

# SISTEMAS FOTOVOLTAICOS APLICADOS AL CULTIVO DE PITAHAYA

DISEÑO ENERGÉTICO PARA LA PLANTACIÓN  
EL GRANJERO, ECUADOR



**EDITORIAL MMS PUBLICACIÓN SEMESTRAL DEL GRUPO EUP  
JUAN MONTALVO.**

**DIRECTOR:** *Ramiro Enrique Guaman Chavez*

**EDITOR:** *Ing. Yadira Natalia Vergara Cuadros*

**COORDINADORA EDITORIAL:** *Peñañiel Villarreal Ruth Esther*

**COMITÉ EDITORIAL:**

- *Máximo Damián Valdera.*
- *Iván Fernández-Suárez.*
- *Mejía Calderón Aníbal Gilberto.*
- *Cedeño Alcívar Lenin Landívar.*
- *Guerra Herrera Kleber Santos.*
- *Maldonado Cañizares Paola Robertina.*
- *Sandoval Sandoval Edwin Marcelo*

**ASISTENTES:** *Edwin Adrián Delgado Anchundia*

**ISSN:** 978-9942-7479-1-4

**Número 1:** *noviembre 2025*

**Volumen: 1** *noviembre 2025*

**Editorial Digital:** © EUP Juan Montalvo

**Primera Edición:** 2025

**Teléfonos:** (5932) 0994735813

**Correo electrónico:** [mmseditorial@gmail.com](mailto:mmseditorial@gmail.com)

ISBN: 978-9942-7479-1-4



*Los libros y capítulos de este número son de responsabilidad exclusiva de sus autores y no expresan una postura institucional. Está permitida la reproducción total o parcial de cualquier artículo con la condición de que se cite la fuente.*  
Cámara Ecuatoriana del Libro con registro editorial No 185664

**SISTEMAS FOTOVOLTAICOS APLICADOS AL CULTIVO DE PITAHAYA: DISEÑO ENERGÉTICO PARA LA PLANTACIÓN EL GRANJERO, ECUADOR**

**José Ricardo Moreno Cevallos**

Universidad Técnica Luis Vargas Torres  
jose.moreno@utelvt.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0003-0040-8711>  
Esmeraldas-Ecuador

**Jury Alfredo Ramírez Toro**

Universidad Técnica Luis Vargas Torres  
jury.ramirez@utelvt.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0002-8420-9463>  
Esmeraldas – Ecuador

**Carla Patricia Bernal Villavicencio**

Universidad Técnica Luis Vargas Torres  
carla.bernal@utelvt.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0002-1510-2996>  
Esmeraldas – Ecuador

**María Indelira Márquez Alcívar**

Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas  
maria.marquez.alcivar@utelvt.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0002-6564-438X>  
Esmeraldas – Ecuador

**Marco Vinicio Navarrete Villavicencio**

Universidad Técnica Luis Vargas Torres  
marco.navarrete@utelvt.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0002-0520-6089>  
Esmeraldas - Ecuador

## INDICE

RESUMEN.....	5
ABSTRACT .....	6
INTRODUCCIÓN .....	7
<b>DESARROLLO</b> .....	8
Ubicación y contextualización de la problemática. ....	8
Situación actual del problema.....	9
Problema de investigación. ....	13
Variables climáticas del Cantón del Carmen.....	27
Condiciones óptimas para el cultivo de la pitahaya.....	30
Sistemas Fotovoltaicos.....	32
Fundamentación Legal .....	35
Resultados obtenidos .....	41
Estimación y caracterización de la demanda de energía eléctrica.....	53
Cálculo de la demanda de energía eléctrica diaria media.....	53
Cálculo del subsistema de generación.....	56
Cálculo del subsistema de almacenamiento .....	59
Cálculo del subsistema de regulación. ....	62
<b>DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b> .....	67
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	69

## RESUMEN

La tendencia en la actualidad para el sector eléctrico es la producción de energía eléctrica a partir de fuentes limpias y renovables como la energía fotovoltaica, la energía eólica, entre otras, las que, a diferencia de las no renovables, tienen un impacto mínimo sobre el ambiente. La energía fotovoltaica se muestra como una solución energética, ambiental y económica para la plantación de pitahaya en la Plantación El Granjerito en la provincia de Manabí debido a que esta requiere energía eléctrica en forma de iluminación en las noches para aumentar la producción. Para ello, se propuso diseñar un sistema fotovoltaico para complementar las necesidades energéticas requeridas del cultivo de la pitahaya (*Hylocereus monacanthus*). El estudio se enmarca en una investigación aplicada, debido que tiene por objetivo resolver un determinado problema o planteamiento específico, enfocándose en la búsqueda y consolidación del conocimiento para su aplicación y, por ende, para el enriquecimiento del desarrollo cultural y científico. En síntesis, el uso de la tecnología fotovoltaica en los cultivos de pitahaya permitirá una generación autónoma de energía, con una disminución de los costos en cuanto al consumo de eléctrico pese a que se debe realizar una inversión inicial para el montaje de generación fotovoltaica la que será pagada a lo largo del tiempo; además permitirá un suministro eléctrico con calidad, continuidad y seguridad.

**Palabras clave:** Energía renovable, pitahaya, paneles fotovoltaicos.

## **ABSTRACT**

The current trend in the electricity sector is the production of electricity from clean and renewable sources such as photovoltaic energy, wind energy, among others, which, unlike non-renewable sources, have a minimal impact on the environment. Photovoltaic energy is shown as an energetic, environmental and economic solution for the pitahaya plantation in El Granjerito Plantation in the province of Manabí because it requires electrical energy in the form of lighting at night to increase production. For this purpose, it was proposed to design a photovoltaic system to complement the energy needs of the pitahaya (*Hylocereus monacanthus*) crop. The study is framed in an applied research, since its objective is to solve a certain problem or specific approach, focusing on the search and consolidation of knowledge for its application and, therefore, for the enrichment of cultural and scientific development. In summary, the use of photovoltaic technology in pitahaya crops will allow an autonomous generation of energy, with a decrease in costs in terms of electricity consumption, despite the fact that an initial investment must be made for the installation of photovoltaic generation, which will be paid over time; it will also allow an electricity supply with quality, continuity and safety.

Keywords: Renewable energy, pitahaya, photovoltaic panels.

## INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica es un recurso indispensable para el desarrollo del Ecuador, por lo que es necesario asegurar la continuidad del suministro de la misma, para lo cual se requiere modernizar y diversificar los procesos de su producción, sin perder de vista la preservación del ambiente. La tendencia en la actualidad para el sector eléctrico es la producción de energía eléctrica a partir de fuentes limpias y renovables, tales como la energía fotovoltaica, la energía eólica, entre otras, las que, a diferencia de las no renovables, tienen un impacto mínimo sobre el ambiente.

Es oportuno señalar que según el CONELEC en su “Atlas Solar del Ecuador con Fines de Generación Eléctrica” en nuestro país existe un valor medio aproximado de la radiación solar global de 4200kWh/año, lo que es útil para el desarrollo de energías fotovoltaicas, que permitiría cumplir con parte de la demanda de energía eléctrica del país, garantizar el acceso a una energía asequible y sostenible para todos acorde a uno de los lineamientos de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas para el desarrollo sostenible. En este contexto, se requiere de una planificación futura del sector energético del país y la toma de decisiones acertadas de política e inversiones para alcanzar los mayores beneficios para el país y sus ciudadanos, proteger el ambiente, y a promover oportunidades para el desarrollo sostenible.

La energía fotovoltaica se muestra como una solución energética, ambiental y económica para la plantación de pitahaya en la plantación El Granjerito en la provincia de Manabí debido a que esta requiere energía eléctrica en forma de iluminación en las noches para aumentar la producción.

## DESARROLLO

### Ubicación y contextualización de la problemática.

La investigación se circunscribe en el cantón El Carmen, de la provincia de Manabí - Ecuador; el cual está ubicado al centro-norte de la región litoral del Ecuador, en una extensa llanura, atravesada por el Río Suma, a una altitud de 236 msnm y con un clima lluvioso tropical de 23°C en promedio. El cantón El Carmen se encuentra ubicado al noroeste de la provincia de Manabí, limita al norte con la provincia de Esmeraldas, al este con la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, al sur con la provincia del Guayas, y al oeste con los cantones manabitas de Chone y Flavio Alfaro. El cantón está conformado por dos parroquias urbanas y las rurales de Wilfrido Loor Moreira, San Pedro de Suma, El Paraíso - La 14 y Santa María.

#### Figura 1

*Mapa base de la provincia de Manabí*



Fuente: Censo de Población y VI de Vivienda, INEC (2010)

La incorporación de tecnologías a los procesos agropecuarios se ha evidenciado en esta última década donde el Ecuador ha transitado por un proceso de cambio político y social, fundamentado en el marco legal vigente, enmarcado en la constitución y el Plan Nacional de Desarrollo en lo referente a “Generación de Energía Eléctrica a partir de Fuentes Renovables”.

### **Situación actual del problema.**

En los últimos años, el estudio de las energías renovables ha cobrado gran importancia a nivel mundial. Esto, debido al agotamiento de las fuentes tradicionales de energía o combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón), lo cual ha obligado a los países a buscar soluciones alternativas para suplirse de energía, aprovechando los recursos inagotables con los que cuentan y que son, principalmente, el sol y el viento.

En este sentido, López y López (2019), señalan que los gobiernos internacionales han concentrado sus esfuerzos en el desarrollo y aplicación de tecnologías limpias para la generación de energías, que contribuyan con el medio ambiente y con la crisis energética mundial. Señalando además el mismo autor que, dada la situación energética actual, la investigación, desarrollo e innovación en energías alternativas cobra mayor importancia y valor, pues ayuda a generar y adaptar el conocimiento científico y tecnológico necesario para aprovechar el potencial energético de los recursos naturales como fuentes

alternativas de abastecimiento, contribuyendo así con el bienestar social.

Sumado a lo anterior, los países de América Latina poseen un amplio e inexplorado potencial de energía renovable. Así mismo, varios países de la región han desarrollado mercados de electricidad sólidos, lo que atrae a los desarrolladores de proyectos de energía renovable y los inversores que buscan diversificación e inversiones no contaminantes. En tal sentido, países como Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, México y Uruguay han incrementado considerablemente su capacidad en materia de energía renovable en los últimos años, por ejemplo, en el 2019, la capacidad total de la región aumentó en unos 12 gigavatios (GW) y el reciente informe de la Agencia Internacional de las Energías Renovables (IRENA) sobre el “Futuro de la energía solar fotovoltaica” resalta que la capacidad de energía solar de la región podría multiplicarse 40 veces para el año 2050, llegando a más de 280 gigavatios (GW).

Esto, si se cuenta con una gran dotación de recursos y con políticas sólidas de apoyo. Así mismo, la Agencia Internacional de Energías Renovables IRENA establece que la geotermia, la energía eólica y la bioenergía desempeñan un papel de gran significancia en el mix de energías de bajas emisiones de carbono de la región. (Organización Latinoamericana de Energía [OLADE], 2020).

En el caso de Ecuador, el uso de energías renovables también se ha convertido en un objetivo de gran relevancia, debido a los beneficios que ofrece tanto a las personas como al ambiente. Por tanto, Ecuador ratificó su compromiso con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y declaró la Agenda 2030 como política pública del Gobierno Nacional. La Asamblea Nacional, por su parte, adoptó una resolución en la que se compromete con la implementación de los ODS y los coloca como un referente obligatorio para su trabajo.

A nivel local, varios gobiernos autónomos descentralizados han articulado su planificación para el cumplimiento de la agenda global. También el sector privado, la sociedad civil y la academia se han sumado a este compromiso nacional, bajo la premisa de caminar juntos hacia objetivos comunes para asegurar la igualdad de oportunidades y una vida digna para todas las personas (Naciones Unidas en Ecuador, 2022).

Sin lugar a duda, la contaminación del medioambiente es el principal motivo por el cual, se inicia la búsqueda de mecanismos o tecnologías para la producción de energía eléctrica de una forma no agresiva para el medioambiente esto se debe a que cada planta generadora de electricidad tiene un efecto distinto sobre el medio ambiente.

Por ejemplo, el consumo de recursos naturales, la destrucción del ecosistema para la explotación de yacimientos

implica la erosión del suelo, la pérdida de vegetación y biodiversidad y la contaminación de las aguas y los suelos (Figueredo y Fidel, 2022).

Aunado a ello se observa, cómo la quema de combustibles fósiles genera emisiones de gases de efecto invernadero ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ), óxidos de azufre, nitrógeno y partículas que, junto con vertidos de distinta composición, alterando de forma negativa el entorno. A esto habría que sumarle el daño provocado por el uso del agua dedicado a la refrigeración de las termoeléctricas, la cual se devuelve al medio con una temperatura superior a la que se encuentra de forma natural, produciendo un aumento de la temperatura y efectos considerables sobre la flora y fauna acuática. Además, la generación de residuos como por ejemplo las cenizas producidas en plantas de combustión. No obstante, son de especial importancia los residuos radiactivos procedentes de centrales nucleares, por su peligrosidad, capacidad de contaminación y de difícil tratamiento.

Cabe destacar, que el sector agrícola, ganadero, silvicultor y pesquero contribuyen al empleo en el Ecuador en un 29,4% según cifras del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2019) hasta el mes de diciembre de 2019. Así mismo, esta institución afirmó, que la superficie de labor agropecuaria en el año 2020, fue de 5.2 millones de hectáreas; estos señalamientos presentan la realidad en relación al aporte a este sector, si se

incorpora condiciones que potencien la producción en diferentes rubros, y entre ellos la producción de Pitahaya en la Provincia de Santo Domingo, donde la incorporación y puesta en marcha de energía proveniente de paneles para la generación de energía fotovoltaica como mecanismo de eficiencia energética, resulta ser una alternativa que dinamice los cultivos y medios de producción de la región con una proyección del 60% en relación al que se maneja actualmente.

### **Problema de investigación.**

Como la energía eléctrica es un recurso necesario para el desarrollo de la industria a nivel mundial, es indispensable sostener una continuidad en el suministro, prevaleciendo actualmente la producción de energía no contaminante orientada a mejorar el impacto ambiental ocasionado por el uso desmedido de fuentes energéticas no renovables y balanceado con los procesos de producción usual de cada industria. Sin embargo, el uso y producción de energía renovable no supera el 20% en el consumo a nivel mundial Gasparatos et al., (2017), y considerando que es un recurso indispensable en los sistemas industriales, entre ellos el sector agrícola, los productores deben adoptar prácticas que conserven más energía y sean ecológicamente sanas y sostenibles (Pimentel y Pimentes, 2001).

Mientras tanto, la demanda de energía se incrementa progresivamente a causa del aumento de la población que afecta proporcionalmente el incremento industrial, por este motivo se promueven políticas económicas, ambientales y sociales orientadas a

la búsqueda de nuevas formas de suplir las necesidades energéticas (Kannan y Vakeesan, 2016).

Es oportuno señalar que en el Ecuador la oferta y consumo de energía se mantiene en continua variación y es correspondiente al incremento demográfico. Sin embargo, la nación ha implementado sistemas generadores de potencia energética libre de contaminación, e incluso, los cambios en el tipo de energía, se han adaptados a las innovaciones tecnológicas, a la eficiencia energética, cambios en su estructura y a la progresión en la conciencia ciudadana sobre los impactos económicos y ambientales del uso de la energía (BEN [Balance Energético Nacional], 2020). Pero, con un bajo porcentaje de producción energética alternativa en comparación con la demanda nacional, contrarrestándose en la siguiente figura.

**Tabla 1**

*Resumen Energético Nacional 2010, 2019 y 2020.*

<b>Energía Primaria</b>			<b>Unidades</b>	<b>2010</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
Producción	total	de	kBEP	195.559	223.368	203.551
energía						
Producción	Total	de	kBEP	177.713	194.107	175.714
Petróleo			kBBL/año	177.447	193.816	175.451
			kBBL/día	486	531	481
Exportación	Total	de	kBEP	122.811	137.253	126.632
Petróleo			kBBL/año	122.627	137.048	126.442
			kBBL/día	336	375	346
Producción	Total	de	kBEP	9.063	9.737	8.668
Líquidos y Gas Natural			MPC	53.517	57.495	51.185
			kBEP	5.351	15.282	15.077

Producción de Hidroenergía	GWh	8.636	24.664	24.333
Producción de Leña	kBEP	2.234	1.689	1.629
	kt	861	651	628
Producción de Productos de Caña	kBEP	1.196	2.328	2.231
	kt	912	2.063	1.847
Producción de Otras Energías Renovables	kBEP	2	226	231
Cargas Total a Centros de Transformación	kBEP	80.974	87.188	75.251
Carga a Refinería	kBEP	54.504	56.100	46.133
	kBBL	54.422	56.016	46.064

Nota: Otras energías renovables incluye jet fuel, fuel oil, gases de refinería, etanol, biogás, no energéticos, eólica, fotovoltaica y otros productos de petróleo y gas. (BEN, 2020).

Por lo que, las fuentes de energía primaria que se encuentran dentro de la matriz energética de Ecuador son: petróleo (88%); gas natural (5%); hidráulica (4%); productos de caña (2%); leña (1%) y otras primarias (0,03%), desaprovechando uno de los recursos naturales proveniente del de la radiación solar con un valor medio aproximado de 4200kWh/año, lo que es útil en el desarrollo de energías fotovoltaicas, para cumplir con parte de la demanda de energía eléctrica del país. La energía solar se enfrenta actualmente con diversos retos tecnológicos y de precios, afrontando competitividad al introducir en el mercado una fuente energética con un precio del kWh relativamente alto comparado con los costos de la producción de energía convencional, sin tener en cuenta las externalidades

energéticas, aunque es una inversión enfocada a reducir el impacto ambiental contaminante y sustentable a plazos futuros.

Además, el Ecuador se encuentra en un proceso de transformación con un modelo de matriz productiva enfocado en los recursos naturales renovables que privilegie la producción ecoeficiente y con mayor valor agregado en todos los sectores de producción económica, incluyendo el agroindustrial, el cual ha mantenido relevancia para la economía nacional contribuyendo con la oferta de productos de exportación (80%) y consumo interno (60%).

Existiendo una estructura agraria dividida entre la agricultura empresarial y pequeños productores en localidades dedicadas a cultivar especies zonificadas aunque con sistemas agropecuarios convencionales y expuestos a los cambios climáticos emergentes. Siendo el Cantón del Carmen un área con parámetros ambientales para la producción de pitahaya, sin embargo, al caracterizarse por un clima tropical, presenta un déficit hídrico comprendido entre 600 a 800 mm distribuido entre seis a nueve meses de diciembre a mayo, con una estación seca y temperaturas medio elevadas superando los 26°C que denotan lapsos de sequía marcados por la radiación (GAD El Carmen [Gobierno Autónomo Descentralizado], 2019).

Variables que influyen en el proceso de fotosíntesis por flujos de fotones cambiantes durante el año, alterando la cantidad de follaje de los árboles, situación que puede mejorarse por medio de sombras artificiales. Aunado, que éste tipo de cetáceas, presentan un metabolismo que necesitan días más largos para enraizar, crear la hormona de la floración y crecer mejor dependientes de periodos

lumínicos de 14 horas aproximadamente (Graham y Andrade, 2004). Mientras que el día más largo del cantón tiene una duración estimada de once horas de radiaciones solares incidentes, por lo que se emplea como estrategia en el cultivo focos incandescentes de 100W, separados aproximadamente a 1.5 metros de cada planta, generando un incremento de consumo energético eléctrico elevado al productor, de lo contrario se deben adaptar al crecimiento natural de la planta bajo los parámetros ambientales del cantón, afectando la producción efectiva del cultivo.

Por tanto y sumado al marco jurídico nacional en la Constitución Nacional del 2008, la Ley de soberanía Alimentaria y la Ley de desarrollo Agrario, donde prevalecen las energías alternativas como fuente de generación energética con tecnologías orientadas a la eficiencia energética, las plantaciones de pitahaya (dependiente de energía lumínica para su crecimiento), pueden aumentar su producción empleando sistemas fotovoltaicos. E incluso, la sombra proporcionada por los paneles solares aliviaría a la planta de las altas radiaciones solares, además su cobertura también limita la evaporación del agua, con lo que se reducen las necesidades hídricas de la tierra, trayendo como beneficio que la evaporación procedente de los cultivos se transmite a las placas y ayuda a mantenerlas refrigeradas, contribuyendo a la reducción de la temperatura del suelo y el rendimiento lumínico necesario para la producción efectiva de pitahaya protegiendo el cultivo del calor excesivo, favoreciendo la menor necesidad hídrica gracias a la sombra proporcionada por los

módulos y superando periodos de sequía prolongados (Ortiz, et al., 2014).

Dadas las consideraciones anteriores, la investigación se propone considerando como pregunta central: ¿Qué tipo de Sistema Fotovoltaico debe diseñarse para que influya en el mejor aprovechamiento en el cultivo de la pitahaya (*Hylocereus monacanthus*) en la plantación El Granjerito?

El beneficio económico que hay entre los proyectos fotovoltaicos y actividades agrícolas desde que se realizó la primera experiencia ha sido visto con buenos ojos desde la academia, industria agrícola y la industria de desarrollo de producción de energía a través de proyectos sustentables con el medio ambiente. La agricultura en muchos países, por la escasez de tierras disponibles tiene un desarrollo limitado, de allí la necesidad de combinar estas dos actividades: producción de energía renovable fotovoltaica y actividades agrícolas.

Si bien es cierto, a pesar de existir en muchos casos, la disponibilidad de las tierras para este tipo de investigaciones, se evidencia desde los diferentes proyectos que reposan en el Ministerio de Agricultura y Ganadería que no se les da la importancia que merecen debido a que se priorizan los proyectos agrícolas y los de ganadería, en este sentido, surge entonces la necesidad de plantear proyectos que generen un aporte eficiente a la tierra donde no sólo esta sea utilizada sino realmente valorada y a su vez recuperada sin llevarla al máximo de su potencial hasta acabar con su tiempo de fertilidad y aprovechamiento; debido a que esta se considera en la actualidad un

recurso limitado sino se le brinda las condiciones necesarias para su recuperación.

La generación de energía eléctrica a través de métodos no convencionales como lo es la producción de energía fotovoltaica, aprovechando la luz del sol, la cual es ilimitada y abundante, conjugan en una nueva disciplina: energía agro voltaica que permite tener un nexo eficiente entre estas dos actividades permitiendo la explotación energética y la agropecuaria al mismo tiempo.

La generación de este tipo de proyectos en suelos agrícolas especialmente en áreas rurales permitirá un desarrollo a comunidades que se encuentran desatendidas. Una de las ventajas de esta técnica, es que permite alquilar las tierras para el desarrollo de estos proyectos sin privar a las comunidades del desarrollo de sus actividades agrícolas, este tipo de proyecto a pesar de no ser una actividad económica desarrollada en nuestro país se presenta como una oportunidad de negocio que podría plantearse en cualquier parte de nuestro territorio.

Cabe destacar, que esta disciplina ofrece la posibilidad de mantener los cultivos de la zona, incluso de recuperar especies, asimismo permite la adaptación de los cultivos a las consecuencias que derivan del cambio climático que desde hace algunos años viene ocasionando cuantiosas pérdidas en el sector agrícola. Hay muchos cultivos que por el cambio de condiciones han dejado de ser viables en determinadas latitudes. Esto obliga a deslocalizarlas y, como consecuencia, deslocalizar las industrias afines a estos cultivos.

En este sentido, la investigación pretende el diseño de un sistema fotovoltaico en la plantación EL GRANJERIDO ubicada en la provincia de Manabí, caracterizando las condiciones climáticas de este sector, para ser consideradas durante la ejecución del proyecto, en cuanto a variables como días lluviosos, nublados, altas temperaturas, tormentas eléctricas, aumentando así las condiciones que beneficien al cultivo de pitahaya (*hylocereus monacanthus*) con un aporte significativo, a través de la generación de energía fotovoltaica, en las instalaciones estratégicas de esta plantación para el cultivo y producción de esta especie, agregando a su vez, valor al minimizar los costos por pagos por consumo eléctrico.

En su investigación Zuñiga (2018), Diseña un sistema fotovoltaico para una cámara fría para almacenamiento de pitahaya para el Centro Agrícola Cantonal del Tena, ubicada en la provincia de Napo, Ecuador. El objetivo central es Dimensionar un Sistema fotovoltaico que alimente una cámara de refrigeración para el almacenamiento de pitahaya para el Centro Agrícola Cantonal del Tena, por lo que el proyecto se sustentó en una investigación aplicada, por considerarse como estrategia de solución para el problema planteado el uso de un dispositivo adaptado a la realidad del sector y al fin específico de investigación. Este estudio, también se acompaña de la modalidad investigativa bibliográfica-documental, fusionado con un diseño de campo para obtener respuestas directas de la efectividad del sistema refrigeración usual para almacenamiento

de pitahaya del Centro Agrícola y la afectación significativa que produciría el empleo de módulos fotovoltaicos en la reducción de consumo eléctrico, para ello se recopiló información mediante la observación y análisis del proceso de cosecha, almacenamiento y refrigeración de la pitahaya. Además, de recaudar datos e información inherente al dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos, extraída de documentos publicados por instituciones afines a esta actividad, priorizando la información relevante en tabulaciones sobre los requerimientos técnicos para la cámara frigorífica alimentada con paneles solares, estudiar las características de la pitahaya y la temperatura para su almacenamiento, definir los parámetros de irrigación solar en el área seleccionada para la implementación de la cámara, definir la potencia requerida en función del tamaño y temperatura de operación de la cámara frigorífica, dimensionar los paneles solares, inversor y batería para la cámara de refrigeración y así elaborar la presentación de resultados que permitió evidenciar que la potencia frigorífica con dimensiones de 2.83m de largo por 3.7m de ancho por 2m de altura, debe mantener una temperatura de 8°C para la conservación de 3500kg semanales de pitahaya producida por el Centro Agrícola, para ello el sistema constó de 16 paneles solares agrupados en 2 ramas de 8 paneles en serie cada rama para entregar una intensidad adecuada al inversor, el sistema acumulador está formado por 16 baterías agrupados en dos ramas de 8 baterías en serie, por lo que, la implementación

de un sistema fotovoltaico aislado a pesar de su elevada inversión inicial frente a otros sistemas de alimentación resulta rentable al permitir que el Centro Agrícola Cantonal ingrese a mercados internacionales con un producto innovador, ecológico y de calidad ya que la cámara de refrigeración permite mantener las propiedades del producto por dos semanas más, asegurando la calidad del mismo, demostrando que el desarrollo económico sustentable es posible.

Investigación relevante que permite evidenciar que los sectores productivos ecuatorianos pueden en periodos de plazos medianos reducir consumos y descensos de costos mediante tecnología fotovoltaica aumentando producción o mantenimiento de cosechas con refrigeración adecuada destinada a la exportación de frutos nacionales que contribuyen con el desarrollo sostenible de la economía nacional.

Otra investigación relevante es la efectuada por Rojo (2021), quien realizó un *Análisis técnico-económico de plantas con paneles bifaciales: Agro fotovoltaica frente a modelo convencional en Alcalá de Guadaira (Sevilla)*. Indicando, que el descenso de precios y la facilidad de adaptación de procesos de fabricación de paneles bifaciales está produciendo una rápida expansión de la tecnología fotovoltaica en el sector energético agroindustrial. Además, los cada vez más exigentes objetivos de lucha contra el cambio climático favorecen el crecimiento de la potencia instalada fotovoltaicas. Los incrementos en producción

que suponen tanto la tecnología bifacial como las estructuras con seguimiento los convierten en la norma a la hora de diseñar proyectos, especialmente los de mayor escala. Esta rápida expansión provoca que comiencen a escasear los terrenos idóneos o mejor cualificados para la construcción de proyectos fotovoltaicos. Para estos proyectos se buscan terrenos con buenas condiciones climatológicas e irradiación a lo largo del año, así como pendientes y rugosidades bajas para minimizar los gastos en obra civil. Por lo que, el objetivo de la investigación fue analizar y evaluar el estado del arte de la tecnología fotovoltaica bifacial y a su vez, investigar las distintas innovaciones y modelos aplicables a las plantas fotovoltaicas (en especial los modelos agro fotovoltaicos). De esta forma, se espera averiguar la viabilidad energética y económica de dichos planteamientos tras la realización de un diseño que se adapte al terreno escogido. Apoyada en la metodología de investigación aplicada bajo un diseño documental, de tal forma identificar las posibles opciones o modelos agro fotovoltaicos y cuáles son los más rentables. Además, poder identificar que cultivos son los más adecuados y que beneficios y rendimiento pueden ser obtenidos a través de la tecnología fotovoltaica. Concluyendo que, aunque el modelo convencional genera más rentabilidad y valor que el agro fotovoltaico, en el planteamiento agro fotovoltaico el rendimiento o beneficio que se saca por hectárea de terreno si se tiene en cuenta la actividad agrícola, es igual o mayor que el caso

convencional, pero con la escasez prevista de terrenos adecuados para la construcción de proyectos fotovoltaicos, modelos como el agro fotovoltaico serán cada vez más comunes, y si a esa escasez de terrenos se le suman políticas de conservación de suelos y preservación del medio natural, planteamientos como el agro fotovoltaico serán no solo más comunes, sino que es posible que sean una imposición o requisito.

Información relevante que permite considerar la tecnología agro fotovoltaica como sistema innovador para la producción de alimentos, sin embargo en estructuras ya edificadas adaptadas a un modelo convencional puede que obstaculice una producción efectiva de cultivos, por lo que se recomienda evaluar previamente los diseños, ubicación, suelos para facilitar la actividad agraria y comparar la factibilidad de instalación o diseñar plantaciones nuevas.

Ccarita (2020), elaboró una Instalación y evaluación de un invernadero solar semi abierto en el poblado menor de Santa Bárbara - Canchis – Cusco, Perú; que se encuentra ubicado a una altitud aproximada de 4 500 msnm., cuyas coordenadas geográficas son, latitud -14,136540 y longitud -71, 203182, con clima templado húmedo, durante los meses de noviembre a marzo, con temperaturas que varían entre 6 y 27 °C y frígido durante los meses de abril a octubre, la temperatura varía entre -12 °C a 28 °C. La velocidad del viento es de 3, 20 m/s. En este lugar alto andino las precipitaciones pluviales están

aproximadamente entre 665 mm. La humedad relativa de 60%, que varía según las estaciones del año. Estableciendo como objetivo general Instalar un invernadero solar semiabierto de 2,50 x 4,50 m<sup>2</sup> para producir hortalizas y verduras ecológicas bajo climas adversos (alta incidencia de la radiación solar, temperaturas muy bajas y temperaturas muy altas, vientos fuertes, nevada, granizo, sequia, humedad relativa baja, etc.) en el fundo Morayaje del sector Ccusilluncha del Poblado Menor de Santa Bárbara, sin embargo, bajo cubierta fotovoltaica, se logró cultivar y producir hortalizas y verduras durante todo el año.

Según estudios realizados por Lamigueiro (2012), sobre un sistema fotovoltaico señala que este es considerado como el conjunto de equipos eléctricos y electrónicos que producen energía eléctrica a partir de la radiación solar. Donde a su vez Marín (2004) manifiesta que el efecto fotovoltaico funciona, cuando la luz solar transporta energía en forma de un flujo de fotones, estos cuando inciden en determinado tipo de materiales bajo ciertas condiciones, provocan una corriente eléctrica.

Cabe resaltar que estas investigaciones señalan que, a finales de 2017 había instalados 402 GW de energía fotovoltaica alrededor del mundo. De los cuales, 131 GW corresponde a China, 51 GW están en EE. UU., 49 GW en Japón, 42 GW en Alemania, 20 GW en Italia y 5,6 GW en España (Moretón et al. 2018).

En América, el mercado aumentó ligeramente en 2019, principalmente a través del mercado estadounidense que

experimentó un crecimiento acelerado (13,3 GW), Brasil es el segundo mercado con alrededor de 2,0 GW instalado, seguido de México que instaló alrededor de 1,0 GW, Chile instaló 700 MW, un crecimiento relativamente estable y Argentina instaló alrededor de 500 MW, un nivel récord. América representó alrededor del 16% del mercado fotovoltaico mundial en 2019 (Agencia Internacional de la Energía, IEA, 2020).

En varios países, la contribución fotovoltaica a la demanda de electricidad ha superado la marca del 5% con Honduras en primer lugar con casi 15% (Agencia Internacional de la Energía, IEA, 2020).

Por su parte, Fajardo (2021) elaboró un proyecto titulado la energía fotovoltaica en el riego agrícola: Revisión de literatura, cuyo objetivo se centró en establecer el beneficio de la energía fotovoltaica en el riego, la viabilidad de su uso, las diferentes configuraciones posibles de los sistemas de bombeo fotovoltaicos y determinar la mejor opción para su implementación.

Para ello utilizo una metodología a través de la recopilación de información sobre los usos de la energía fotovoltaica en el riego a partir de una revisión de literatura. Concluyendo entre otros aspectos que los sistemas de energía fotovoltaica han llamado la atención debido a sus características amigables con el ambiente, larga vida útil, bajos costos de operación y mantenimiento requerido para su operación. La inclusión de la energía

fotovoltaica en el riego y agricultura permitirá una producción adaptada a las nuevas demandas medioambientales.

### **Variables climáticas del Cantón del Carmen.**

Los suelos del cantón se consideran ácidos, sólo el 26,21% son ideales para la mayoría de los cultivos debido a que cuentan con un buen balance de bases permitiendo una buena asimilación de nutrientes y mayor población de microorganismos beneficios permitiendo mejorar el comportamiento de las plantas para una mejor producción y rendimiento de los cultivos. El 14,95 % de la superficie del cantón presenta suelos moderadamente profundos (50 – 100 cm), ubicados al Oeste y Suroeste del cantón, es por ello que hay que tomar en cuenta que en estos suelos solo se puede recomendar la siembra de cultivos de producción comercial de especies, tales como los cítricos (GAD El Carmen, 2019).

Un 74,39 % de suelos con un drenaje bueno, lo que permite que no exista un lavado de suelos con la consecuente pérdida de nutrientes que deriva en suelos ácidos, pocos fértiles o fertilidad media. Estos suelos se encuentran en casi todo el territorio cantonal. Mientras que el 88,31 % tienen un nivel medio de materia orgánica en el suelo, que proviene de suelos que son pastizales y cuando estos sistemas son cultivados, se produce una rápida caída de la materia orgánica, seguida por la declinación más lenta hasta un nuevo estado estable (GAD El Carmen, 2019).

Según el MAGAP (2000), menciona que 37,41% de los suelos del cantón El Carmen son aptos para la agricultura pero con limitaciones importantes (pendientes), donde la mecanización es especializada y el riego es difícil a imposible, quedando estos suelos para cultivos con restricciones, bosques y pastizales, localizando estos suelos al oriente del cantón, seguido por una agricultura pero con limitaciones ligeras, donde la mecanización es especializada y el riego es difícil a imposible, sugiriendo su uso para cultivos que se adapten a este tipo de características del suelo.

Con respecto a la producción agrícola el uso de suelo está dividido en tres tipos de cultivos que son: Anuales, permanentes y semipermanentes, que sumado los tres cultivos forman parte del área agrícola que en el año 2000 abarcaba el 1,56 % la superficie cantonal y en el año 2008 esta área aumentó en un 13,29 %, registrándose un incremento en los ocho años del 752,03%, este incremento se debe a que el cantón El Carmen se potencializa como una ciudad agrícola con futuro para procesar, industrializar y comercializar sus productos, lo que la convierte en uno de los cantones de Manabí con mayor potencial para desarrollar y aportar significativamente a la Matriz Productiva del país (GAD El Carmen, 2019).

En cuanto al clima, el cantón El Carmen se encuentra en las estribaciones de la cordillera occidental de los Andes, al noroccidente de la provincia de Manabí, a ese nivel comienza a

definirse la región costanera, la zona es de clima cálido húmedo, con estaciones marcadas secas y lluviosas siendo la época lluviosa desde enero hasta mayo, la época seca desde junio hasta diciembre, de acuerdo a datos del INAMHI entre los años 2000 y 2005 la velocidad mayor de los vientos observada promedio fue 0.3 m/s , su área de influencia que predominan fue este a oeste. Con respecto a las precipitaciones cuenta con cinco zonas (Isoyetas) bien definidas de precipitación, los cuales se clasifican entre 3000 – 4000 mm/ anuales que se ubica al noreste del cantón con una superficie global de 3,61 %; 2500 – 3000 mm/ anuales, se encuentra en el centro norte y centro este del cantón ocupando el 32,26 % de la superficie; 2000 – 2500 mm/ anuales, ubicándose en la zona sureste, ocupando el 28,13 % de su superficie; 1700 – 2000 mm/ anuales, que ocurre al suroeste del cantón con una representatividad del 13,02 %; y 1500 – 1750 mm/ anuales, que se ubica al suroeste del cantón con un 22,98 % de representatividad en su superficie (GAD El Carmen, 2019).

En lo relacionado con la temperatura, el promedio es de 25.6 °C, la cual se encuentra distribuida en tres rangos de 22 – 23°C, encontrándose en un 1,91% de superficie al oeste del cantón; de 23- 24°C, abarcando una superficie del 41,54 % en el este y oeste; y 24 – 25°C, se ubica al Norte y Sur del cantón, ocupando el 56,55 % de su superficie. Mientras que la sequía a pesar de contar con precipitaciones altas (más de 1200 mm/año),

éstas no están bien distribuidas y se concentran en pocos meses (7 meses), provocando la lixiviación de los nutrientes y saturación de agua en los suelos y deslizamiento del mismo, situación que hace disminuir el crecimiento y producción de los vegetales y animales en todo el cantón, con un nivel de ocurrencia alta (GAD El Carmen, 2019).

### **Condiciones óptimas para el cultivo de la pitahaya**

La *hylocereus undatus* (pitahaya) crecen en bosques tropicales condicionados por periodos secos acentuados, por consiguiente, la cantidad de follaje de los árboles tutores en que habita el fruto exótico presenta diferencias estacionales como consecuencia de recibir flujos de fotones variados como energía en el proceso de fotosíntesis (FFF; longitud de onda de 400-700 nm) durante el año. Los cambios en FFF durante el año afectan el crecimiento de la pitahaya porque la fijación de CO<sub>2</sub> disminuye bajo sequía con altas radiaciones (valores de FFF). Por esto, en plantaciones comerciales de pitahaya se usa sombra artificial que atenúa 30% a 60% de los FFF requerida en sus diferentes etapas fenológicas, debido a que, una adecuada iluminación estimula la emisión de las yemas (Nobel y De la Barrera, 2004).

Los suelos para cultivo de la pitahaya deben tener buen drenaje, sin embargo puede ser cultivada en suelos secos, no ricos en nutrientes e inclusive pedregosos. No obstante, prefieren suelos franco-arenosos, húmedos, con buen drenaje por su

sensibilidad al encharcamiento, ricos en materia orgánica (IICA, 2018). Mientras que el pH óptimo es el de suelos ligeramente ácidos con rangos de 5.5 a 6.5, con alto contenido de materia orgánica (INFOAGRO, 2016). Seleccionando inicialmente el lote, realizando el deshierbe para la preparación del terreno, realizando huecos y aplicando las enmiendas necesarias según los resultados del análisis de suelos (IICA, 2018).

Zambrano (2016) y Balladares (2018), coinciden que el tiempo de cosecha de la pitahaya en Ecuador se da 2 veces al año, y que cada una de sus plantas brota alrededor de 4 frutos y el horario para realizar la cosecha debe ser principalmente en las primeras horas por la mañana (8 horas) o las últimas de la tarde (15 horas); la cosecha debe mantenerse bajo temperaturas bajas, después de la cosecha se debe realizar lo más pronto posible las actividades de limpieza y selección de la pitahaya, eliminando frutos magullados, pudriciones, perforaciones de insectos, heridas, deformaciones, enfermos, etc. Todas estas actividades deben realizarse en lugares con protección del sol.

Del mes de junio al mes de noviembre de cada año, es el periodo durante el cual se puede realizar de 5 a 6 cortes de frutas, también llamados o conocidos como ciclos de producción, los cuales son detallados en la siguiente tabla:

**Tabla 2***Ciclos de producción de la pitahaya*

Ciclos	Meses	Niveles de Producción
1	Junio	Bajo
2	Julio	Medio a alto
3	Agosto	Alto
4	Septiembre	Alto
5	Octubre	Medio a bajo
6	Noviembre	Bajo

Nota: Ponce y Guillen (2017)

**Sistemas Fotovoltaicos.**

En el siglo XIX, se realizaron los mayores avances en la transformación de la energía solar, especialmente en Francia, primero en 1839, el físico Alexandre Edmund Bequerel descubrió el efecto fotoeléctrico, que inició a las células fotovoltaicas. Afirma Roper (2016), que años después el también físico y matemático Augustin Mouchot diseño y construyó el primer colector solar parabólico con fines comerciales y en 1883 se construyó la primera célula solar por Charles Fritts, con una eficiencia de 1%.

En 1946, Russel Ohl patentó la moderna unión entre los materiales semiconductores que actualmente se utiliza. Pero el avance tecnológico más importante llegó en 1954, cuando los laboratorios Bell, experimentando con semiconductores,

desarrollaron la primera célula fotovoltaica de silicio, con un rendimiento del 4.5%.

La energía solar fotovoltaica origina electricidad por el espectro de luz visible del Sol, por medio de celdas fotovoltaicas. Cuando los rayos solares impactan la celda, ocurre un movimiento de electrones que, al ser canalizados permiten obtener corriente eléctrica; las celdas fotovoltaicas están mayormente hechas a base de silicio. Las celdas se juntan para formar módulos y paneles que producen mayor electricidad. Estos módulos y paneles se conectan para formar sistemas fotovoltaicos y así conseguir diferentes rendimientos de potencia eléctrica.

La tecnología CSP (Concentrated Solar Power) utilizan matrices de espejos que rastrean el sol y reflejan continuamente sus rayos hasta el punto heliostatos para calentar un líquido de trabajo, que luego se utiliza para generar electricidad a turbinas convencionales (Zhou et al., 2017; Senturk y Eke, 2017; Chandel et al., 2015).

Otras nuevas tecnologías de energía solar utilizan también la luz solar concentrada en paneles fotovoltaicos (PV Fotovoltaicos) de mayor calidad y eficiencia. Generalmente, se requiere de grandes áreas para ser eficaces, mientras que los paneles solares fotovoltaicos pueden ser distribuidos y montados en cualquier superficie expuesta al sol, lo que los hace ideales para la integración en el medio ambiente urbano o cualquier otro terreno (Gasparatos et al., 2017).

Posteriormente, aumentó las investigaciones en diferentes áreas incorporando la tecnología fotovoltaica aplicada; y en la crisis energética de la década de los 70 se incrementa el interés por la aplicación de la energía fotovoltaica como fuente de energía alternativa (Olaya et al., 2016; Islam et al., 2016).

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía que produce electricidad de origen renovable obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica, o bien mediante una deposición de metales sobre un sustrato denominado célula solar de película fina (Aguilar et al., 2016).

Las células fotovoltaicas que se fabrican con materiales semiconductores son el componente básico de un sistema fotovoltaico.

Un número de células solares conectadas eléctricamente entre sí forman un módulo fotovoltaico. Múltiples módulos pueden ser conectados para formar un arreglo, a su vez, estos arreglos pueden ser conectados entre sí en paralelo o serie para obtener más corriente o más potencia (Islam et al., 2016).

En las últimas décadas, los sistemas fotovoltaicos se han convertido en una forma de producción de energía eléctrica efectiva, especialmente en lugares con buena radiación (Yahyaoui et al., 2015).

Gracias a que su instalación es fácil y el mantenimiento posterior es de bajo costo, lo que permite que los sistemas

fotovoltaicos se usen con más frecuencia (Abella, 2016). Los mayores fabricantes de paneles fotovoltaicos en el mundo según la IEA son China con un 84.0%, Europa con un 2.9%, Norte América con un 2.8%, Asia-Pacific con un 9.1%, India con un 1.3% y resto del mundo con 0.8%, y a pesar que en el Ecuador actualmente no fabrica paneles solares, existen empresas dedicadas a importar los componentes y armar sistemas fotovoltaicos, contribuyendo con la matriz energética nacional y permitiendo la ejecución de proyectos que han generado un potencial energético fotovoltaico factible a corto plazo 891MW y una potencia en operación con 21,15 MW con centrales ubicada en las provincias de Guayas, Manabí, Pichincha, Cotopaxi, Loja, Imbabura, El Oro y Galápagos. Contribuyendo al 0,7% de la matriz energética nacional y estimándose cuadruplicar ese monto para el 2023.

### **Fundamentación Legal**

La Constitución de la República del Ecuador 2008 reconoce en su parte pertinente el derecho a vivir a la población en un ambiente sano ecológicamente equilibrado el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto.

La Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica establece en el Artículo 41.- De la autogeneración. - La actividad de autogeneración de electricidad y sus excedentes, serán tratados de conformidad con la regulación que para el efecto

dicte el ARCONEL. Se considera como parte de la actividad de autogeneración, los procesos de cogeneración destinados a la producción de energía eléctrica.

Artículo 64.- Sistemas aislados e insulares. - Los sistemas que, por condiciones especiales, no puedan estar conectados al S.N.I., se considerarán como no incorporados; los clientes regulados de estos sistemas podrán tener cargos tarifarios diferentes de las zonas interconectadas, aprobados por ARCONEL. Los subsidios que se puedan originar en estos sistemas serán cubiertos por los consumidores o usuarios finales del S.N.I. o asumidos por el Estado, según las políticas establecidas por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. La información relacionada con los temas técnicos, económicos y financieros de estos sistemas deberá ser entregada obligatoriamente al Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, al ARCONEL y al Operador Nacional de Electricidad, CENACE.

Artículo 74.- Objetivos. - La eficiencia energética tendrá como objetivo general la obtención de un mismo servicio o producto con el menor consumo de energía. En particular, los siguientes:

1. Fomentar la eficiencia en la economía y en la sociedad en general, y en particular en el sistema eléctrico;
2. Promover valores y conductas orientados al empleo racional de los recursos energéticos, priorizando el uso de energías renovables;

3. Propiciar la utilización racional de la energía eléctrica por parte de los consumidores o usuarios finales;
4. Incentivar la reducción de costos de producción a través del uso eficiente de la energía, para promover la competitividad;
5. Disminuir el consumo de combustibles fósiles;
6. Orientar y defender los derechos del consumidor o usuario final; y,
7. Disminuir los impactos ambientales con el manejo sustentable del sistema energético.

Artículo 75.- Establecimiento de políticas de eficiencia energética. - Las políticas y normas que se adopten por parte del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, para el cumplimiento de los objetivos establecidos en esta materia, procurarán una mayor eficiencia en el aprovechamiento de las fuentes de energía y en el uso de la energía eléctrica por parte de los consumidores o usuarios finales. Dichas políticas deberán estar en concordancia con el Plan Nacional de Desarrollo.

Artículo 76.- Mecanismo de promoción a la eficiencia energética. - El Estado a través del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, promoverá la eficiencia energética mediante incentivos o castigos, que se definirán en el reglamento general de esta ley, y las regulaciones correspondientes.

El estudio se basa en la investigación aplicada debido que tiene por objetivo resolver un determinado problema o

planteamiento específico, enfocándose en la búsqueda y consolidación del conocimiento para su aplicación y, por ende, para el enriquecimiento del desarrollo cultural y científico.

Este tipo de investigación busca alguna necesidad social o del sector productivo, siendo el caso de la energía limpia, a través de la generación de energía fotovoltaica, basado en el contexto donde se desarrolla; aportando a la ciencia información o posibles soluciones desde el punto de vista de la innovación tecnológica. Se utiliza un enfoque o método de investigación cualitativo, de tipo descriptiva y un diseño documental, no experimental. Además, se llevó a cabo desde lo deductivo el cual representa una estrategia de razonamiento lógico con la finalidad de llegar a conclusiones a partir de una serie de premisas o principios. Por esta razón, se considera que va desde lo general (tecnología para la generación de energía fotovoltaica) a lo particular (generación de energía limpia aplicada a los sistemas agrícolas). Estas premisas permiten identificar patrones de comportamiento que luego aportan a la selección de tecnologías que mejor se adapten a las condiciones particulares del entorno analizado, donde aspectos como el impacto ambiental, el ahorro energético, la eficiencia, entre otros juega un papel fundamental en la investigación.

La población objeto de estudio estuvo conformada por la plantación de Pitahaya que se encuentra ubicada en la Finca El Granjerito, además de los artículos e investigaciones

relacionados a la implementación de paneles solares como fuente de energía fotovoltaica para uso agropecuario, que se encontraban en bases de datos de alto impacto con índices internacionales como Scopus, WoS, Scielo, entre otros, que permitieran proponer componentes al sistema fotovoltaico, adecuados al contexto de estudio.

En esta orden de ideas, se realizó una revisión bibliográfica en libros especializados, constructores de sistemas fotovoltaicos y revistas indexadas, para determinar las especies vegetales que podrían verse beneficiadas con la implementación del diseño de una planta fotovoltaicas con fines agropecuarios, y así de esta manera, caracterizar las condiciones y recursos requeridos. Toda esta información bajo la concepción de confirmar, el desarrollo en la productividad de plantaciones de Pitahaya debido a la incorporación de un mayor lapso de luminosidad durante las horas nocturnas, a través de la generación de energía a bajo costo por medio de un sistema fotovoltaico.

Se utilizó como técnica el registro de información y la revisión sistemática. Como instrumentos se utilizó una ficha de recolección de datos que permita vaciar los datos de las variables de estudio. Para la caracterización los componentes adecuados al cultivo de pitahaya se consideraron la de medición de luminosidad que señalen las condiciones básicas de voltaje y amperaje acordes para el diseño y desarrollo del sistema fotovoltaico.

Los medios de verificación que se consideraron fueron: Tablas con parámetros internacionales para el diseño de sistemas fotovoltaicos, diario de observación de campo, sistemas de simulación para establecer el comportamiento asociado al beneficio energético de los paneles fotovoltaicos para sistemas agrícolas de la plantación El Granjerito en la provincia de Manabí, tabla con parámetros ambientales de la pitahaya basados en el aprovechamiento de tecnología fundamentada en eficiencia energética. Para la recolección de información se consideró la revisión sistemática y sistémica, utilizando para ello fuentes secundarias que aportaron información confiable para las comparaciones y análisis del contexto de investigación planteado en el estudio. Para ello se consideró establecer dos momentos, cada uno de ellos basados en una estrategia específica:

Durante la fase exploratoria se definió el requerimiento energético y componentes para el diseño del sistema fotovoltaico que se ajustara a las condiciones ambientales, económicas y sociales de la finca donde se llevó a cabo el estudio.

La información se analizó de manera descriptiva a través de la interpretación de gráficas y tablas, además de la revisión documental asociando los datos encontrados en investigaciones similares y extrapoliéndolos a esta investigación, para estudiar las condiciones ambientales asociadas a los cultivos de Pitahaya (*Hylocereus Monacanthus*) para ser tomadas en consideración

dentro de las especificaciones técnicas en la selección de la tecnología a manejar dentro del estudio técnico para el diseño del sistema fotovoltaico adecuados al contexto.

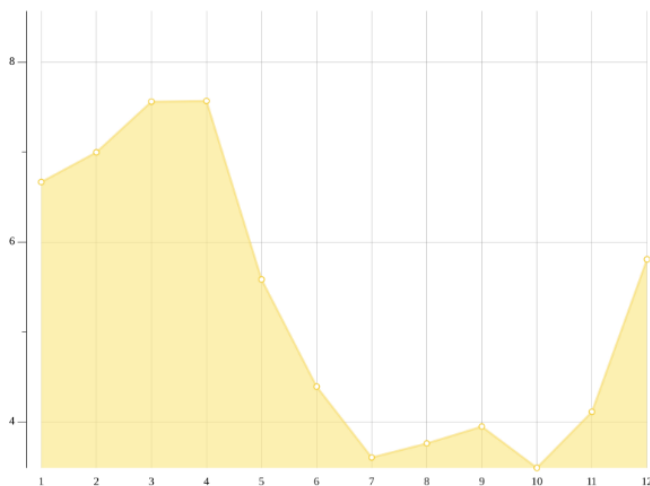
### Resultados obtenidos

La localidad del Carmen cuenta con un clima tropical promedio de 63.49 horas de sol al mes, siendo el mes de abril el de mayores horas de sol diarias promediadas con una media de 7.56 horas con iluminación proveniente de la energía solar y total de 234.39 durante todo el mes para el año 2019 y un estimado similar para los años venideros (figura 2).

#### Figura 2

*Promedio horas por mes del clima en El Carmen, Ecuador.*

*www.climate-data.org, 2019*



Variable que afecta la temperatura del agua con un promedio anual de 24.10°C, el mes de marzo la temperatura se mantiene

más cálida con un promedio mensual de 26.40°C, mientras que en agosto las temperaturas son medias bajas con un aproximado de 22.10°C (Tabla 3).

**Tabla 3**

*Promedio horas por mes del clima en El Carmen, Ecuador.*

	En ero	Feb rero	Ma rzo	A br il	M ay o	Ju ni o	Ju lio	Ag ost o	Septie mbre	Oct ubr e	Novie mbre	Dicie mbre
min. Tempe ratura del agua (°C) medio.	4. 7	5.5	5.7	25 .1	24 .3	22 .8	2 2. 8	22. 1	22.1	22. 5	22.6	23.4
Tempe ratura del agua (°C)	5. 2	6	6	25 .5	24 .9	23 .6	2 3. 1	22. 6	22.4	22. 8	23.1	24
máx. Tempe ratura del agua (°C)	5. 5	6.3	26 .4	25 .8	25 .5	24 .3	2 3. 5	22. 9	22.9	23. 2	23.4	24.7

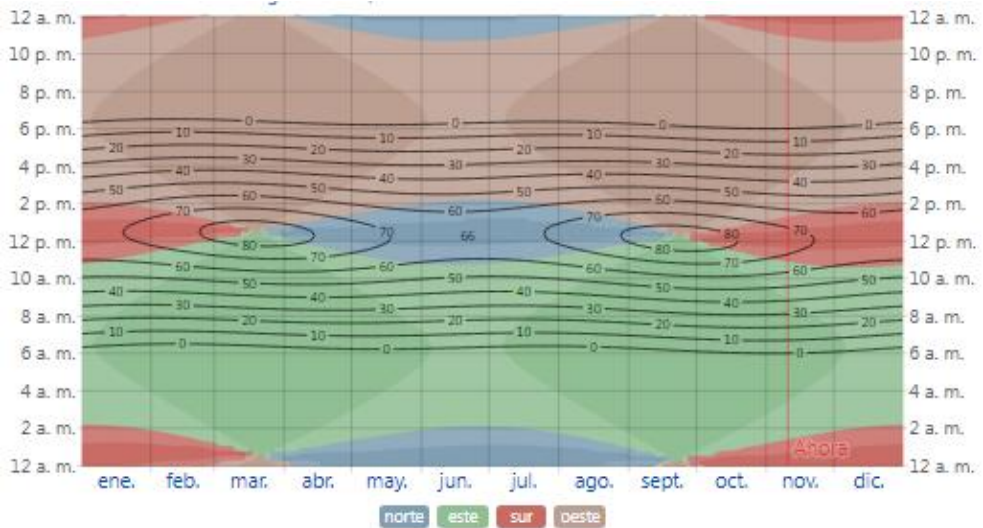
Fuente: *www.climate-data.org, 2022*

Por consiguiente, la energía lumínica proveniente del sol no varía considerablemente durante el año, solamente varía 8 minutos de las 12 horas. En el año en curso (2022), el día más corto fue el 21 de junio, con 12 horas y 6 minutos de luz natural; mientras que

el día más largo será el 21 de diciembre, con 12 horas y 8 minutos de luz natural. Con respecto la luminosidad nocturna se pueden apreciar los principales datos de las fases lunares del año 2022 en la representación compacta de la figura 3.

**Figura 3**

*Elevación solar y acimut durante el año 2022.*

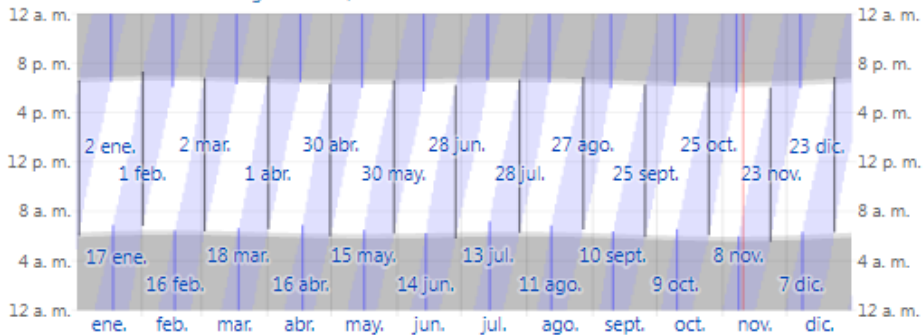


Fuente: *www.climate-data.org, 2022*

Las líneas negras son líneas de elevación solar constante (el ángulo del sol sobre el horizonte, en grados). El color de fondo sólido indica el acimut (la orientación en la brújula) del sol. Las áreas de colores claros indican las direcciones (noroeste, suroeste, sureste y noreste).

**Figura 4**

## Fases lunares del año 2022

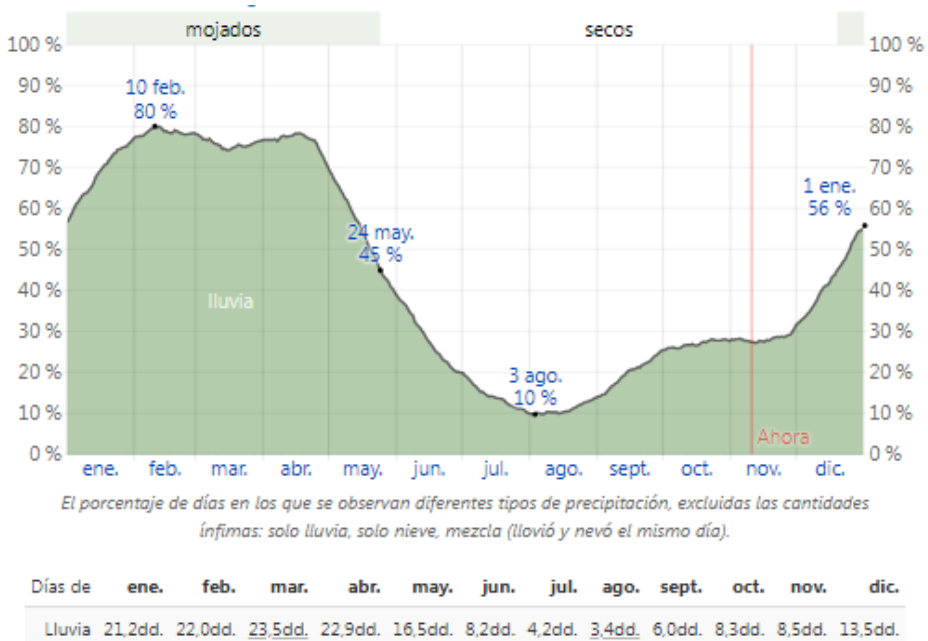


Nota: La hora a la que la luna está sobre el horizonte (área azul claro) con la luna nueva (líneas grises oscuro) y la luna llena (líneas azules) indicadas. Las áreas sombreadas superpuestas indican la noche y el crepúsculo civil. Fuente: *www.climate-data.org, 2022*.

Ahora bien, el volumen pluviométrico varía muy considerablemente durante el año. La temporada más mojada dura 5,1 meses, de 19 de diciembre a 24 de mayo, con una probabilidad de más del 45 %, el mes con más días mojados es febrero, con un promedio de 22 días con un aproximado de 237mm de lluvia. La temporada más seca dura 6,9 meses, del 24 de mayo al 19 de diciembre. El mes con menos días mojados es agosto, con un promedio de 3,4 días con un promedio de 16 milímetros de lluvia (Figura 5).

**Figura 5**

*Volumen Pluviométrico 2022*



Fuente: *www.climate-data.org, 2022*

Considerando las variables climáticas previamente mencionadas, se observa que en la localidad del Carmen en la provincia de Manabí en Ecuador presenta fortalezas para cultivar la pitahaya debido a que la planta por ser cactácea tropical tiene la variable humedad como principal factor amenazante y sus condiciones edafológicas, necesita una temperatura climática en un rango de 16°C a 25°, aunque también se puede cultivar en climas secos bajo una temperatura máxima de 38°C y la

temperatura de la provincia presenta un promedio anual de 24.10°C (Penelo, 2020).

En cuanto a las precipitaciones se muestran deficiencias, debido a que los cultivos de la pitahaya deben oscilar entre 500 a 700 mm anuales Santacruz et al. (2018) y Santo Domingo anualmente las precipitaciones se presentan entre los meses de diciembre a mayo con por lo menos 1 milímetro de precipitación, generando un promedio de 150mm anuales.

Otro factor desfavorable de la localidad para el cultivo, es la energía lumínica natural necesaria, como indica Penelo (2020) que para que la pitahaya desarrolle un mecanismo regulador fisiológico óptimo debe exponerse un 70% a la energía solar y un 30% en sombra. Destacando que en el año 2022 el día más extenso con energía solar en la provincia de Manabí, durará doce horas y ocho minutos representando el 50,55% de la iluminación solar necesaria para el cultivo (Adaptaclima, 2022).

Por lo que, las condiciones óptimas orientadas al cultivo de la pitahaya basado en el diseño de una planta fotovoltaica es generar las condiciones climáticas anteriormente mencionadas intencionadas a un proceso de cultivo productivo apoyado en la tecnología y enfocadas a monitorear las variables climáticas idóneas para la producción de la pitahaya, mejorando su calidad y el rendimiento Quiroz (2018). Garantizando la seguridad alimentaria y así respaldar la soberanía constitucional nacional y su principio que el “Estado se reserva el derecho de administrar,

regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia” (Constitución de la República del Ecuador, Art. 313, 2019).

Otra condición ventajosa del sistema fotovoltaico son los datos que a través del sistema establecido, puede proporcionar información como la humedad del suelo, la presencia y duración de la humedad y su estado energético, factor relevante para la programación de riegos y ciclos de fertilizantes, necesarios para desarrollar un mejor cultivo de pitahaya adaptándolo en suelos óptimos orientados al incremento de su producción.

Con suelos francos-arenosos y húmedos, un pH ligeramente ácido entre 5,5 a 6,5 y con una humedad del sustrato de 50%. Así mismo indicar el grado de infección de una plaga en el cultivo previniendo asertivamente control de propagación Quiroz (2018). Creando los escenarios con terrenos más productivos, cosechas de pitahaya más rentables, reduciendo del impacto ambiental, mayor control de la producción y posibles variaciones climáticas de forma sincrónica usando potencia energética sostenible y no contaminante (Penelo, 2020).

Velando así, por un cultivo sostenible apoyado en tecnologías con mecanismos enfocados a complementar las necesidades energéticas del cultivo de la pitahaya en la plantación el Granjerito ubicado en la localidad del Carmen, fomentando así la eficiencia energética, el desarrollo y uso de

prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, ni el equilibrio ecológico de los ecosistemas. Cumpliendo lo normado en el artículo 408, donde se establece que el Estado garantizará que los mecanismos de producción, consumo y uso de los recursos naturales y la energía preserven y recuperen los ciclos naturales y permitan condiciones de vida con dignidad (Constitución de la República del Ecuador, 2019).

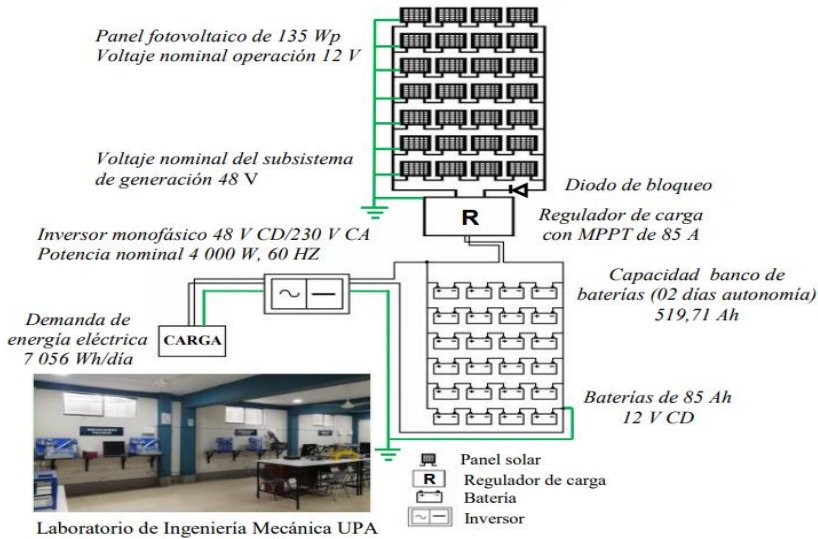
En efecto, la tecnología fotovoltaica comprende componentes tecnológicos adaptados al cultivo de la pitahaya y a la preservación del hábitat de la plantación el Granjerito (figura 6), entre los que se destacan sistemas de sensores lectores de información en tiempo real proyectando los datos necesarios para el productor, como gráficos, tablas de los diferentes momentos del cultivo (diarios, semanales, mensuales, anuales, comparativos, entre otros). Así mismo proporcionar información sobre los parámetros climáticos y batería de cada panel solar; sensores que activen el sistema de riego, equipos fumigadores, que se puedan conectar entre sí, optimizando el proceso orientado a una producción efectiva y reduciendo la dinámica del agricultor. Así mismo se debe contar con sensores de campo, creando interacciones entre maquinaria, patrones productivos y almacenamiento de información digital.

Por lo que, las estaciones instaladas deben contar con sistemas de GPS en campo reflejando la ubicación geográfica local y panorámica de ser necesario. Igualmente, el sistema debe generar datos como la radiación solar, humedad del suelo, precipitaciones y temperatura ambiental Quiroz (2018).

Donde las necesidades energéticas en la plantación El Granjerito pudieran gestionarse a través del Estado, que amparado en el artículo 314, el cual establece que “la responsabilidad de provisión de servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras y demás que determine la ley” (Constitución de la República del Ecuador, Artículo 314, 2019), se gestionen los recursos necesarios para un cultivo productivo de bajo impacto ambiental.

## Figura 6

### Ejemplo de Sistema fotovoltaico Aislado



De la figura 6, se genera la tabla 4, con los componentes necesarios de un sistema fotovoltaico aislado que requiere una instalación solar fotovoltaica aislada con una generación de corriente sin conexión a la red eléctrica que proporciona al propietario de la plantación el Granjerito energía procedente de la luz del sol. Estas instalaciones no están conectadas de ninguna forma a la red eléctrica de distribución. La energía eléctrica se genera y se consume en el mismo punto. Incluye baterías para almacenar la energía hasta que se produce el consumo o no, siendo un sistema generador de potencia eléctrica sustentable para complementar las deficiencias energéticas de la plantación,

generando energía no contaminante y preservando el ecosistema de la localidad del Carmen.

Situación que se respalda en el artículo 395 que fija los principios ambientales, entre los cuales cabe destacar el modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras (Constitución de la República del Ecuador, 2019. Art. 395).

#### **Tabla 4**

##### *Componentes de un sistema básico fotovoltaico*

Sistema Fotovoltaico	Componentes
Aislado	Panel fotovoltaico de 540 wp voltaje nominal de operación 24v (incluido estructuras de soporte)
	Inversor de carga sp 62.5 ha
	Regulador de carga sp62.5ha
	Capacidad banco de baterías (2 días autonomía) 4800ah

---

Demanda de energía eléctrica  
= 69,931.27 wh/día

---

Según el técnico de manejo de la plantación El Granjerito, el costo aproximado de sembradío de la pitahaya por hectárea tiene un estimado de \$5225,00. En la plantación de Pitahaya hay 999 plantas dispuestas a 3 x 3, por cada 4 plantas hay un foco dispuesto de la siguiente manera:

**Figura 7**

*Distribución típica tradicional en una plantación de pitahaya*



## **Estimación y caracterización de la demanda de energía eléctrica.**

Para determinar las cargas que van a alimentar con este sistema, se realizó una visita a la finca con el fin de recopilar información del tamaño de la plantación, el número de bombillas incandescentes instaladas por módulo. De la visita se obtuvo la siguiente información:

**Tabla 5**

*Demanda de la energía eléctrica*

Equipo	Potencia (W)	Cantidad 999/HA	Horas- Día	WH/Día	Voltaje de Operación (V)
Luminarias Modulo 1	5	999	11	54945	110
Consumo Módulo 1				54945	

### **Cálculo de la demanda de energía eléctrica diaria media.**

Para el cálculo de la demanda de energía eléctrica diaria media, se tomó en cuenta el impacto por uso de inversor, e impacto por eficiencias de conductores y baterías. Donde Mejía (2005) referencia el cálculo de la demanda de energía eléctrica diaria media con la siguiente ecuación:

$$E_{dm} = \frac{E_{dm,CD} + \frac{E_{dm,CA}}{\eta_i}}{\eta_{bat} * \eta_{cond}}$$

Donde:

$E_{dm}$  es demanda de energía eléctrica diaria media.

$E_{dm, CD}$  es demanda de energía eléctrica diaria media en corriente directa.

$E_{dm, CM}$  es demanda de energía eléctrica diaria media en corriente alterna.

$\eta_i$  es la eficiencia del inversor.

$\eta_{bat}$  es la eficiencia de la batería.

$\eta_{cond}$  es la eficiencia de los conductores.

Según Mejía (2005), la eficiencia del inversor es 90 %, eficiencia de las baterías de 90 %, y los conductores una eficiencia de 97 %.

Con estas consideraciones, la demanda de energía eléctrica diaria media obtenida es la siguiente:

$$E_{dm} = \frac{+ \frac{54945}{0.90}}{0.90 * 0.97} = 69,931.27 \text{ Wh/día} = 2070 \text{ kWh/mes}$$

Además, el mismo autor señala que se debe tener en consideración la siguiente condición para la selección del voltaje de la batería:

### Tabla 6

#### Selección Voltaje

<i>Potencia del generador fotovoltaico</i> <b>(w)</b>	<i>Voltaje de acumulación</i> <b>(v)</b>
< 150	12
151 – 500	12 o 24
501 – 750	24
751 – 1000	24 o 48

1001 – 4000	48
> 4000	48

El voltaje nominal del sistema de generación es 48 V, se seleccionó en función de la potencia Castejon y Santamaría, (2012). Mientras la carga corregida de demanda de energía eléctrica para el proyecto se calculó con la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{E_{dm}}{V_{n\ sgen}} = \frac{69.93127\ kWh/día}{48\ V} = 1,456,90\ Ah/día$$

Donde Q son los amperios-hora corregidos de demanda de energía eléctrica,  $E_{dm}$  es la demanda de energía eléctrica diaria media, y  $V_{n\ sgen}$ , voltaje nominal del sistema de generación.

Según Mejía (2015), se muestra el comportamiento de la radiación solar durante el año, y se puede verificar que la radiación más desfavorable se da en febrero con 3,88 y 3,81 kWh/m<sup>2</sup>/día, respectivamente para los ángulos óptimos de los paneles fotovoltaicos, y la radiación máxima se da en noviembre con 5,12 kWh/m<sup>2</sup>/día. Una vez que se tiene los valores mínimos de radiación solar para ángulos de inclinación, se aplicó el criterio del mes más desfavorable durante el año, aplicando este criterio se dispone de una radiación mínimo mensual que recibirá el sistema de 3,88 kWh/m<sup>2</sup>/día para una inclinación de  $G_{dm}$  (5°), y de 3,81 kWh/m<sup>2</sup>/día para  $G_{dm}$  (20°).

$$I_{\text{PROYECTO}} = \frac{Q}{HSD_{crit}} = \frac{1,456.90}{3,88} = 375.45A$$

Así mismo, se seleccionó la corriente máxima del proyecto durante el año, luego se eligió la corriente mínima entre estas dos, las horas sol pico correspondiente y el ángulo que resulte. Como resultado se tiene 3,88 horas sol pico, corriente del proyecto de 11.2635A, y el ángulo de inclinación del arreglo solar Gdm (5°).

### **Cálculo del subsistema de generación.**

Según Mejía (2015), para el cálculo del número de paneles fotovoltaicos, se aplicó un factor de reducción o degradación del panel (envejecimiento, polvo, entre otro). Primeramente, se determinó el número de paneles fotovoltaicos en paralelo, y se realizó con la siguiente ecuación:

$$N_{p,paralel} = \frac{I_{proyecto}}{FR * I_{p,oper}} = \frac{375.45 A}{0.9 * 13.86} = 30.10 = 30$$

El número de paneles fotovoltaicos en serie se calculó con la siguiente fórmula:

$$N_{p,serie} = \frac{V_{n,sgen}}{V_{n,p}} = \frac{48 V}{24 V} = 2$$

$$N_p = N_{p,paralel} \times N_{p,serie}$$

$$N_p = 30 \times 2$$

$$N_p = 60 \text{ Paneles}$$

### **Figura 8**

*Hoja técnica de panel fotovoltaico – Diagrama mecánico*



### ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM72S30 -525/MR	JAM72S30 -530/MR	JAM72S30 -535/MR	JAM72S30 -540/MR	JAM72S30 -545/MR	JAM72S30 -550/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	525	530	535	540	545	550
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	49.15	49.30	49.45	49.60	49.75	49.90
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	41.15	41.31	41.47	41.64	41.80	41.96
Short Circuit Current(Isc) [A]	13.65	13.72	13.79	13.86	13.93	14.00
Maximum Power Current(Imp) [A]	12.76	12.83	12.90	12.97	13.04	13.11
Module Efficiency [%]	20.3	20.5	20.7	20.9	21.1	21.3
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of Isc( $\alpha_{Isc}$ )	+0.045%/°C					
Temperature Coefficient of Voc( $\beta_{Voc}$ )	-0.275%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax( $\gamma_{Pmp}$ )	-0.350%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m <sup>2</sup> , cell temperature 25°C, AM1.5G					

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.

### ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

TYPE	JAM72S30 -525/MR	JAM72S30 -530/MR	JAM72S30 -535/MR	JAM72S30 -540/MR	JAM72S30 -545/MR	JAM72S30 -550/MR	OPERATING CONDITIONS	
Rated Max Power(Pmax) [W]	397	401	405	408	412	416	Maximum System Voltage	1000V/1500V DC
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	46.05	46.18	46.31	46.43	46.55	46.68	Operating Temperature	-40°C~+85°C
Max Power Voltage(Vmp) [V]	38.36	38.57	38.78	38.99	39.20	39.43	Maximum Series Fuse Rating	25A
Short Circuit Current(Isc) [A]	10.97	11.01	11.05	11.09	11.13	11.17	Maximum Static Load Front* Maximum Static Load Back*	5400Pa(112lb/ft <sup>2</sup> ) 2400Pa(50lb/ft <sup>2</sup> )
Max Power Current(Imp) [A]	10.35	10.39	10.43	10.47	10.51	10.55	NOCT	45±2°C
NOCT	Irradiance 800W/m <sup>2</sup> , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G						Safety Class	Class II
							Fire Performance	UL Type 1

Fuente: <https://autosolar.es/pdf/datasheet-jasolar-545w.pdf>

Basado en lo descrito, se han seleccionado paneles mono cristalinos modelo JAM72S30-540/MR de 540 Wp, voltaje nominal de 24V, corriente de operación de 13.86A según se muestra en la figura anterior. Con los dos resultados anteriores

calculamos la potencia nominal del generados la que se calcula con la siguiente fórmula:

$$P_{n, gen} = N_{p, serie} * N_{p, paralelo} * P_{max, p}$$

$$P_{n, gen} = 30 * 2 * 540W$$

$$P_{n, gen} = 32.4KW$$

### **Cálculo del subsistema de almacenamiento**

Una vez conocido la demanda de energía eléctrica diaria media es posible calcular la capacidad que requerirá el banco de baterías a diseñar. Uno de los criterios más utilizados es el de Amperios-hora (Ah), ya que es necesario que la batería entregue el voltaje en corriente directa para los inversores. La siguiente ecuación nos permitirá calcular la capacidad de las baterías:

$$C_{B, baterías} = \frac{Q * N_{daut}}{(FPDB_{d máx}) * F_{ct}}$$

$C_{B, baterías}$ , capacidad nominal del banco de baterías

Q son los amperios-hora corregidos de demanda de energía eléctrica

$N_{d aut}$ , número de días de autonomía del banco de baterías

$FPDB_{d máx}$ , factor de profundidad de descarga máxima diaria

$F_{ct}$  es el factor de corrección por temperatura

$$C_{B, baterías} = \frac{1456.90 * 2}{0.8 * 0.9} = 4046.94 \text{ Ah}$$

**Tabla 6**

*Modelos de batería del fabricante para paneles solares.*

CSPOWE R MODEL	Voltage (V)	Capacity (Ah)	Battery Dimension (mm)			Total Height	Weight(kg) (±3%)
			Length h	Width h	Height t		
<b>HTD12 - 14</b>	12	14	152	99	96	102	3.8
<b>HTD12 - 20</b>	12	20	181	77	167	167	6.0
<b>HTD12 - 24</b>	12	24	166	175	126	126	8.3
<b>HTD12 - 26</b>	12	26	165	126	174	179	8.4
<b>HTD12 - 35</b>	12	35	196	130	155	167	10.5
<b>HTD12 - 40</b>	12	40	198	166	174	174	14.2
<b>HTD12 - 55</b>	12	55	229	138	208	212	16
<b>HTD12 - 70</b>	12	70	350	167	178	178	23.3
<b>HTD12 - 75</b>	12	75	260	169	208	227	25
<b>HTD12 - 85</b>	12	85	260	169	208	227	26.1
<b>HTD12 - 90</b>	12	90	307	169	211	216	28.2
<b>HTD12 - 100</b>	12	100	307	169	211	216	30.2

<b>HTD12</b>	12	110	328	176	214	220	33.0	
<b>- 110</b>								
<b>HTD12</b>	12	120	407	173	210	233	39.2	
<b>- 120</b>								
<b>HTD12</b>	12	135	344	172	280	285	40.8	
<b>- 135</b>								
<b>HTD12</b>	12	150	484	171	241	241	45.5	
<b>- 150</b>								
<b>HTD12</b>	12	180	532	206	216	222	56	
<b>- 180</b>								
<b>HTD12</b>	12	200	532	206	216	222	58.4	
<b>- 200</b>								
<b>HTD12</b>	12	230	522	240	219	225	65	
<b>- 230</b>								
<b>HTD12</b>	12	250	520	268	206	207	71	
<b>- 250</b>								
<b>HTD12</b>	12	300	520	268	220	226	77	
<b>- 300</b>								
<b>HTD6</b>	-	12	200	306	168	220	222	30
<b>200</b>								
<b>HTD6</b>	-	12	210	260	180	247	249	29.5
<b>210</b>								
<b>HTD6</b>	-	12	220	306	168	220	222	31.5
<b>220</b>								
<b>HTD6</b>	-	12	225	243	187	275	275	30.5
<b>225</b>								
<b>HTD6</b>	-	12	310	295	178	346	366	46
<b>310</b>								
<b>HTD6</b>	-	12	330	295	178	354	360	46.6
<b>330</b>								
<b>HTD6</b>	-	12	380	295	178	404	410	55.3
<b>380</b>								

---

<b>HTD6</b>	–	12	420	295	178	404	410	56.8
-------------	---	----	-----	-----	-----	-----	-----	------

---

**420**

**Fuente:** <https://www.cspbattery.com/uploads/HTD-Deep-Cycle-AGM-Battery-.pdf>

Según lo descrito en la figura, la capacidad del banco de batería es de 4046.94 AH, por ello se tomó en consideración la de 16 unidades, correspondiente al modelo **HTD 12 – 200** que es de 200 AH y 12V con un arreglo de 4 en serie y 6 en paralelo con un total de 24 baterías.

### **Cálculo del subsistema de regulación.**

Para el cálculo del regulador de carga se consideró la corriente máxima que entrega el generador fotovoltaico, de forma que se escoja un regulador de carga capaz de asumir esa corriente para asegurar que la pérdida de eficiencia que el regulador sufre con el tiempo no afecte el sistema, puede aplicarse un factor de seguridad por ampacidad y temperatura (Mesa et al., 2016). Para el cálculo de la corriente se determina con la siguiente ecuación:

$$I_{\text{entrada}} = 1,25 * I_{\text{sc}} * N_p$$

Donde:

- $I_{\text{entrada}}$  Corriente entregada por el generador (A)
- $I_{\text{sc}}$  Corriente de corto circuito del panel fotovoltaico
- $N_p$  Número de paneles fotovoltaico en paralelos.

$$I_{\text{entrada}} = 1,15 * 13,86 * 6$$

$$I_{\text{entrada}} = 95,63 \text{ A}$$

Con esta corriente de entrada se busca un regulador de carga que cumpla con esta  $I_{\text{entrada}}$  y los 48 V de los paneles seleccionados, entonces con estas características tenemos el regulador modelo MPPT 100A:

**Tabla 7**

*Características técnicas del controlador de carga*

Charge Characteristics						
Selectable Battery Types (Default Gel Battery, can change by the controller keypad)	Voltage	Sealed Lead- acid	Gel	Ni- Cd	Other	
Floating Charge Voltage	12V System	13.2V	13.4V	13.7 V	14. 0	Used- define d
	24V System	26.4V	26.8 V	27.4 V	28. 0	
	36V System	39.6V	40.2 V	41.1V	42. 0	
	48V System	52.8V	53.6V	54.8 V	56. 0	
Over Charge Protection Voltage	12V System			14.6V		
	24V System			29.2V		
	36V System			43.8V		
	48V System			58.4V		
Current- Limiting Protection	12V/24V/36V/4 8V System	105A		85A		

Rated Charge Current		100A	80A
Temperature Factor		$\pm 0.02\%/^{\circ}\text{C}$	
Temperature Compensation		14.2V (the highest temperature – 25°C)*0.3	
Output Ripples (peak)		200mV	
Output Voltage Stability		$< \pm 1.5\%$	
Precision Charge Voltage Peak-Peak-Ripple	12V/24V/36V/48V System	200mV	
Charge Voltage Accuracy		$< \pm 1.5\%$	

Fuente: [https://es.aliexpress.com/item/32744197272.html?spm=a2g0o.store\\_pc\\_groupList.8148356](https://es.aliexpress.com/item/32744197272.html?spm=a2g0o.store_pc_groupList.8148356)

Finalmente se tendría un sistema fotovoltaico constituido por 60 paneles fotovoltaicos modelo JAM72S30-540/MR de 540 Wp, voltaje nominal de 48V, corriente de operación de 13.86A, 24 baterías modelo **HTD 12 – 200** que son de 200 AH y 12V con

un arreglo de 4 en serie y 6 en paralelo, un regulador de carga modelo MPPT 100A con sistema de reconocimiento automático para 12V/24V/36V/48V. Para calcular el inversor del proyecto utilizamos la siguiente ecuación:

$$P_{INV} = 1,1 * E_{DM}$$

$E_{dm}$  es demanda de energía eléctrica diaria media.

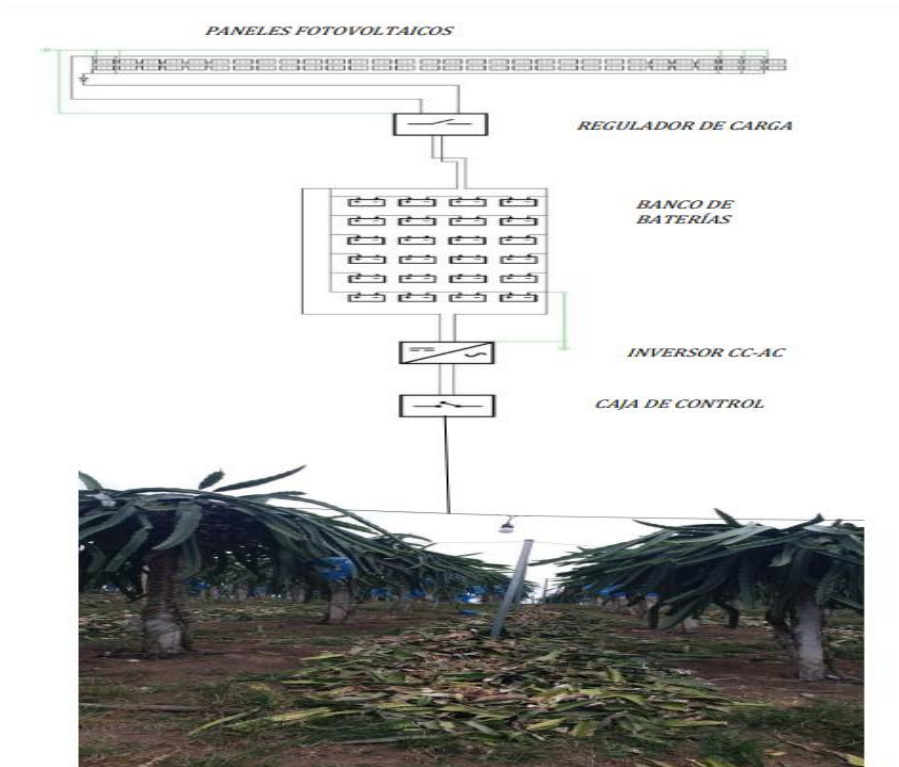
$$P_{INV} = 1,11 * E_{DM}$$

$$P_{INV} = 1,11 * 54945 \text{ w}$$

$$P_{INV} = 60439.50 \text{ w}$$

En base a la potencia del inversor se selecciona el modelo SP62.5HA / SP62.5HB Battery Inverter cuya potencia nominal es de 62,5 Kw y la disposición final de todos los componentes del sistema fotovoltaico es como se lo presenta en la figura siguiente.

**Figura 10**  
Paneles fotovoltaicos



## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La provincia de Manabí se expone a una radiación solar del 50,55% de la iluminación necesaria para el cultivo los procesos fisiológicos de la planta pitahaya, necesitando un 70% de exposición solar y un 30% de mantener en sombra, requiere energía eléctrica en forma de iluminación en las noches para aumentar la producción.

Para el crecimiento de los cultivos de pitahaya la pluviometría promedio necesaria es de 500 a 700mm, por consiguiente, el promedio anual en Manabí (150mm anual) es deficiente para su producción, mientras que a través de la producción eléctrica fotovoltaica limita la evaporación del agua, con lo que se reducen las necesidades hídricas de la tierra, trayendo un efecto positivo doble: la evaporación procedente de los cultivos se transmite a las placas y ayuda a mantenerlas refrigeradas.

La producción de la planta pitahaya necesita unas variables climáticas específicas que se pueden ver afectadas por los cambios climáticos. Por lo que la cobertura de los paneles fotovoltaicos ofrece una protección ante las variaciones que el clima experimenta, posibilitando que los cultivos se mantengan bajo parámetro climáticos estables adaptados a las necesidades del cultivo, evitando altas precipitaciones, granizos, protegiendo de temperaturas excesivas, favoreciendo la menor necesidad hídrica gracias a la sombra, con lo que ayuda a superar periodos de sequía prolongados.

En síntesis, el uso de la tecnología fotovoltaica en los cultivos de pitahaya ofrece información fundamental para conocer los datos reales de las variables climáticas en tiempo real, permitiendo la toma de

decisiones al instante, disminuyendo los costos de mano de obra, de posibles pérdidas productivas, costos de energía, recursos hídricos y de aplicaciones de insumos agrícolas durante el ciclo de siembra.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abella, M. (2016). 13. Dimensionado de Sistemas Fotovoltaicos: Otros métodos de dimensionado de sistemas FV autónomos. Centro de investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, Departamento de Energía Renovables, Ciemat. Recuperado de: [http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:45340/componente45338.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45340/componente45338.pdf)
- Adaptaclima (2022). Ecuador cuenta con nuevos equipos hidrometeorológicos que fortalecen el monitoreo climático en la cuenca del Esmeraldas y del Mira-Mataje. <https://adaptaclima.org/2022/09/19/equipos-hidrometeorologicos-fortalecen-el-monitoreo-climatico/>
- Aguilar, F. J., Aledo, S. y Quiles, P. V. (2016). Experimental study of the solar photovoltaic contribution for the domestic hot water production with heat pumps in dwellings. *Applied Thermal Engineering*, 101, 1-11. Doi: 10.1016/j.applthermaleng.2016.01.127
- Amaducci, S., Yin, X., y Colauzzia, M. (2018). Agrivoltaic systems to optimise land use for electric energy production. *Applied Energy*, 220(15), 545-561
- Ballares, F. (2016). Análisis de las características físicas y organolépticas de dos variedades de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) y roja (*Hylocereus undatus*) para la generación de una alternativa de consumo (mermelada). Tesis Ing. Agropecuario. Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Guayaquil.
- Ben, M. y Ben, S. (2017). The role of renewable energy and agriculture in reducing CO<sub>2</sub> emissions: Evidence for North Africa countries.

- Ecological Indicators, 74, 295-301. Doi: 10.1016/j.ecolind.2016.11.032
- Cao, Y., Liu, C., Huang, Y., Wang, T., Sun, C. y Yuan, Y. (2017). Parallel algorithms for islanded microgrid with photovoltaic and energy storage systems planning optimization problem: Material selection and quantity demand optimization. *Computer Physics Communications*, 211, 45-53. Doi: 10.1016/j.cpc.2016.07.009
- Ccarita, F., (2020). Instalación y evaluación de un invernadero solar semiabierto en el poblado menor de Santa Bárbara - Canchis – Cusco [Tesis Doctoral, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].  
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/12054/UPcacaf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chandel, S. S., Nagaraju Naik, M. y Chandel, R. (2015). Review of solar photovoltaic water pumping system technology for irrigation and community drinking water supplies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 1084- 1099. Doi: 10.1016/j.rser.2015.04.083
- Erazo, J y Parra, J. (s.f.). Proyecto de siembra y cosecha de pitahaya (*hylocereus ocamponis*) en San Juan del Morro. Universidad Estatal de Guayaquil facultad de Administración, Guayaquil.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2012. Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua. Roma, Italia: [sin editorial]; [consultado el 14 de ago. de 2022].  
<http://www.fao.org/3/a-i2800s.pdf>.
- Fouda, A., Nada, S. A. y Elattar, H. F. (2016). An integrated A/C and HDH water desalination system assisted by solar energy: Transient analysis and economical study. *Applied Thermal Engineering*, 108,

- 1320-1335. Doi: 10.1016/j. applthermaleng.2016.08.026
- [GAD] Gobierno Descentralizado del Carmen (2019). Diagnóstico del plan de desarrollo y ordenamiento del cantón Del Carmen. <https://odsterritorioecuador.ec/wp-content/uploads/2019/04/PDOT-CANTON-EL-CARMEN-2015-2019.pdf>
- García, M. (2016). Energía solar fotovoltaica aislada. Applied Solar Energy, curso de energías renovables. Universidad Politecnica de Valencia. Recuperado de: [www.cursofotovoltaica.co](http://www.cursofotovoltaica.co)
- Gasparatos, A., Doll, C., Esteban, M., Ahmed, A. y Olang, T. A. (2017). Crossmark. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 70, 161-184. Doi: 10.1016/j.rser.2016.08.030.
- Ghasemi Mobtaker, H., Ajabshirchi, Y., Ranjbar, S. F. y Matloobi, M. (2016). Solar energy conservation in greenhouse: Thermal analysis and experimental validation. Renewable Energy, 96, 509-519. Doi: 10.1016/j. renene.2016.04.079
- Guillen, V y Ponce, E. (2017). Análisis de producción de pitahaya para exportación con mira al mercado holandés de Santo Domingo de los Tsáchilas, periodo 2016. Tesis Ing. Comercial. PUCE. Santo Domingo, EC. p 19-29
- Graham, E. , and Andrade, J. (2004). Drought tolerance associated with vertical stratification of two co-occurring epiphytic bromeliads in a tropical dry forest. Am. J. Bot. 91: 699-706.
- [IEA] International Energy Agency. 2020. Snapshot of global PV markets. [sin lugar]: International Energy Agency (Report; 1-37). ISBN: 978-3-906042-94-7; [consultado el 19 de ene. de 2021]. <https://iea-pvps.org/wp->

- content/uploads/2020/04/IEA\_PVPS\_Snapshot\_2020.pdf.
- IICA (Instituto Americano de Cooperación para la Agricultura). (2018). La pitahaya o fruta del dragón se fomenta significativamente en República Dominicana, Sembrando hoy la agricultura del Futuro, Santo Domingo. INFOAGRO (Información Técnica Agrícola). (2016). El cultivo de la Pitahaya. Curso especialista en fruticultura, Bogotá.
- Islam, M., Pandey, A., Hasanuzzaman, M. y Rahim, N. (2016). Recent progresses and achievements in photovoltaic-phase change material technology: A review with special treatment on photovoltaic thermal-phase change material systems. *Energy Conversion and Management*, 126, 177-204. Doi: 10.1016/j.enconman.2016.07.075
- Kannan, N. y Vakeesan, D. (2016). Solar energy for future world: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 1092-1105. Doi: 10.1016/j.rser.2016.05.022
- Lamigueiro O. 2012. *Energía Solar Fotovoltaica*. 5ª ed. [sin lugar]: Creative Commons (vol. 1.5); [consultado el 21 de feb. de 2021]. [https://procomun.files.wordpress.com/2012/01/esf\\_operpinanen\\_e2012.pdf](https://procomun.files.wordpress.com/2012/01/esf_operpinanen_e2012.pdf).
- Lewis, N. S. (2007). Toward Cost-Effective Solar Energy Use. *Science*, 315(5813), 798-801. Doi: 10.1126/science.1137014
- López, R. y López, O. (2020). Ciencia, tecnología y energías renovables: una aproximación a sus concepciones y contradicciones. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS*, vol. 15, núm. 45, 83-105. <https://www.redalyc.org/journal/924/92466105008/html/>
- Lúcio, G., Filho, T., Adriano, C., Mambeli, R., Felipe, I., Dos, S. y Braga, G.

- (2016). Solar Energy Materials & Solar Cells Study of the energy balance and environmental liabilities associated with the manufacture of crystalline Si photovoltaic modules and deployment in different regions. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 144, 383-394. Doi: 10.1016/j.solmat.2015.09.023
- Marín C. 2004. La energía solar fotovoltaica en España. *Nimbus*; [consultado el 15 de ago. de 2022]. (13-14):5-31. <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/1443/espejoma rin.pdf?sequence=1>.
- Moreton R, Victoria M, Ramiro J. 2018. Gráficos significativos energía solar fotovoltaica. España: Universidad Politecnica de Madrid; [consultado el 8 de ene. de 2021]. [https://www.ies.upm.es/sfs/IES/IES-/Portada/2018\\_PV\\_Espa%C3%B1a.pdf](https://www.ies.upm.es/sfs/IES/IES-/Portada/2018_PV_Espa%C3%B1a.pdf).
- Muhsen, D. H., Ghazali, A. B. y Khatib, T. (2016). Multiobjective differential evolution algorithm-based sizing of a standalone photovoltaic water pumping system. *Energy Conversion and Management*, 118, 32-43. Doi: 10.1016/j.enconman.2016.03.074.
- Muhsen, D. H., Ghazali, A. B., Khatib, T., Abed, I. A. y Natsheh, E. M. (2016). Sizing of a standalone photovoltaic water pumping system using a multi-objective evolutionary algorithm. *Energy*, 109, 961-973. Doi: 10.1016/j.energy.2016.05.070
- Nobel, P. S., and E. De la Barrera. 2004. CO<sub>2</sub> uptake by the cultivated hemiepiphytic cactus, *Hylocereus undatus*. *Ann. Appl. Biol.* 144: 1-8.
- Olaya, Y., Arango-Aramburo, S. y Larsen, E. R. (2016). How capacity mechanisms drive technology choice in power generation: The case of Colombia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,

- 56, 563-571. Doi: 10.1016/j.rser.2015.11.065
- Ortiz, J., Masera, O. Fuentes, A. (2014). La Ecotecnología en México. *Imagia Comunicación*
- Penelo, L. (2020). Pitaya: propiedades, beneficios y valor nutricional,” *Revista la Vanguardia*.  
<https://www.lavanguardia.com/comer/materiaprima/20180720/45956036053/pitayafruta-propiedades-beneficios-valornutricional.html>.
- Peralta, R. (2011). La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia. caso: vereda Carupana, municipio de Tauramena, departamento de Casanare. Tesis de Maestría en Desarrollo Rural, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Pontificia Universidad Javeriana.
- Quiroz, A. (2018). Estudio de la Eficiencia de los sistemas fotovoltaicos y su impacto socio económico en la zona rural del Cantón Chone, Manabí, Ecuador. 65 *Rev. Investig. en Energía, Medio Ambient. y Tecnol. RIEMAT ISSN 2588-0721*, vol. 3, no. 1, pp. 23–29.
- Rojo, I. (2021). Análisis técnico-económico de plantas con paneles bifaciales: Agro fotovoltaica frente a modelo convencional. Tesis (Master), E.T.S.I. Diseño Industrial (UPM).
- Roper, D. (2016). World Photovoltaic Energy [En línea] Consultado 21 de marzo de 2022. Disponible en: <http://www.roperld.com/science/worldphotovoltaicenergy.htm>
- Senturk, A. y Eke, R. (2017). A new method to simulate photovoltaic performance of crystalline silicon photovoltaic modules based on datasheet values. *Renewable Energy*, 103, 58- 69. Doi: 10.1016/j.renene.2016.11.025

- Santacruz, C., Santacruz, C. y Huerta, E (2019). Agroindustrialización de Pitaya. Bemérita Universidad Autónoma de Puebla- México, pp 23, 2019.
- Valer, L. R., Melendez, T. A., Fedrizzi, M. C., Zilles, R. y de Moraes, A. M. (2016). Variable-speed drives in photovoltaic pumping systems for irrigation in Brazil. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 15, 20-26. Doi: 10.1016/j.seta.2016.03.003
- Wahyuni, N. S., Wulandari, S., Wulandari, E. y Pamuji, D. S. (2015). Integrated Communities for the Sustainability of Renewable Energy Application: Solar Water Pumping System in Banyumeneng Village, Indonesia. *Energy Procedia*, 79, 1027-1032. Doi: 10.1016/j.egypro.2015.11.604.
- Weatherspark, (2022). El clima y el tiempo promedio en todo el año en Esmeraldas, Ecuador. <https://es.weatherspark.com/y/19369/Clima-promedio-en-Esmeraldas-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Temperature>
- Yahyaoui, I., Chaabene, M. y Tadeo, F. (2015). Evaluation of Maximum Power Point Tracking algorithm for off-grid photovoltaic pumping. *Sustainable Cities and Society*, 25, 65-73. Doi: 10.1016/j.scs.2015.11.005
- Zambrano, E. (2016). Estudio de mercado para la producción y comercialización de pitahaya en la parroquia valle hermoso, provincia de santo domingo de los Tsáchilas, año 2015. Tesis Ing. Comercial. Pontifica Universidad Central del Ecuador, Santo Domingo.
- Zhou, J., Zhang, Z., Liu, H. y Yi, Q. (2017). Temperature distribution and

back sheet role of polycrystalline silicon photovoltaic modules. Applied Thermal Engineering, 111, 1296-1303. Doi: 10.1016/j.applthermaleng.2016.10.095

Zuñiga, G. (2018). Sistema fotovoltaico para una cámara fría para almacenamiento de pitahaya para el Centro Agrícola Cantonal del Tena [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28942/1/Tesis\\_t1499id.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28942/1/Tesis_t1499id.pdf)

# SISTEMAS FOTOVOLTAICOS APLICADOS AL CULTIVO DE PITAHAYA

DISEÑO ENERGÉTICO PARA LA PLANTACIÓN  
EL GRANJERO, ECUADOR

