

Research Article

Potencial fotovoltaico para sistemas de bombeo de agua para la comuna de Joa, Manabí, Ecuador.

Photovoltaic potential for water pumping systems for the Joa commune, Manabí, Ecuador.

Guerrero-Calero, Juan Manuel ¹<https://orcid.org/0000-0002-1356-0475>juan.guerrero@unesum.edu.ec

Ecuador, Manabí, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Carrera de Ingeniería Ambiental.

Moran-González, Miguel ²<https://orcid.org/0000-0002-6072-3599>miguel.moran@unesum.edu.ec

Ecuador, Manabí, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Carrera de Ingeniería Ambiental.

Zapata-Velasco, Mayra Lisette ³<https://orcid.org/0000-0003-1578-3776>mayra.zapata@unesum.edu.ec

Ecuador, Manabí, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Carrera de Ingeniería Ambiental.

Mieles-Giler, Jorge Washington ⁴<https://orcid.org/0009-0003-4739-8968>jorge.mieles@unesum.edu.ec

Ecuador, Manabí, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Carrera de Ingeniería Ambiental.

Cárdenas-Baque, Daniel Alejandro ⁵<https://orcid.org/0000-0002-0842-6431>cardenas-daniel1509@gmail.com

Ecuador, Manabí, Investigador Independiente

Autor de correspondencia ¹DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n3/119>

Resumen: La energía solar fotovoltaica es una de las opciones de energías renovables que nos permite reducir los efectos del cambio climático. Además, es una fuente inagotable disponible en el planeta que contribuye al desarrollo sostenible. Esta investigación adopta un enfoque tanto cualitativo como cuantitativo, habiéndose recopilado datos de irradiación global durante los años 2012-2021, obteniendo un promedio de 4.19788030 W/m² junto con las horas solares pico, lo que resultó en variaciones en los resultados. Posteriormente, se calcularon el número de paneles solares fotovoltaicos, el inversor, las baterías y el controlador necesarios. También se diseñó el esquema de un módulo fotovoltaico para un sistema de bombeo de agua destinado a cultivos, utilizando el software Wondershare EdrawMax. Además, se realizó una encuesta a los agricultores para determinar el consumo diario y la potencia de la bomba de agua que utilizan para el riego de los cultivos.

Palabras clave: Irradiación solar, hora solar pico, sistema fotovoltaico.



Check for updates

Received: 10/May/2024**Accepted:** 16/Jun/2024**Published:** 31/Jul/2024

Cita: Guerrero-Calero, J. M., Moran-González, M., Zapata-Velasco, M. L., Mieles-Giler, J. W., & Cárdenas-Baque, D. A. (2024). Potencial fotovoltaico para sistemas de bombeo de agua para la comuna de Joa, Manabí, Ecuador. Journal of Economic and Social Science Research, 4(3), 32–45. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n3/119>

Journal of Economic and Social Science Research (JESSR)

<https://economicsocialresearch.com>info@editoriagrupo-aea.com

Nota del editor: Editorial Grupo AEA se mantiene neutral con respecto a las reclamaciones legales resultantes de contenido publicado. La responsabilidad de información publicada recae enteramente en los autores.

© 2024. Este artículo es un documento de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional**.

Abstract:

Photovoltaic solar energy is one of the renewable energy options that allows us to reduce the effects of climate change. Furthermore, it is an inexhaustible source available on the planet that contributes to sustainable development. This research adopts both a qualitative and quantitative approach, with global irradiance data having been collected during the years 2012-2021, obtaining an average of 4.19788030 W/m² along with peak solar hours, which resulted in variations in the results. Subsequently, the number of photovoltaic solar panels, the inverter, the batteries and the controller required were calculated. The scheme of a photovoltaic module for a water pumping system for crops was also designed, using the Wondershare EdrawMax software. In addition, a survey was conducted among farmers to determine the daily consumption and power of the water pump they use to irrigate crops.

Keywords: Solar irradiance, solar peak hour, photovoltaic system.

1. Introducción

La energía solar, una fuente inagotable en nuestro planeta, es una forma de energía renovable derivada de la irradiación electromagnética del sol, aprovechable mediante módulos fotovoltaicos (Caballero, 2023). Los sistemas fotovoltaicos han avanzado globalmente con nuevas tecnologías para satisfacer las demandas energéticas de la población. Actualmente, estamos en un periodo de transición energética que busca reducir la dependencia de combustibles fósiles y adoptar fuentes de energía renovable. Esta creciente demanda ha contribuido a una disminución del 85% en el costo de la energía solar desde 2010, convirtiéndola en la fuente de energía más económica y rentable en la actualidad (Vaca-Revelo y Ordoñez, 2019).

La posición geográfica de Ecuador presenta un considerable potencial de exposición solar a lo largo de todo el año (Caballero, 2023). Según Guerrero-Calero et al., (2023), la provincia de Manabí, en particular el cantón Jipijapa, se destaca como un lugar propicio para la instalación de sistemas fotovoltaicos debido a su elevado índice de irradiación solar en comparación con otras áreas del país.

El cantón Jipijapa dispone de registros detallados sobre la cantidad de irradiación solar en cada una de sus parroquias, lo que lo convierte en un punto ideal para implementar proyectos fotovoltaicos, dadas sus condiciones climáticas, y contribuir al desarrollo sostenible y la mitigación del cambio climático.

Realizar un análisis que integre bases de datos actualizadas junto con la información recopilada por las diversas estaciones meteorológicas distribuidas en la zona sur de Manabí, donde la contribución de la energía fotovoltaica apenas alcanza un 0.017% de la generación eléctrica total a nivel nacional, tiene el potencial de impulsar la adopción de esta tecnología (Santos et al., 2017).

En la comuna Joa, se planea diseñar un esquema de un sistema de bombeo para agua potable mediante un sistema fotovoltaico, beneficiando a los agricultores de la comunidad y fomentando la sostenibilidad en la región.

2. Materiales y métodos

Selección del área de estudio

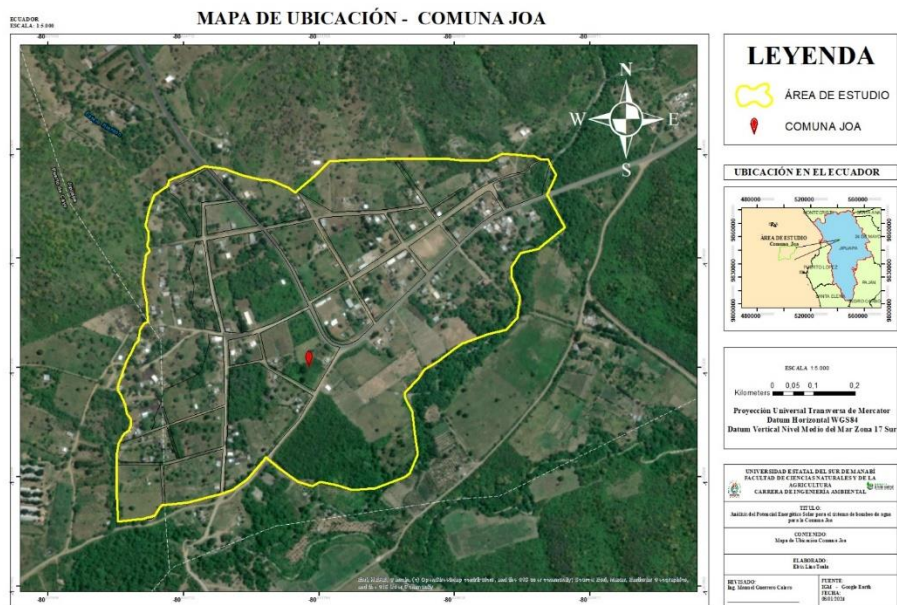
Esta investigación se llevará a cabo en la comuna Joa con el objetivo de analizar el potencial fotovoltaico y diseñar un sistema de bombeo de agua potable para los agricultores.

Tabla 1:
Coordenadas de la zona de estudio

Ubicación Geográfica de la comuna Joa	
X	Y
541147	9847816

Nota: Autores (2024)

Figura 1:
Mapa de Ubicación del área de estudio



Nota: Autores (2024)

Enfoque de la investigación

El principal objetivo de esta investigación es analizar el potencial fotovoltaico para diseñar un sistema de bombeo de agua potable. Se llevó a cabo un estudio de naturaleza mixta, con un enfoque cualitativo y cuantitativo, para explorar exhaustivamente el tema y proporcionar un análisis integral que abarque tanto datos cualitativos como cuantitativos.

Para determinar el potencial energético, se identificaron las horas de sol pico y se calculó la irradiación global. Estos datos se obtuvieron a partir de información histórica recopilada y almacenada en estaciones meteorológicas. El enfoque cualitativo-cuantitativo fue esencial para el uso de datos de la plataforma NASA Power Data, de la cual se obtuvieron los datos solares del periodo 2012-2022 de la comuna de Joa. La información se organizó en una tabla en Excel y luego se analizó utilizando la herramienta Seaborn.

Se realizó una encuesta con seis preguntas validadas a 15 agricultores de la comuna Joa. Para identificar a los agricultores, se utilizó el método de "boca en boca", preguntando directamente de agricultor en agricultor, con el fin de obtener información sobre la potencia de la bomba de agua y el consumo diario. Una vez completada la encuesta, los datos recopilados se tabularon utilizando Excel 2021.

Finalmente, para calcular el potencial energético a partir de los datos obtenidos, se aplicó una fórmula detallada en la tabla 2.

Tabla 2:

Ecuación de cálculo de Irradiación global.

Ecuación de Irradiación global	Significado	Secuencia
$Ig: hsp \times 1000w/m^2$	Ig: irradiación global Hsp: Hora solares pico	1

Nota: Dufour (2008)

Consumo energético

El consumo se establece a través de una encuesta dirigida a los agricultores para determinar el uso de una bomba de agua, especificando la potencia total y el consumo diario de energía tal como se observa en el modelo presentado en la tabla 3.

Tabla 3

Modelo de recolección de datos del consumo energético

Ítem	Fuentes de consumo	Marca	Cantidad	Potencia W	Potencia Total	Horas de Uso	Consumo diario
1							

Nota: La potencia se evaluó en criterio informativo al etiquetado de los dispositivos, Autores (2024)

Selección del panel solar

En los proyectos fotovoltaicos, se destaca el uso de tecnología monocristalina en los paneles solares, los cuales se fabrican a partir de celdas de un solo cristal de silicio (Zimpertec, 2018). Este enfoque reduce las imperfecciones y mejora la eficiencia en la conversión de la luz solar en electricidad. Además, se señala que la vida útil de un panel supera los 25 años y que su alta eficiencia le permite absorber radiación solar incluso en condiciones climáticas adversas, como días nublados, lluviosos o tormentosos.

Para seleccionar el panel fotovoltaico más adecuado en el diseño del sistema, se utilizará el software PVsyst 7.4. Este programa es ampliamente utilizado en la industria

solar para diseñar y analizar sistemas fotovoltaicos, permitiendo simular y evaluar el rendimiento esperado del sistema en diferentes condiciones, según su ubicación.

Capacidad del Panel.

Se determinará bajo el criterio y análisis del programa o software PVsyst 7.4.

Potencia/célula: 140 vatios/ 36 células

Eficiencia: 19,6%

Corriente de cortocircuito (I_{sc}): 7,89 A

Tensión de circuito abierto (V_{oc}): 22,99 voltios

Tensión nominal (V_{mp}): 18,92 voltios

Corriente nominal (I_{mp}): 7,4 A

Dimensiones del producto 1730 x 545 x 35mm

Número de paneles

Para determinar el número de paneles se utilizará la siguiente formula redactada en la tabla 4.

Tabla 4:

Ecuación de cálculo de número de paneles

Ecuación de cálculo de numero de paneles solares	Significado	Secuencia
N. Paneles= $E * 1,2 / HSP * Watt$	E: Consumo diario 1,2: Factor de seguridad HSP: Horas solares Pico Watt: Potencia del panel	2

Nota: Herrera (2013)

El consumo diario va en función a la tabla 4 de las características del panel, donde se multiplico la potencia de la bomba por el tiempo de uso.

Selección de Batería

La selección del sistema de voltaje se basa en el consumo diario:

- Para un consumo diario de 1 a 2000 Wh, se recomienda un sistema de 12V.
- Para un consumo diario de 2001 a 4500 Wh, se sugiere un sistema de 24V.
- Para un consumo diario superior a 4500 Wh, se aconseja un sistema de 48V.

Selección de Regulador

La selección del regulador va en función al número de paneles del sistema por el amperaje de cortocircuito bajo etiquetado de cada panel solar fotovoltaico.

Amp= $I_{sc} * \#$ de paneles

Amp: Amperaje del regulador

Isc: amperaje de cortocircuito

#Paneles: Numero de paneles

Selección de Inversor

Para seleccionar el inversor, es crucial considerar su eficiencia y capacidad, las cuales se detallan a continuación:

- 1 kV: 800 W de capacidad del inversor
- 2 kV: 1600 W de capacidad del inversor
- 3 kV: 2400 W de capacidad del inversor
- 5 kVA: 4000 W de capacidad del inversor

Kilovoltios-amperios es la cantidad total de potencia consume un sistema, dado que toda la energía equiválase a un kilo watt no puede ser utilizada para realizar un trabajo.

Inclinación de panel

Al implementar un sistema de paneles fotovoltaicos, es crucial ajustar la inclinación de los paneles para maximizar la captación de energía solar. Es importante tener en cuenta el hemisferio en el que se encuentra la ubicación del estudio. Para ello, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Inc Opt} = 3,7 + 0,69 * \text{Lat}$$

La generación del mapa solar es un paso crucial en el diseño de un sistema fotovoltaico eficiente. Se inició ingresando las coordenadas geográficas junto con los datos de irradiación y las horas solares pico (HSP). Estos datos son fundamentales para comprender la disponibilidad y la intensidad de la radiación solar en la zona de interés. Luego, se delimitó el área correspondiente en el mapa para enfocar el análisis en la región de estudio.

La interpolación se realizó utilizando el método IDW, una técnica comúnmente empleada en el análisis espacial para estimar valores desconocidos en ubicaciones no muestreadas. Esta técnica permite crear un mapa continuo de irradiación solar, proporcionando una representación visual precisa y detallada de la distribución de la radiación solar en el área de estudio.

La selección de un esquema de colores apropiado para el mapa es esencial para interpretar adecuadamente los datos. Se eligió una paleta de colores en función de la intensidad de la radiación solar, facilitando la identificación de áreas con mayor o menor potencial solar.

Posteriormente, utilizando la herramienta PVsyst 7.4, se determinó el número óptimo de paneles solares necesarios para aprovechar al máximo el potencial solar identificado en el mapa. Además, se seleccionaron la batería, el inversor y el

controlador adecuados para garantizar un funcionamiento eficiente y confiable del sistema fotovoltaico.

Finalmente, se creó un diagrama detallado del sistema utilizando la herramienta Wondershare EdrawMax. Este diagrama proporciona una representación visual clara y comprensible de la configuración y los componentes del sistema fotovoltaico, facilitando su comprensión y comunicación a todas las partes interesadas.

3. Resultados

Tabla 5.

Listado de preguntas aplicadas a propietarios de las actividades productivas

Preguntas aplicadas en la encuesta

1. ¿Conoce usted sobre la energía solar fotovoltaica?
2. ¿Cree usted, que la energía solar fotovoltaica pueda abastecer un sistema de bombeo de agua?
3. ¿De medio se abastece usted del agua potable para riego de los cultivos?
4. ¿Cuál es la potencia de la bomba de agua?
5. ¿Cuál es el consumo diario de energía eléctrica de las bombas de agua?
6. ¿Cuál es el consumo diario de agua que se ocupa para el regío de los cultivos?

Nota: Autores (2024)

Tabla 6.

Tabla de conjunto.

	P1		P2		P3		P4		P5		P6
Si	46.15%	Si	73%	Río	80%	1hp	87%	220W	20%	2 tanques	7%
No	53.35%	No	27%	Albarrada	13%	2hp	13%	250w	80%	3 tanques	13%
Total	100%	Total	100%	Otro	7%	Total	100%	Total	100%	4 tanques	33%
				Total	100%					5 tanques	47%
										Total	100%

Nota: Autores (2024)

Interpretación: Según la encuesta realizada, el 53.35% de los participantes afirmó no tener conocimiento sobre la energía solar fotovoltaica. En la segunda pregunta, el 73% de los encuestados consideró viable utilizar un sistema de bombeo de agua impulsado por energía solar fotovoltaica para abastecer a la comunidad, mientras que el 27% no lo vio favorable.

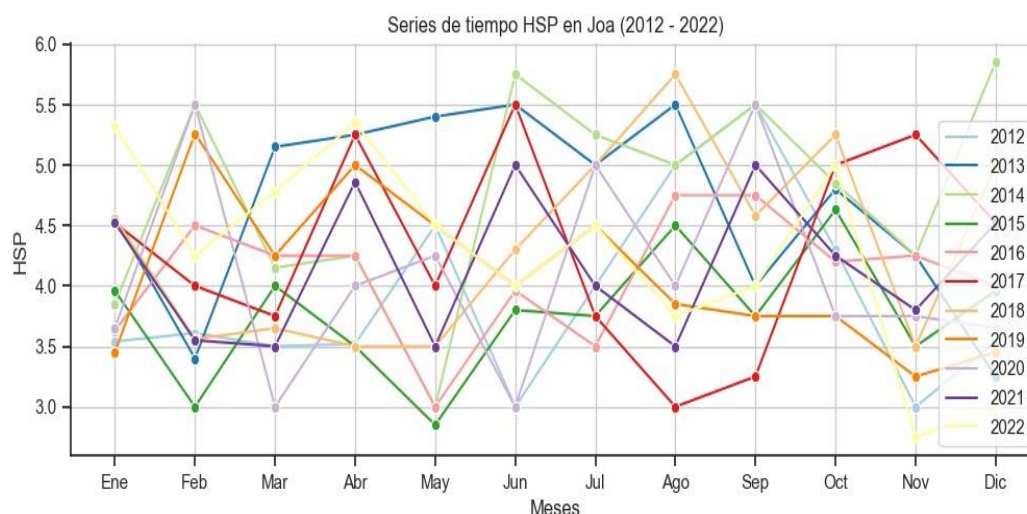
En la tercera pregunta, se reveló que el 80% de los cultivos se irrigan con agua de la cuenca del río, el 13% con agua de albarradas, y el 7% utiliza otras fuentes de abastecimiento. En la cuarta pregunta, el 87% de los agricultores reportó usar bombas de agua con una capacidad de 2 caballos de fuerza, mientras que el 13% emplea bombas de 1 caballo de fuerza.

Para determinar el consumo eléctrico de las bombas de agua (quinta pregunta), el 80% de los encuestados mencionó un consumo de 250 watts, y el 20% indicó un

consumo de 220 watts. Finalmente, en la sexta pregunta, el 47% de la población señaló que su consumo diario de agua para el riego de cultivos es de 5 tanques por fila, el 33% usa 4 tanques, el 13% utiliza 3 tanques y el 7% necesita solo 2 tanques.

Figura 2

Horas solares pico de la Comuna Joa

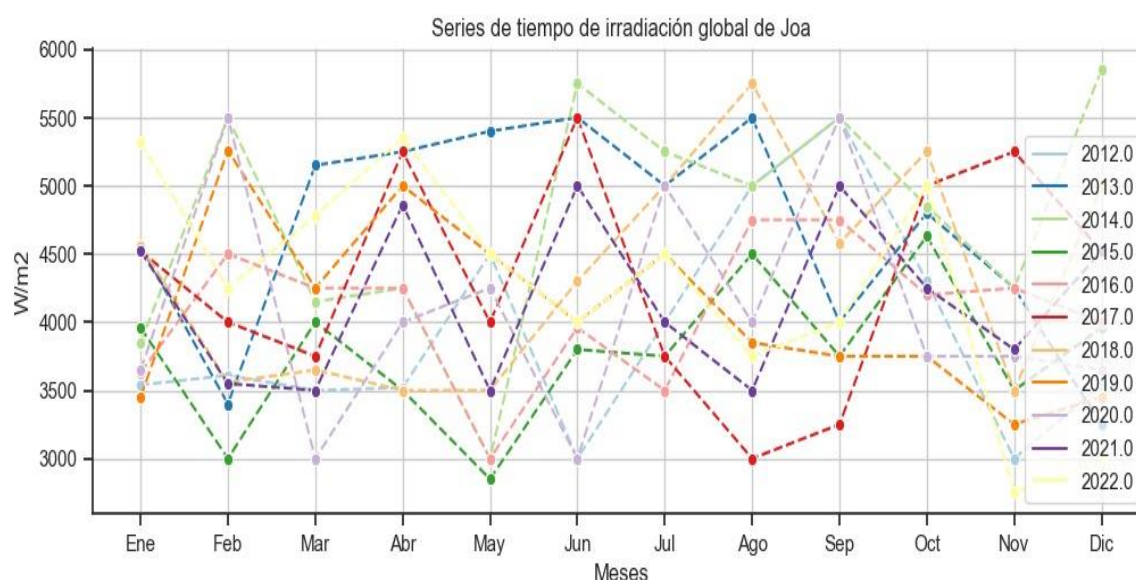


Nota: Autores (2024)

Según la figura 2, los datos recopilados entre 2012 y 2022 para la comuna Joa muestran la variación en la cantidad de luz solar disponible durante los meses de invierno y verano. Un primer punto destacable es el pico de horas solares pico (HSP) en diciembre de 2014. Otro pico significativo ocurrió en agosto de 2019, con un valor de 5.6 HSP. El punto más bajo se registró en noviembre de 2022, con solo 2.65 HSP. En los años restantes, se observaron fluctuaciones en las horas solares pico.

Figura 3

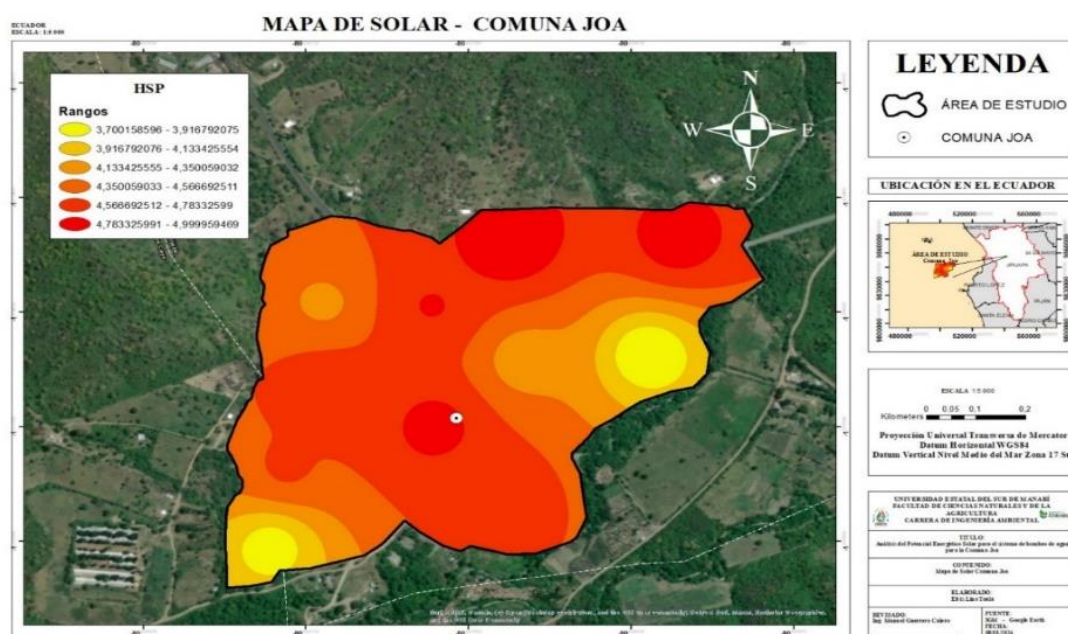
Irradiación global de la comuna Joa.



Nota: Autores (2024)

El potencial energético de la comuna Joa está estrechamente vinculado a las horas solares pico registradas entre 2012 y 2022, que promediaron 4.19788030 HSP. El nivel más alto de irradiación solar se alcanzó en diciembre de 2014, con un pico máximo de 5900 W/m². En contraste, la menor irradiación solar se registró en noviembre de 2022, con 2650 W/m².

Figura 4
Mapa solar



Nota: Autores (2024)

El mapa solar de la comuna Joa muestra varios puntos de muestreo distribuidos de manera dispersa, lo que permite evaluar la cantidad de radiación solar que incide sobre la superficie terrestre. La representación gráfica utiliza tonalidades naranjas para indicar niveles más altos de irradiación, con un rango decreciente de 4.78 a 4.19 horas solares pico (HSP). Una tonalidad naranja más clara representa una disminución en las HSP, abarcando de 4.13 a 1.19 HSP. Finalmente, una tonalidad amarilla indica valores entre 3.70 y 3.91 HSP.

Esta representación visual proporciona información valiosa sobre la variabilidad de la radiación solar en la comuna Joa, permitiendo identificar las áreas con mayores y menores niveles de irradiación. Esto es crucial para la planificación y diseño de sistemas fotovoltaicos, así como para comprender el potencial energético disponible en la región.

3.1. Cálculo de cada componente.

$$N. \text{ Paneles} = E * 1,2 / HSP * Watt$$

$$N. \text{ Paneles} = 9,948.4 * 1,2 / 4,197 * 140$$

$$N. \text{ Paneles} = 10,738.08 / 587.58$$

$$N. \text{ Paneles} = 18.2750$$

Equivalentes a 19 paneles de 140 W que deben ser instalado para el sistema de bombeo

$$\text{Inc Opt} = 3,7 + 0,69 * -1,3833333 = 2,74$$

Los 19 paneles deben llevar una inclinación de 2,74 hacia el norte para captar la mayor irradiación solar

3.2. Cálculo de demanda y numero de baterías

$$\text{AhD} = (\text{Demanda} * \text{Días de autonomía}) / (\text{voltaje del sistema} * \% \text{ de descarga})$$

$$\text{AhD} = 2,854 * 1/24 * 0.5$$

$$\text{AhD} = 2.854/12$$

$$\text{AhD} = 237.83$$

$$\# \text{Baterías} = \text{Ah D} / \text{Ah de Batería}$$

$$\# \text{Baterías} = 237.83 / 160$$

$$\# \text{Baterías} = 2$$

3.3. CÁLCULO DE AMPERAJE DEL SISTEMA

$$\text{Amp} = \text{Isc} * \# \text{ de paneles}$$

$$\text{Amp} = 11.7 * 21$$

$$\text{Amp} = 245.7$$

3.4. CÁLCULO DE INVERSOR

$$\text{Watt} = \text{Potencial total} * 1,2$$

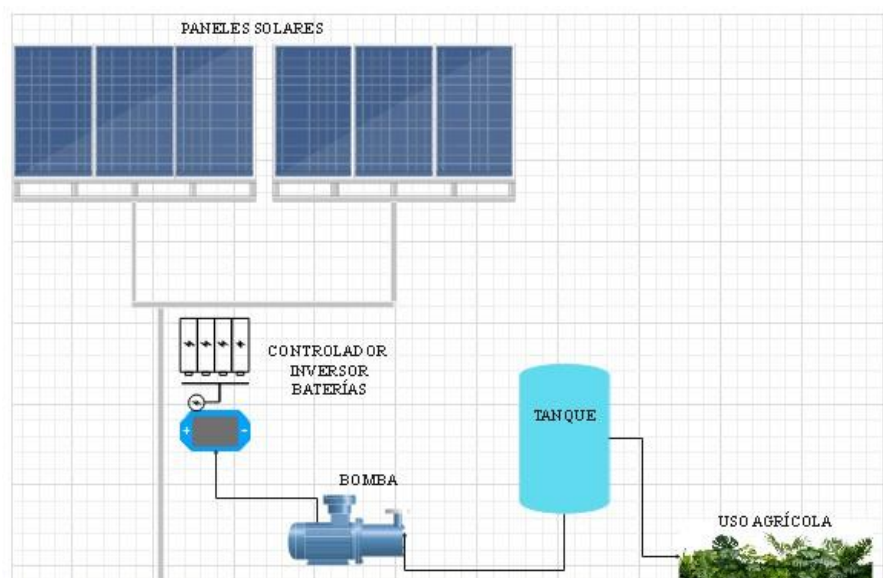
$$\text{Watt} = 1491.4 * 1,2$$

$$\text{Watt} = 1798,68$$

$$= 1 \text{ inversor de } 2000 \text{ W}$$

Figura 5:

Diseño de un sistema fotovoltaico para un sistema de bombeo de agua para regio a cultivos



Nota: Autores (2024)

4. Discusión

La implementación de un sistema de bombeo de agua mediante un proyecto fotovoltaico ofrece una serie de ventajas al aprovechar las energías renovables, lo que contribuye al desarrollo de la sostenibilidad a largo plazo. Según Palacios y Gauna (2018), las condiciones climáticas y la irradiación solar en la región del Pacífico son adecuadas para la instalación de sistemas fotovoltaicos, especialmente para sistemas de bombeo fotovoltaico, debido a las altas tasas de irradiación solar por su ubicación ecuatorial. La investigación señala que la zona de estudio se encuentra en una posición geográfica favorable, lo que resulta en una mayor captación de irradiación global y horas solares pico, con un promedio de 4.19.

Por otro lado, Rodríguez-Macías y Vélez-Quiroz (2021) indican que los sistemas de bombeo de agua con energía solar han ganado popularidad debido a su autosuficiencia y su independencia de fuentes de energía no renovables. Además, Bucheli (2016) menciona que mediante el software PSIM se puede implementar un proyecto de generación de energía eléctrica a partir de paneles solares, y que para el sistema fotovoltaico en la comuna Joa se necesitarían 19 paneles solares de 190 W, un controlador de 300 Ah, entre otros componentes, lo que contribuirá a una mayor eficiencia energética.

En otro estudio, Mora y González (2021) proponen que un sistema fotovoltaico debe tener paneles solares de 380W de potencia, baterías, controladores de carga y inversores seleccionados con base en su rendimiento y las necesidades energéticas

mínimas. Estos estudios resaltan la importancia de explorar la viabilidad de emplear sistemas de bombeo en zonas con potencial energético.

Por ejemplo, el trabajo de Ballester (2018) demuestra avances notables en la tecnología de los sistemas de bombeo solar fotovoltaico, evidenciando resultados eficaces y una alta rentabilidad económica. Asimismo, Asmat Cáceres (2018) destaca la importancia de considerar factores como la radiación solar en la ubicación del sistema, ya que contribuyen al funcionamiento eficiente de sus componentes.

Considerando estos resultados, se puede evaluar la viabilidad de implementar un sistema de bombeo fotovoltaico en la comuna Joa, lo que podría representar una solución eficaz y respetuosa con el medio ambiente para abordar los desafíos energéticos de esta localidad.

Según Howard & Xu, (2022), los paneles son dispositivos encargados de captar la radiación solar y mediante un fenómeno llamado foto generación de electrones generar una corriente continua que será sometida a proceso y generará energía eléctrica. El convertidor de frecuencia se encarga de transformar la energía eléctrica directamente a energía mecánica en el eje del motor, que será utilizado para circular el fluido en el sistema de bombeo. Para el diseño debe elegirse paneles de características óptimas, panel FMX 250W cristalino, el cual tiene una eficiencia de módulo del 15,37% y una eficiencia de células del 16,24%. Los paneles tienen una potencia de 250W cada uno y una intensidad de 8,55 amperes. La garantía de potencia para el panel es de 10 años, especifica que durante los primeros 12 años el módulo funcionará con un 90,5% de su potencia inicial, y a los 30 años seguirá con un 80,6% de su potencia inicial. Asimismo, el panel permite que, en un rango de temperatura de 25 a 80 grados, el panel tenga un 85% de rendimiento en relación con su temperatura de trabajo estándar (Oliveira, 2021).

El diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico se verá influenciado especialmente por el régimen solar, el cual va a depender de la localización espacial que se asigne al bombeo fotovoltaico (Schmidtchen et al.2021). De forma que Zhu (2023) indica que es inevitable, que la potencia pico que necesitará el sistema asumirá distintos valores para los diversos casos. A pesar de que en muchos casos de bombeo se logre determinar una clara periodicidad en la demanda de energía, normalmente y para evitar la simetrización del sistema fotovoltaico que reducirá la eficacia de lo expuesto, el generador solar de bombeo fotovoltaico se diseñará considerando un enfoque energético convencional, al tratarse además de un recurso que puede darse en el instante que se adivina en muchas ocasiones como ya hemos comentado en la climatología del régimen termo solar.

5. Conclusiones

Dentro del análisis de la investigación " Potencial fotovoltaico para sistemas de bombeo de agua para la comuna de Joa, Manabí, Ecuador.", se examinaron varios

aspectos cruciales. En primer lugar, se evaluó el consumo diario de la bomba de agua utilizada para el riego, estableciendo que esta consume alrededor de 250 watts. Además, se profundizó en la potencia de la bomba y en el consumo de metros cúbicos por parcela de plantas, como parte de la comprensión general del sistema de irrigación.

En términos de la evaluación del potencial energético solar, se analizaron los datos de irradiación solar durante un período de 10 años, desde 2012 hasta 2022. Este análisis reveló un promedio de irradiación global de 4.19788030 W/m², con un notable incremento en las horas solares pico. Se destacó especialmente el mes de diciembre de 2014 como el período con mayor potencial de irradiación solar.

En una etapa posterior del proyecto, se procedió a diseñar un esquema para el módulo fotovoltaico destinado al sistema de bombeo de agua. Este diseño incluye la disposición de 19 paneles solares monos cristalinos, con un ángulo de inclinación de 2.74°, así como la instalación de 2 baterías de 24 V, un inversor de 2000 W y un controlador de 300 Ah. Este esquema se elaboró teniendo en cuenta las características específicas del entorno de la comuna Joa y su potencial energético solar.

Referencias Bibliográficas

- Asmat Cáceres, C. P. (2018). Determinación de la eficiencia de un sistema de bombeo fotovoltaico en el distrito de Yaurisque-Cusco. *Universidad Nacional Agraria La Molina*. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1370556>
- Ballester, M. (2018). *Estudio de Bombeo para instalación de riego mediante instalación solar fotovoltaica*. 146. <http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/7383/tfg-bal-est.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bucheli, J. (2016). *“Diseño de un sistema de generación eléctrica, para aprovechar el potencial energético solar como fuente de energía alternativa en el bombeo de agua de riego para la finca albán de la parroquia de tumbaco, en el año 2015.”*
- Caballero, A. (2023). *Energía solar fotovoltaica y térmica: ventajas y desventajas*. Climate.Selectra.Com.
- Guerrero-Calero, J., Gras-Rodríguez, R., Cruz-Macias, B., & Cabrera-Verdezoto, R. (2023). Análisis del Potencial Fotovoltaico de los Campus Universitarios de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa. Digital Publisher, 1(8(6)), 333–341.
- Howard, P. H. & Xu, M. (2022). Enacting the “Polluter Pays” Principle. nypirg.org

- Mora, K., & González, L. (2021). Diseño De Un Sistema De Bombeo Alimentado Por Energía Solar Fotovoltaica En La Zona De Cundinamarca. In *Universidad Pilñoto de Colombia*. [http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/10814/PG-21-1-04 Biblioteca VFinal.pdf?sequence=1](http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/10814/PG-21-1-04%20Biblioteca%20VFinal.pdf?sequence=1)
- Oliveira, J. C. (2021). Stricto Sensu Municipal Environmental Taxation:(In) Admissibility in the Brazilian Legal System. *Veredas do Direito*.
- Palacios, I., & Gauna, D. (2018). *Propuesta de un sistema fotovoltaico para consumo de agua potable para la comunidad El Jotope-Masaya*.
- Rodríguez-Macías, D., & Vélez-Quiroz, A. (2021). Ciencias de la salud Artículo de investigación Feasibility Study of a Pumping System without Electrical Coverage in the Hoja Blanca Sector of the Flavio Alfaro Canton Estudo de Viabilidade de Sistema de Bombeamento sem Cobertura Elétrica no Setor Hoja Bla. *Dominio de Las Ciencias*, 7, 527–540. <http://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/index>
- Santos, R. M. B., Sanches Fernandes, L. F., Cortes, R. M. V., Varandas, S. G. P., Jesus, J. J. B., & Pacheco, F. A. L. (2017). Integrative assessment of river damming impacts on aquatic fauna in a Portuguese reservoir. *Science of the Total Environment*, 601–602, 1108–1118. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2017.05.255>
- Schmidtchen, D., Helstroffer, J., & Koboldt, C. (2021). Regulatory failure and the polluter pays principle: why regulatory impact assessment dominates the polluter pays principle. *Environmental Economics and Policy Studies*, 23, 109–144.
- Vaca-Revelo, D., & Ordóñez, F. (2020). Mapa Solar del Ecuador 2019.
- Zhu, L. (2023). Some thoughts on application of the polluter pays principle for controlling marine greenhouse gas emissions. *Marine Policy*. [HTML]
- Zimpertec. (2018). *Solar Panel* (p. 1).