

Sistemas de riego a partir de la energía solar fotovoltaica

MSc. Mailyys Alonso Ramos, Ing. Luis Alberto García Pérez

ORCID 0000 0002 9299 7500

Resumen: El empleo de la energía por parte del hombre ha sido una necesidad y un reto, y las energías limpias han jugado un papel importante desde que se ha descubierto su gran potencial. La utilización de energías limpias en diferentes sistemas de producción representa una serie de beneficios que se agrupan en la escala ambiental, económica y social, las cuales han sido registradas en diversas investigaciones tanto a nivel nacional como internacional. El objetivo principal de esta investigación es proponer el empleo de sistemas de riego a partir de la energía solar fotovoltaica en la CCS Pedro Rodríguez Santana en el municipio Alquizar para la conservación del medio ambiente. Se emplearon diversos métodos teóricos, empíricos y matemático-estadísticos que permitieron analizar, sistematizar los resultados obtenidos, descubrir y acumular un conjunto de datos, que sirvieron de base para dar respuesta a la hipótesis de la investigación. Para dicho propósito se debe utilizar la radiación solar con que cuenta el país, se convierte la energía proveniente del sol, en energía eléctrica, a través de paneles fotovoltaicos. En ese sentido, se sustenta la tesis que la utilización de energías limpias mediante paneles solares fotovoltaicos empleados en sistemas de riegos es esencial para el desarrollo de la producción agrícola del municipio y la mejor solución para tener un mundo más

ecológico. Esta propuesta responde al Programa Nacional de la Agenda 2030 y los lineamientos del VIII Congreso del Partido Comunista de Cuba dirigidos a los medios alternativos de generación de energía eléctrica en nuestro país.

Índice de Términos: energías limpias, sistemas de riego, paneles fotovoltaicos, ecológico

I. INTRODUCCIÓN

La ciencia siempre busca opciones en pro de la ecología, o sea en defensa y protección del medio ambiente, es por esto que durante años se han estudiado las diversas formas de generación de energía producida por medios naturales que ayuden a preservar nuestro planeta.

El Sol, fuente de vida y origen de las demás formas de energía que el hombre ha utilizado desde los comienzos de la historia, puede llegar a satisfacer gran parte de las necesidades, si se sabe cómo aprovechar de forma racional la luz que continuamente se irradia sobre el planeta. El empleo de la energía por parte del hombre ha sido una necesidad y un reto, y las energías limpias han jugado un papel importante desde que se ha descubierto su gran potencial.

El porcentaje de la energía del sol que llega directamente a la Tierra se aprovecha en alguna medida para el calentamiento de agua, a través de colectores solares, o para producir corriente

eléctrica mediante celdas fotovoltaicas. Estas formas de producción de energía son las más respetuosas con el medio ambiente, por lo que reducen la dependencia energética de energías fósiles y contaminantes como el petróleo [7].

Las energías limpias pueden y deben tener un papel importante en el futuro energético del mundo. Ahora es el momento de cambiar a un futuro energético sostenible y realmente seguro, un futuro construido sobre tecnologías limpias y el desarrollo económico. Se plantea que mediante el uso de energías limpias se pueden tener beneficios como: reducción en el disturbio en el suelo y la vida silvestre, reducción en los derrames de petróleo durante el transporte, sustentabilidad en su uso, empleo y economía, así como seguridad energética [1].

La utilización de energías limpias en diferentes sistemas de producción representa una serie de beneficios que se agrupan en las escalas ambiental, económica y social, las cuales han sido registradas en diversas investigaciones tanto a nivel nacional como internacional. Por lo anterior hay que buscar equilibrio en el uso de cualquier energía limpia. La utilización de la energía solar fotovoltaica en instalaciones agrícolas tiene grandes ventajas que están haciendo que este tipo de energía sea cada vez mucho más utilizada en este sector [8].

Vivimos en un país que depende de la producción del petróleo para cubrir su demanda energética, uno de los componentes de la economía más sensibles a la carencia de este producto es la agricultura bajo riego, en la actualidad en el sistema de riego es común utilizar un motor de combustión interna (moto bomba) que requiere de combustibles fósiles que afectan directamente los costos de producción y trae consecuencias nefastas para la emisión de dióxido de carbono.

En el informe “El futuro de la alimentación y la agricultura. Tendencias y desafíos” se destaca, el uso de energías limpias en la agricultura como una alternativa a las energías convencionales para

hacer frente al cambio climático y contribuir a la producción de alimentos de una forma más sostenible, siendo de especial interés como fuentes de energía para sistemas de riego [2].

Por lo que se vuelve necesaria la aplicación de una fuente de energía limpia que sea amigable con el ambiente como los sistemas de riego utilizando energía solar fotovoltaica. Este sistema consiste en extraer agua de pozos o fuentes superficiales mediante bombas de agua, con la aplicación de paneles fotovoltaicos, ya que estos dispositivos captan la radiación solar, que es una fuente de energía inagotable y sin residuos. La energía solar absorbida por las celdas fotovoltaicas pondrá en operación la bomba de agua, ubicada en la cercanía del área de cultivo.

En la provincia Artemisa, municipio Alquízar el empleo de la energía solar fotovoltaica en el sector agropecuario en la Cooperativa de crédito y servicio (CCS) Pedro Rodríguez Santana es insuficiente pues a pesar de haber mejorado un poco con la electrificación de sus sistemas de riego falta mucho por hacer pues se ahorra combustible pero la tecnología de estos motores no es la adecuada y consumen mucho del sistema eléctrico lo que incrementa la demanda y además le queda como un 30 % de sus fincas con motores de combustión interna que requieren de diésel altamente contaminante del medio ambiente.

En la mayoría de las fincas de la cooperativa no se emplea ningún tipo de energías limpias directamente en la producción agraria, por lo tanto es un desafío urgente de transformación hacia formas de producción y consumo de energía que sean social y ambientalmente justas y sustentables. En ese sentido, se sustenta la tesis que el empleo de sistemas de riego a partir de la energía solar mediante paneles fotovoltaicos es esencial para el desarrollo de la producción agrícola del municipio.

El análisis de esta situación conduce al planteamiento del siguiente problema científico: ¿Cómo contribuir al empleo de sistemas de riego

a partir de la energía solar fotovoltaica para la conservación del medio ambiente en la CCS Pedro Rodríguez Santana del municipio Alquizar?

Como **hipótesis** se plantea: el empleo de sistemas de riego a partir de la energía solar fotovoltaica constituye una vía para la conservación del medio ambiente, la sostenibilidad económica y el ahorro de la energía eléctrica a partir de combustibles fósiles.

Como **objeto de estudio** se expone: el empleo de sistemas de riego a partir de la energía solar fotovoltaica en la CCS Pedro Rodríguez Santana del municipio Alquizar.

Frente a las ventajas sociales, económicas y ambientales, el presente trabajo tiene como **objetivo general**: proponer el empleo de sistemas de riego a partir de la energía solar fotovoltaica en la CCS Pedro Rodríguez Santana del municipio Alquizar.

Objetivos específicos:

- Sistematizar los referentes teóricos relacionados con los sistemas de riego a partir de la energía solar fotovoltaica y las bases necesarias para su ejecución.

-Diagnosticar en la cooperativa mediante los métodos e instrumentos los indicadores de la variable sistemas de riego a partir de la energía solar fotovoltaica.

-Caracterizar la propuesta para el empleo de sistemas de riego a partir de la energía solar fotovoltaica.

Se define la **variable**, sistemas de riego a partir de la energía solar fotovoltaica como una herramienta esencial para el desarrollo de la producción agrícola. Son instalaciones que facilitan el riego en los cultivos, existen varios tipos, los cuales dependiendo de la composición del terreno, o del producto que se cosecha, contienen características y generan diferentes beneficios. El principal beneficio de usar energía

solar fotovoltaica en el riego es la disminución de los costos energéticos, mejora de la eficiencia energética y aumento de la sostenibilidad de los cultivos.

Definición operacional de la variable y sus correspondientes indicadores:

Variable: Sistemas de riego a partir de la energía solar fotovoltaica.

Indicadores:

- Disponibilidad de recurso energía solar
- Tipos de componentes y dispositivos que constituyen los sistemas de riego.
- Lugar de instalación e inclinación de los paneles solares.

Esta investigación se enmarca en un diseño experimental y se clasifica como descriptivo-explicativo, con un diseño de pre-experimento ya que se mide el empleo de sistemas de riego a partir de la energía solar fotovoltaica.

Todo el trabajo investigativo se realizó bajo el **enfoque dialéctico-materialista** como método general de la ciencia, al utilizar un sistema de métodos, técnicas y procedimientos de investigación para recopilar, analizar, procesar y valorar la información.

Los **métodos teóricos** facilitaron descubrir, analizar y sistematizar los resultados obtenidos, para llegar a conclusiones confiables que permitan resolver el problema. En tal sentido se usaron:

- El **histórico y lógico** estudió los referentes teóricos-metodológicos que han caracterizado el estudio de sistemas de riego a partir de la energía solar fotovoltaica a través de la historia, y las tendencias más difundidas actualmente en el mundo para su empleo, en Cuba y en particular, en la provincia de Artemisa, municipio Alquizar.

- El **enfoque de sistema** facilitó la orientación general para el conocimiento de la estructura de los métodos, los enfoques y las tendencias más utilizadas para el empleo de sistemas de riego a partir de la energía solar fotovoltaica.
- El **analítico-sintético** se empleó en el estudio de las teorías que sustentan la investigación.
- El **inductivo-deductivo** se utilizó durante toda la investigación, para llegar a conclusiones y hacer generalizaciones.

Los **métodos empíricos** que se emplearon en el transcurso de la investigación permitieron descubrir y acumular un conjunto de datos, que sirvieron de base para dar respuesta a la hipótesis de la investigación. Entre ellos se utilizaron:

- La **observación** se aplicó a 11 fincas, 10 de la CCS Pedro Rodríguez Santana y una de la CCS Pedro Rodríguez Santana donde se observó la disponibilidad del recurso energía solar, características del terreno y los componentes de sus sistemas de riego como una de las vías para evaluar el empleo de sistemas de riego a partir de la energía solar fotovoltaica en la agricultura. Los parámetros de evaluación son bien, regular y mal.
- La **encuesta** a 10 cooperativistas con beneficios colectivos y 10 asociados de la CCS Pedro Rodríguez Santana y 1 asociado de la CCS Pedro Rodríguez Santana permitió investigar si se tiene conocimiento de la utilidad y los beneficios que brinda la energía solar para la economía y el medio ambiente y si existen recursos y disponibilidad de tierras para el empleo de sistemas de riego a partir de la energía solar fotovoltaica. Los parámetros de evaluación son sí, tal vez y no.
- Los **métodos estadísticos** posibilitaron el procesamiento de toda la información, con este fin se utilizó:
 - El **análisis porcentual**, como procedimiento matemático, permitió analizar los resultados obtenidos en la aplicación de los diferentes instrumentos durante el proceso de la investigación.
 - El **comparativo** permitió comparar los resultados obtenidos en la aplicación de la guía de observación y la encuesta durante el proceso de la investigación entre la CCS Pedro Rodríguez Santana y la CCS Antero Regalado.

La **unidad de estudio** con la cual se realizó la investigación corresponde con cooperativistas con beneficios colectivos y asociados de la CCS Pedro Rodríguez Santana del municipio Alquizar y de la CCS Antero Regalado del municipio capital Artemisa.

La **población** es de 16 cooperativistas con beneficios colectivos, 257 asociados en 144 fincas de la CCS Pedro Rodríguez Santana del municipio Alquizar y 27 cooperativistas con beneficios colectivos, 181 asociados en 68 fincas de la CCS Antero Regalado del municipio cabecera Artemisa.

La **muestra** es de 10 cooperativistas con beneficios colectivos y 10 asociados que pertenecen a 10 fincas de la CCS Pedro Rodríguez Santana del municipio Alquizar y 1 asociado que pertenece a la finca San Juan Bautista de la CCS Antero Regalado del municipio cabecera Artemisa. La muestra seleccionada es no probabilística de tipo intencional.

En la presente investigación se sustenta el empleo de la energía solar fotovoltaica para perfeccionar la actividad del riego agrícola que reemplace la dependencia de las fuentes tradicionales por los costos ilimitados que suponen. Con el fin de prescindir del consumo de electricidad

convencional necesaria para el riego, que debe ser sustituida por energía solar fotovoltaica.

II. DESARROLLO

Energías limpias

Las energías limpias son aquellas que, aprovechando los caudales naturales de energía del planeta, constituyen una fuente inagotable de flujo energético, renovándose constantemente. Dicho de forma más sencilla, son aquellas que nunca se agotan y se alimentan de las fuerzas naturales. Además cuentan con una ventaja y es que no generan residuos como consecuencia directa de su utilización. Por lo que son respetuosas con el medio ambiente [9].

En el contexto del cambio climático, las energías “limpias” han ganado notable visibilidad y protagonismo en el escenario político internacional, particularmente, en la última década. De acuerdo con un informe publicado por la Agencia Internacional de Energías Limpias, estas “se han movido hacia el centro del paisaje energético global” y han experimentado un crecimiento sin precedentes a lo largo de la última década, principalmente en energía eólica y solar [5].

Como observamos anteriormente, el modelo energético del siglo XXI promueve la transición del uso de combustibles fósiles, hacia el desarrollo y despliegue de tecnologías limpias. Este cambio de paradigma en nuestro país podría tener un impacto positivo, de corto y mediano plazo, en la producción agrícola mediante el empleo de paneles solares fotovoltaicos en sistemas de riego. De esta forma, la transición hacia las tecnologías limpias fortalece la seguridad energética, apoya el crecimiento económico y la competitividad, además de que reduce la necesidad energética y contribuye a mitigar el cambio climático.

Energía solar fotovoltaica en la agricultura

La energía solar, forma parte esencial de la vida en La Tierra. Es una energía ilimitada que se puede utilizar para generar otras fuentes de energía. Es tan útil que incluso puede cargar placas fotovoltaicas capaces de alimentar bombillos para otros tipos de plantaciones no convencionales como invernaderos, cultivos interiores y más.

Es rentable para regiones que gozan de buena radiación solar, pudiendo dividirse en dos: fotovoltaica y solar térmica; siendo la energía solar fotovoltaica la más utilizada en la agricultura de regadío por la transformación directa de su radiación en energía eléctrica empleada en el movimiento de caudal de agua de riego a través de un sistema de bombeo, reduciendo los costos energéticos provocando el incremento de rentabilidad, la mejora de la eficiencia energética y el aumento de la sostenibilidad de los cultivos [4].

Entonces, vemos que la energía solar representa una alternativa sostenible para proveer electricidad en la agricultura que suele necesitar una cantidad de energía significativa para que todas las instalaciones, en principio sistemas de riego y máquinas puedan funcionar. El planeta exige cuidados, es por eso que cada día se crearán otros métodos que preserven el medio ambiente sin necesidad de renunciar a actividades imprescindibles para la sociedad como la agricultura.

El riego tiene como objetivo básico reponer el déficit de humedad producto de un balance entre la evapotranspiración de los cultivos y la precipitación. Se han desarrollado criterios y procedimientos para mejorar y racionalizar las prácticas de reposición de agua al suelo, mediante nivelación de suelos, diseño de métodos de riego, regulación de caudales, estructuras de aducción, equipo de control y manejo adecuado del agua. Implementar, a nivel predial, una tecnificación de riego adecuada permite un uso eficiente de los

recursos hídricos disponibles, un aumento del área susceptible de ser regada, mejor aprovechamiento de la energía, los fertilizantes y mano de obra e incrementos en la producción y calidad de los cultivos [3].

Sistemas de riego mediante la energía solar fotovoltaica

En la agricultura regar los cultivos se ha vuelto una tarea muy desgastante, es por eso que aplicando la tecnología para resolver un problema y en este caso en la construcción de bombas de agua alimentadas con energía solar o eólica, convirtiéndose en una excelente alternativa a la hora de irrigar los cultivos [16].

La extracción de agua de los pozos para riego de cultivos es una de las aplicaciones con mayor rentabilidad de la energía solar fotovoltaica, ya que, es posible conseguir una instalación independiente de la red eléctrica con un mantenimiento mínimo, logrando con ello reducir los costos de la explotación.

El método de accionamiento de una bomba mediante generación energética solar es conocido como Bombeo Solar. Cada vez está siendo más utilizado ya que es aplicable a varios tipos y tamaños de instalaciones, desde baja potencia (1kW) hasta alta potencia (del orden de MW) y esto es debido a su gran versatilidad y capacidad de adaptación dependiendo de su forma de conexión, tamaño y componentes [17].

Para la actividad agrícola, el país cuenta con muy buenas condiciones de suelo y climas variados que lo hacen un país con una producción de alimentos casi continua a lo largo del año. Sin embargo, hay épocas del año en el que el verano y la escasez de lluvia hacen que la productividad de las siembras sea muy baja y con esto los precios de producción suban, teniendo consecuencias negativas tanto para el agricultor como para el consumidor final.

Esto hace que existan desafíos que se deben tener en cuenta al momento de afrontar estas

situaciones como son: hacer más eficiente el uso del agua al momento de su utilización para riego y buscar la manera de utilizar fuentes de energía sustentables y de bajo precio al momento de producir el bombeo de agua. Para combatir estos efectos, los sistemas de riego fotovoltaico, son una valiosa alternativa para mantener un cultivo con un suministro de agua constante durante todo el tiempo de siembra, convirtiéndose en potenciales aliados del desarrollo agrícola del municipio que es uno de los principales polos productivos del país.

Con el uso de la energía procedente del sol, se aprovecha esta fuente que se transforma en electricidad por medio de los paneles fotovoltaicos, haciéndola muy atractiva para ser una fuente limpia de potencia de los sistemas de bombeo. Esta tecnología tiene una muy buena acogida, debido a que en los meses en que más se necesita de riego, son los meses en que hay más abundancia de potencial solar, y por ende puede cubrir la demanda hídrica de los cultivos.

Al momento de diseñar un sistema de riego a partir de energía solar fotovoltaica se entra a tener en cuenta diferentes tipos de factores, que pueden tener gran impacto en la eficiencia del sistema al momento de su implementación: la demanda del cultivo, la ubicación, la confiabilidad de suministro de la fuente hídrica, el tipo de suministro que se va a realizar, etc.

Dentro de los principales productos que tienen una gran demanda de agua a lo largo de todo su ciclo productivo y en los que se ha intensificado los sistemas de riego tenemos: malanga, plátano y hortalizas, entre otros. En esta investigación, se propone la instalación de sistemas de riego a partir de la energía solar fotovoltaica en la CCS Pedro Rodríguez Santana, en la provincia Artemisa municipio Alquizar partiendo de los tipos de suelos que tenemos en el municipio.

Propuesta del sistema de riego a partir de la energía solar fotovoltaica

Para la propuesta del sistema de riego a partir de la energía solar fotovoltaica realizado en la CCS Pedro Rodríguez Santana del municipio Alquízar, se consideraron los antecedentes de la energía solar y sistemas de riego, así como los componentes específicos que deben ser tenidos en cuenta en la implementación de este sistema.

Los registros de datos meteorológicos, permitieron efectuar un diseño más ajustado al comportamiento real de la radiación, sin embargo, es necesario verificar que la información reportada sea fiable y se encuentre dentro de los parámetros, evitando inconvenientes de subdimensionamiento, para cuando el sistema sea implementado.

La instalación se encuentra en una zona en la que recibirá radiación solar suficiente a lo largo del año y sobre todo en sus puntos de funcionamiento. A parte de esto, el espacio ocupado por las placas no supone un problema para tener en cuenta. Para la implementación del sistema de riego a partir de la energía solar fotovoltaica es indispensable contar con el terreno idóneo para la instalación de paneles solares, ya que son terrenos llanos y sin grandes obstáculos que produzcan sombras, sin impedimentos para orientar los paneles en la orientación e inclinación óptimas, así como la captación de la máxima irradiación solar del lugar en la que estén instalados (Redondo, 2020).

Para su montaje se determinó la latitud correspondiente del municipio Alquízar ($22^{\circ} 48' 24''$), terreno donde se implementa el sistema de riego. Como estamos en el hemisferio norte ubicamos el panel de cara al sur con su respectivo ángulo de inclinación. Se basa en coger la latitud de nuestra ubicación y sumarle 15 grados en invierno y restarle 15 grados en verano. De esta manera calculamos el ángulo correcto para cada estación del año aprovechando al máximo de esta

forma la radiación. La distancia entre filas se calcula en función de este ángulo y de la latitud en un escenario, tomando el azimut y la elevación del sol correspondiente a cierta hora solar en el solsticio de invierno.

Las placas que se eligieron para la instalación fueron las de Silicio monocristalino, estas están formadas por una estructura cristalina uniforme y pulida de tal manera que evitan la humedad y la formación de hongos en la zona de captación solar, son de mayor eficiencia comparada con las demás, poseen una tecnología bien desarrollada y probada además de ser muy estables y son las más comúnmente usadas en nuestro país por las condiciones del clima.

Los paneles solares de silicio monocristalino ofrecen un gran rendimiento y son ideales para aquellas instalaciones fotovoltaicas donde la demanda energética es elevada. Y además poseen alta capacidad para absorber la radiación lo que favorece el efecto fotovoltaico [15].

Para el diseño del sistema solar fotovoltaico, se tuvo en cuenta cada uno de los componentes (**paneles fotovoltaicos, regulador– inversor y baterías**), para de esta manera generar una adecuada fiabilidad en la operación del sistema, además se garantiza suficiencia energética. La selección de los componentes del sistema es crucial para proporcionar al sistema un bajo mantenimiento, larga vida útil y alta fiabilidad. El acoplo de los componentes requiere un alto conocimiento y experiencia y de él dependerá el rendimiento final.

Atendiendo a la potencia de la bomba elegida se calcula la cantidad de paneles solares para la generación de la potencia requerida. Para la elección de la bomba de una instalación destinada a la extracción de agua es necesario conocer el caudal de agua y la altura manométrica ya que sin estos datos se podría elegir la inadecuada, en nuestro municipio la fuente de abasto fundamental son las aguas subterráneas las cuales

según se van acercando a la costa sur su profundidad disminuye y a la medida que se aleja aumenta por lo que la bomba más eficiente para la instalación sería la volumétrica pues es la más apropiada para el bombeo donde la profundidad es grande.

Se utilizaron los motores más comunes en nuestro territorio que son los trifásicos de altas potencias de corriente alterna, los que debido tamaño pequeño lo hace accesible en cualquier industria o sistema donde se requiera su potencialidad, posee un rendimiento eficiente y no generan grandes gastos en mantenimiento además de que cuentan con la fortaleza de proporcionar sistemas por sí mismos, se construyen de varios tamaños y son fabricados por marcas reconocidas en el mercado por su calidad y rendimiento, son más baratos y eficientes que los de corriente continua pero requieren del uso de inversores de corriente continua la cual suministran los paneles fotovoltaicos a corriente alterna que es la que utiliza el motor.

Los motores trifásicos se pueden incluir dentro de las máquinas eléctricas más fiables que existen actualmente, por lo que las intervenciones de mantenimiento son muy reducidas, y adaptándose a las diferentes prestaciones en función de las exigencias deseadas [17].

Se empleó el Inversor de Onda senoidal pura, con una eficiencia del 90% o más, dependiendo de la potencia. La incorporación de microprocesadores de última generación permite aumentar las prestaciones de los inversores. Es uno de los componentes principales ya que permite aprovechar la energía porque este aparato modifica la señal y logra que esta tenga las mismas características que la proveniente de la red eléctrica. Este tipo de inversor se utiliza en motores de inducción trifásicos que requieren una forma de onda sinusoidal pura, el cual es con el que contamos para la instalación del sistema de riego.

Se utilizó el variador de frecuencia o controlador para controlar y regular la corriente eléctrica producida por los paneles solares para que esta sea la adecuada para el funcionamiento de la bomba este también gestiona el cargue y descargue de las baterías. Se debe colocar en serie entre los paneles y la bomba.

Las estructuras de soporte de los módulos solares cumplen una doble función. En la primera se ensambla perfectamente los paneles solares dándoles rigidez estructural y un anclaje adecuado para soportar situaciones adversas y que sean resistentes a la corrosión y duraderas en el tiempo, no pueden producir sombras. En la segunda función se garantiza un mayor aprovechamiento de la radiación solar, se proporciona el ángulo óptimo al panel dependiendo de la localización de este o de la estación en la que se encuentre. Se utilizaron soportes fijos para mantener la misma inclinación durante todo su uso, estos proporcionan el ángulo óptimo a los paneles solares para aprovechar al máximo la radiación solar.

Se usaron las baterías para almacenar la energía eléctrica generada por los módulos fotovoltaicos instalados, estas son esenciales entre los componentes de la instalación. Facilitan la disponibilidad de electricidad en horas nocturnas y en días nublados, cuando la radiación solar es baja o nula. De esta forma se logra un sistema más eficiente y de mayor rendimiento.

Las baterías cumplen varias funciones en los sistemas fotovoltaicos, sirven para almacenar la energía eléctrica generada por los módulos fotovoltaicos para ser usada por la noche, permitir la operación de las cargas durante períodos de poco sol y estabilizar el voltaje del sistema [6].

Se propone un sistema híbrido eléctrico donde la obtención energética depende principalmente de la energía solar, también el sistema se encuentra conectado a la red de suministro eléctrico, donde la energía excedente una vez cargada la batería es

incorporada a la red. La forma de riego empleada es la de suministro directo a riego, la más común en nuestro territorio.

En una instalación fotovoltaica la mayoría de sus elementos quedan permanentemente al aire libre, por lo que los materiales de los que están compuestos los cables están diseñados para soportar las condiciones climáticas, como pueden ser, humedad, corrosión, exposición prolongada a radiación solar. El cableado utilizado en el sistema, es de calidad para aportar fiabilidad y larga duración a la instalación.

Se cuenta con un sistema de protección para proteger tanto la instalación como a las personas. Estos dispositivos proporcionan protección frente a sobrecargas, cortocircuitos y sobretensiones. Se utilizan los fusibles y los interruptores automáticos, calibrados y dimensionados siempre correctamente a las características de la instalación. Además se emplean descargadores de sobretensiones para la protección frente a sobretensiones, que normalmente tienen su origen en descargas atmosféricas.

Con la instalación del sistema de riego a partir de energía solar en el municipio Alquizar se contribuye a cumplir con una de las prioridades del gobierno cubano de incrementar el uso de la energía solar a corto plazo, lo que permitirá ayudar con la transición global hacia las energías limpias y con la independencia energética.

El municipio cuenta con el programa de desarrollo local, además del 1 por ciento de la contribución municipal para el desarrollo; respondiendo esta propuesta al Programa Nacional de la Agenda 2030 y los lineamientos del VIII Congreso del Partido Comunista de Cuba dirigidos a los medios alternativos de generación de energía eléctrica en nuestro país.

Valoración económica

Las opciones para la adquisición de sistemas fotovoltaicos en Cuba son: la compra en tiendas COPEXTEL, la venta es en moneda nacional (CUP) y se ofrece el servicio de instalación. El costo de los sistemas solares fotovoltaicos de venta en COPEXTEL es de 55,000 pesos cubanos (CUP) e incluye todos los componentes del sistema, así como su transportación y visitas de los técnicos para la instalación y montaje. Este sistema cuenta con una potencia de 1 kw y viene acompañado de los componentes necesarios para su instalación. Hasta este momento no cuentan con baterías por lo que se el sistema trabaja directo acoplado a la carga.

Cuando se analizan los costos de una instalación superior a 1kw, si la bomba instalada fuera de 7.5 kw entonces se necesitan ocho sistemas solares fotovoltaicos de 1kw cuya suma seria de 440,000 (CUP), si el sistema viene acompañado de las baterías se encarece más la inversión. Comparado con lo gastado regando con energía de la red en una finca de la cooperativa de ocho hectáreas que consume como promedio 2200 kw al mes y al año 26400kw con un gasto de 48840 (CUP) vemos que el costo del sistema es nueve veces mayor a lo que gasta la finca en un año con el sistema de riego que tiene instalado en estos momentos; pero esto es una inversión a corto plazo.

En las cinco primeras firmas productoras de celdas fotovoltaicas a nivel internacional, la inversión de 8 kw es de 4000 (USD) mientras que en Cuba sin las baterías oscila en 3600 (USD). A pesar del alto costo de la inversión inicial con el tiempo, el sistema se amortiza totalmente, el ahorro en la factura eléctrica es inmediato, la conclusión es que, en lugar de pagar por todo tu consumo de electricidad, inviertes en tu propio sistema de energía. El período de amortización de la energía solar es típicamente de entre siete y diez años.

III. CONCLUSIONES

El estudio realizado sobre sistemas de riego a partir de la energía solar fotovoltaica permitió identificar, los sustentos teóricos y metodológicos principales de la investigación.

Se logró diagnosticar el estado del conocimiento sobre sistemas de riego a partir de la energía solar fotovoltaica observándose que el indicador número 2 es el más afectado refiriéndose a los tipos de componentes y dispositivos que constituyen los sistemas de riego.

Los resultados obtenidos en la encuesta y la guía de observación aportan que el sistema de riego a partir de la energía solar fotovoltaica es el más eficiente para el municipio.

La implementación de la propuesta ayudará a incrementar la producción de alimentos en el sector agrícola del municipio, contribuye al ahorro de energía en 92 kw diarios (se toma como referencia el ejemplo de la valoración económica). Se convierte la finca en un ambiente ecosostenible.

IV. REFERENCIAS

- [1] BADI, M.H., A. GUILLEN, & J.L. ABREU (2016). Energías renovables y conservación de energía. *Daena* 11(1): 141-155.
- [2] FAO (2017). El futuro de la alimentación y la agricultura. Tendencias y desafíos. <http://www.fao.org/3/a-i6881s.pdf>.
- [3] HOLZAPFEL H.E., (2019). Riego Gravitacional, Biblioteca Digital INIA, Chile. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/37956/NR15544.pdf?sequence=1>
- [4] ICCA (2015). Energías renovables Energías renovables
- [5] IRENA (2019). Renewable Energy. A gender perspective, Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- [6] JUÁREZ, E.C. & VERA, A.C., (2017). Estudio de sistemas automatizados de riego por goteo por medio de energía solar para invernadero. Tecamachalco de Guerrero Puebla, México.
- [7] LANDA, M. (2005). Energía solar en España: El potencial solar de España es el más alto de Europa debido a su privilegiada situación y climatología. Consultado el día 10 de febrero del 2013 en http://www.consumer.es/web/es/medioambiente/energía_y_ciencia/2005/01/11/114942.php.
- [8] POWEN, (2015). Powen. (s.f.). Obtenido de <https://powen.es/placas-solares-para-autoconsumo-agricola/>
- [9] RAMÍREZ L.E. (2018). El Uso de Energía Limpia y su Importancia en la Conservación del Medio Ambiente. Universidad Autónoma Metropolitana. México.
- [10] REDONDO, J.J. (2020). Diseño de dos instalaciones de bombeo para riego agrícola con suministro eléctrico mediante energía solar fotovoltaica aislada de la red en San Juan Clemente, (Cuenca) Madrid. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/155037/Redondo%20Madrid>

[11] RIZK, J. & NAGRIAL, M. H. (2008). Impact of reflectors on solar energy. Proceedings of the World Academy of Science. Engineering and Technology.

[12] ROMAN, H. (2007). Here comes the sun: Residential solar systems. Power energy. Consultado el 10 de febrero del 2013 en www.techdirections.com.

[13] TINAJEROS, S. M. (2011). Sistema de calentamiento de agua con energía solar en la ciudad de Arequipa. XVIII Simposio Peruano de Energía Solar y del Ambiente, Universidad Nacional de San Agustín, Escuela de Física, Perú.

[14] TORPEY, E. (2009). Solar Photovoltaic installer. Occupational Outlook Quarterly, Bureau of Labor.

[15] SAKUDARTE & JOSUÉ SANTANAA, A. (1986) Diferencia entre silicio monocristalino y policristalino., Requiem 2022 Albasolar, Alianza Editorial, S. A.

[16] SAPUTRA M., SYUHADA A, & SARY R. (2018). Study of solar and wind energy using as water pump drive-landfor agricultural irrigation doi:10.1109/ICSTC.2018.852864

[17] TORRENTE, M. B. (2013) Máquina Asíncrona o de inducción, Maquinas Eléctricas 2. UPC.

[18] VERNIA, V. (2017). Tecnología Fotovoltaica, Bombeo Solar.