovoltaico, sistemas autónomos**. 2ed. ed. [S.I.]: American Renewables Institute, 2020.

AMBIENTUM. **El Sol, fuente básica de energía**. Disponível em: <https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/articulos-energia/el_sol_fuente_basica_de_energia.asp>. Acesso em: 9 ago. 2024.

CARTA, J. A. et al. **Centrales de Energías Renovables - Generación eléctrica con Energías Renovables**. 2ed. ed. [S.I.]: Pearson, 2012.

CASADO RAMÍREZ, Eliezer J.; MARTIN CANCHE, Blanca R.; GUILLEN TAJE, José L. Sistemas fotovoltaicos interconectados a la reden elmunicipio de Escárcega, Campeche. **INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación**, v. 11, n. 2, p. 31–45, 2024.

DAMIASOLAR. **Conexión paneles solares en serie y en paralelo**. Disponível em: <<https://www.damiasolar.com/blog/conexion-paneles-solares-en-serie-en-paralelo/>>. Acesso em: 24 fev. 2025.

DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN, Cultura y Deporte de Calkiní. **Becal**. Disponível em: <<http://educacionculturaydeporte.calkini.gob.mx/coordinaciones/turismo/becal/>>. Acesso em: 6 dez. 2023.

ENERGÍA SOLAR. **Ubicación, orientación e inclinación de los paneles solares**. Disponível em: <<https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/panel-fotovoltaico/ubicacion-de-los-paneles-solares>>. Acesso em: 22 abr. 2025.

GOBIERNO DE MÉXICO. **Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas**. [S.I.: S.n.J. Disponível em: <www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/512096/NOM-001-SEDE-2012.pdf>. Acesso em: 27 maio. 2025.

HONSBERG, Christiana.; BOWDEN, Stuart. **Modules and Arrays**. Disponível em: <<https://www.pveducation.org/pvcdrrom/modules-and-arrays/introduction>>. Acesso em: 7 jan. 2025.

METEOROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA DE NAVARRA. **Energía solar**. Disponível em: <[http://meteo.navarra.es/energiasrenovables/energiasolar.cfm#:~:text=La%20energ%C3%ADa%20solar%20es%20la,fotones\)%2C%20y%20de%20radiaci%C3%B3n](http://meteo.navarra.es/energiasrenovables/energiasolar.cfm#:~:text=La%20energ%C3%ADa%20solar%20es%20la,fotones)%2C%20y%20de%20radiaci%C3%B3n)>. Acesso em: 7 out. 2024.

WIKIPEDIA. **Calkiní**. Disponível em: <<https://es.wikipedia.org/wiki/Calkiní>>. Acesso em: 7 mar. 2025.