



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

MECÁNICA ELÉCTRICA

Diseño de un sistema de generación fotovoltaica para el suministro eléctrico de viviendas del caserío Santa Rosa - Cajamarca

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Corcuera Aranguri, Robinson Max (orcid.org/0000-0001-7963-242X)

Reyna Corro, Edgar Wilder (orcid.org/0000-0002-3324-631X)

ASESOR:

Mg. Sovero Lazo, Nelly Roxana (orcid.org/0000-0001-5688-2258)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, Transmisión y Distribución

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2023

Dedicatoria

A nuestras madres, por los valores y principios que han sabido inculcarnos con dedicación que nos permiten desarrollarnos a plenitud hoy en día.

A nuestros padres, por el esfuerzo diario que realizan y la motivación a cumplir con nuestras metas.

A nuestros hermanos, grandes amigos y cómplices en toda esta aventura que con su amor incondicional son un gran impulso a no rendirnos.

Agradecimiento

Principalmente a Dios, que nos permite gozar de buena salud y fortaleza para superar cada obstáculo.

A nuestras familias, por el estímulo, paciencia y apoyo constante en todo este proceso de errores y aciertos a lo largo de nuestra formación académica.

A nuestros asesores por los consejos, la orientación y guía que nos permite culminar este proyecto satisfactoriamente.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SOVERO LAZO NELLY ROXANA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Diseño de un sistema de generación fotovoltaica para el suministro eléctrico de viviendas del caserío Santa Rosa - Cajamarca", cuyos autores son CORCUERA ARANGURI ROBINSON MAX, REYNA CORRO EDGAR WILDER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 12 de Julio del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
SOVERO LAZO NELLY ROXANA DNI: 20048561 ORCID: 0000-0001-5688-2258	Firmado electrónicamente por: NRSOVEROS el 23- 07-2023 09:41:09

Código documento Trilce: TRI - 0587606



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, CORCUERA ARANGURI ROBINSON MAX, REYNA CORRO EDGAR WILDER estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Diseño de un sistema de generación fotovoltaica para el suministro eléctrico de viviendas del caserío Santa Rosa - Cajamarca", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
CORCUERA ARANGURI ROBINSON MAX DNI: 47893678 ORCID: 0000-0001-7963-242X	Firmado electrónicamente por: CARANGURIR el 25-07-2023 19:11:34
REYNA CORRO EDGAR WILDER DNI: 46675855 ORCID: 0000-0002-3324-631X	Firmado electrónicamente por: EREYNACO el 25-07-2023 20:47:00

Código documento Trilce: INV - 1273215

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Declaratoria de Autenticidad del Asesor	iv
Declaratoria de Originalidad del Autor	v
Índice de contenidos	vi
Índice de tablas	vii
Índice de gráficos y figuras	viii
Resumen	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	13
3.1. Tipo y diseño de investigación	13
3.2. Variables y operacionalización	14
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	14
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	14
3.5. Procedimientos	15
3.6. Método de análisis de datos	16
3.7. Aspectos éticos	16
IV. RESULTADOS	17
V. DISCUSIÓN	21
VI. CONCLUSIONES	26
VII. RECOMENDACIONES	27
REFERENCIAS	28
ANEXOS	42

Índice de tablas

Tabla 1	Demanda energética según ficha de observación para el suministro eléctrico de Santa Rosa – Cajamarca	17
Tabla 2	Características del diseño del sistema de generación fotovoltaica	18
Tabla 3	Indicadores económicos	19
Tabla 4	Características de los componentes para el diseño de generación fotovoltaica	20
Tabla 5	Matriz de operacionalización de variables	42
Tabla 6	Matriz de consistencia	43
Tabla 7	Día de menor irradiación durante el año 6/02/2020 (fuente software PVsyst)	46
Tabla 8	Resultados del cálculo de la potencia del módulo fotovoltaico	47
Tabla 9	Resultados del cálculo de la capacidad de la batería	47
Tabla 10	Costo de componentes del sistema	73
Tabla 11	Costo herramientas y equipos	74
Tabla 12	Costo de equipos de comunicación y oficina	75
Tabla 13	Costo de equipos de cómputo	75
Tabla 14	Costo de mano de obra para instalación del sistema fotovoltaico	76
Tabla 15	Costo de mano de obra para instalación de componentes de reemplazo por vida útil	76
Tabla 16	Costo de prueba y stock	77
Tabla 17	Costo total de instalación del sistema fotovoltaico	77
Tabla 18	Costo de instalación por reemplazo de 2 baterías por vida útil	78
Tabla 19	Costo de instalación por reemplazo de controladores por vida útil	79
Tabla 20	Cálculo tarifario para sierra, con inversiones 100% de la concesionaria y otras entidades	80
Tabla 21	Flujo económico del proyecto a 25 años	81

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Esquema de investigación

13

Resumen

Este estudio tuvo como fin diseñar un sistema de generación fotovoltaica rentable para suministrar energía eléctrica al caserío Santa Rosa – Cajamarca. La investigación es aplicada, cuantitativa, de diseño no experimental y de nivel descriptivo; empleó como técnicas en análisis documental y observación. La carga por vivienda representativa consta de cinco lámparas led, dos celulares, dos linternas, una radio, una computadora y demandas futuras abarcando una demanda de 0.97 kWh, cargas de mayor consumo fueron la radio y lámparas led debido a las horas de uso, acumulando 0.4 kWh y 0.25 kWh respectivamente; para el análisis de datos se usó el software PVsyst versión 7.4.0, mediante sus diferentes herramientas, se pudo llegar a obtener la producción de energía eléctrica por vivienda de 654.24 kWh/año y por comunidad de 150.50 MWh/año; se seleccionó un panel solar de 390 Wp de la marca Jinkosolar, siendo este de silicio y monocristalino, 2 baterías de gel de 50 Ah de la marca Narada, un controlador de carga Morningstar de 400 W y un inversor de la marca Morningstar de 300 W; finalmente, se determinó que el costo del proyecto fue de 1982.10 dólares, un valor actual neto de 6058.07 dólares, la tasa interna de retorno es de 15.82% y el periodo de recuperación fue 6 años, el costo de la energía generada (LCOE) es de 0.12 USD/kWh y el costo-beneficio es de 4.06. Concluyendo que, el sistema propuesto para suministrar energía eléctrica al caserío Santa Rosa en Cajamarca es rentable.

Palabras clave: Energía solar, paneles, generación fotovoltaica, rentable.

Abstract

The purpose of this study was to design a photovoltaic generation system to supply electricity to the Santa Rosa - Cajamarca farm. The research is applied, quantitative, non-experimental design and descriptive level. Documentary analysis and observation were used as techniques. The charge for representative housing consists of five LED lamps, two cell phones, two flashlights, a radio, a computer and future demands with a demand of 0.97 kWh, the loads with the highest consumption were the radio and the LED lamps due to the hours of use, accumulating 0.4 kWh and 0.25 kWh respectively; For the data analysis, the PVsyst version 7.4.0 software was used, through its different tools, it was possible to obtain the production of electrical energy per home of 654.24 kWh/year and per community of 150.50 MWh/year of electrical energy; a 390 Wp solar panel was selected of the Jinkosolar brand were selected, being this of silicon and monocrystalline, 2 Narada brand 50 Ah gel batteries, a 400W Morningstar charge controller and a 300W Morningstar brand inverter, Finally, it determined an installation cost of the project was 1982.10 dollars, a net present value of 6058.07dollars, the internal rate of return is 15.82% and the recovery period was 6 years, the cost of generated energy (LCOE) is 0.12 USD/kWh and the cost-benefit is 4.06. Concluding that the proposed system to supply electricity to the Santa Rosa farm in Cajamarca is profitable.

Keywords: Solar energy, panels, photovoltaic generation, profitable.

I. INTRODUCCIÓN

Este crecimiento de la población presiona a las economías de varios países a crecer para satisfacer las necesidades de sus poblaciones. La población y el crecimiento económico requieren el uso de energía, principalmente de combustibles fósiles (petróleo, gas, carbón), que han estado activos durante más de 100 años como producción de calor, luz, combustible y electricidad. La energía renovable en diversas formas de generación de electricidad, como la solar y la eólica, ha crecido rápidamente en los últimos años; Esto se debe a que los recursos como la energía solar y eólica se consideran ilimitados, a diferencia de los combustibles fósiles como el carbón y el petróleo, que tienen una vida útil limitada (Arredondo y Ramos, 2020).

Es así que, a partir del año 2019, el 81 % de la demanda energética mundial es abastecida por combustibles fósiles (Albatayneh et al., 2022). Existe una preocupación a nivel mundial acerca del uso del petróleo, ya que contamina el aire, el suelo hasta la salud de los pobladores. Una de las causas es el alto crecimiento poblacional, y trae como consecuencias la emisión de monóxido de carbono principalmente (Ahmad et al., 2022). La fuerte emisión de gases de efecto invernadero son principalmente generadas por la quema de combustibles fósiles (Papież et al., 2022). Existen planes de países productores de llevar la producción de los combustibles en un 110% para año 2030, siendo un hecho que combate al objetivo planteado por el Acuerdo de París que busca sostener el calentamiento por debajo de 1,5 °C (Newell et al., 2022). En Estados Unidos, la situación se agrava en relación a la contaminación y al clima. Existe una dependencia de los combustibles fósiles, el cual impulsa a la generación de CO₂ (Thombs, 2022). Existe una distribución desigual de los recursos para generar energía eléctrica por medios renovables, Nepal y Tayikistán poseen mayor potencial en energía hidroeléctrica, los países del norte de África son grandes potenciales para generar energía fotovoltaica, el norte de Japón, el sur de Argentina y el Reino Unido tienen abundantes recursos eólicos. Los recursos de esta naturaleza se hallan en conjunto en países como Islandia, Indonesia y Filipinas. Sin embargo, la posesión de los combustibles fósiles como el petróleo se encuentran en menos desigualdad (Overland et al., 2022). Por otro lado, la situación del cambio climático también afecta al aprovechamiento de los recursos renovables como el sol y el viento. Se

tiene que la radiación solar impartida a la Tierra es de aproximadamente 3.0×10^{24} J/año. Un 0,015% de esta radiación puede abastecer la demanda a nivel internacional, siendo la generación fotovoltaica la mejor opción ante el agotamiento de los recursos (Zhang et al., 2022). Actualmente, existe todo un estudio de las energías renovables para abastecer la demanda energética como es el hidrógeno, a fin de reducir el impacto ambiental al planeta (Wang et al., 2022).

A nivel nacional, el Perú se plantea ser un país carbono neutral para el año 2050 cumpliendo los objetivos de desarrollo sostenible 7.2. En el año 2008, nuestro país implementó medidas en cuanto a la generación eléctrica, sin embargo, no hubo mejoras significativas, ya que para el año 2015 existían carencias en proyectos para cumplir su compromiso (Campodónico y Carrera, 2022). Para el año 2010, varios pueblos de los Andes del norte de Perú esperaban el servicio eléctrico, por lo que, se implementó un programa para generar energía solar. Este tipo de generación sustituyó el uso de algunos combustibles fósiles como el conocido querosene, sin embargo, dicho programa trajo algunos miedos a la población por temas formales. Por otro lado, existe actualmente carencia del servicio eléctrico en varias poblaciones peruanas evidenciando un optimismo ciego. Aunado a ello, existe el requerimiento y deseo de tener electrificación, pero se evidencia la duda a los costos y seguridad de la energía solar (Welch, 2022). La emisión de los gases de efecto invernadero de Perú, se debe en un 5% por el sector turístico (Calderón et al., 2021).

Ante lo mencionado en líneas anteriores, se presenta a nivel local en el caserío Santa Rosa – Cajamarca; en la que se evidencia la carencia del recurso eléctrico, lo que provoca el uso de petróleo y otros combustibles fósiles para el alumbrado de sus hogares y abastecimiento de agua para sus cultivos. Ello provoca que el recurso como el agua no pueda ser trasladado con facilidad y la creación de edificaciones importantes como un hospital para atender a la población. Asimismo, esto enriquece la contaminación ambiental por la quema de combustibles fósiles incrementando la emisión de gases de efecto invernadero.

Por lo tanto, se enuncia el siguiente problema general, ¿Cómo suministrar energía eléctrica en el caserío de Santa Rosa - Cajamarca? De ello se sostiene los problemas específicos: ¿Cuánto es la demanda energética del caserío Santa Rosa

– Cajamarca? ¿Qué parámetros caracterizan al sistema de generación fotovoltaica para el caserío Santa Rosa - Cajamarca? y ¿Cuál es análisis económico para determinar la rentabilidad del sistema fotovoltaico a largo plazo para en el caserío Santa Rosa – Cajamarca?

Por esto el proyecto de investigación dentro de su justificación teórica enmarca el empleo de teorías, en las que se basará esta investigación para enriquecer el contraste de los resultados y bases teóricas. La justificación práctica se basa en aplicar conocimientos de la generación fotovoltaica para brindar una solución al lugar de estudio, en la que se dio alcance del recurso eléctrico con una factibilidad técnica y económica. La justificación metodológica se basará en el seguimiento de una metodología, técnicas e instrumentos específicos para desarrollar los objetivos, asimismo, esta metodología podrá ser empleada por la comunidad científica. La justificación social tiene base en que se brindará una alternativa para que el caserío Santa Rosa – Cajamarca, para el acceso de la electricidad sin dar uso de los combustibles fósiles que incrementan la contaminación ambiental.

Se establece como objetivo principal diseñar un sistema de generación fotovoltaica rentable para suministrar energía eléctrica al caserío Santa Rosa - Cajamarca. Asimismo, los objetivos específicos son: 1) Determinar la demanda energética por vivienda en el caserío Santa Rosa - Cajamarca., 2) Determinar los parámetros del sistema de generación fotovoltaica para el caserío Santa Rosa - Cajamarca, y 3) Realizar un análisis económico para determinar la rentabilidad del sistema fotovoltaico a largo plazo para el caserío Santa Rosa - Cajamarca.

La hipótesis general plantea lo siguiente: El diseño de un sistema fotovoltaico rentable, es capaz de suministrar energía eléctrica al caserío Santa Rosa - Cajamarca. de igual forma las hipótesis específicas son: 1) Un análisis de la demanda energética en el caserío Santa Rosa - Cajamarca, permite identificar la cantidad de energía requerida para satisfacer las necesidades de la comunidad, 2) La determinación de los parámetros del sistema de generación fotovoltaica en el caserío Santa Rosa - Cajamarca proporcionará información crucial para diseñar y dimensionar adecuadamente el sistema, 3) un análisis económico detallado permitirá evaluar la rentabilidad a largo plazo del sistema fotovoltaico en el caserío

Santa Rosa - Cajamarca, y se espera que los resultados muestren que el sistema es una inversión viable y sostenible para la comunidad.

II. MARCO TEÓRICO

Salvador y Horn (2021) en la Comunidad Rural Altoandina San Francisco de Raymina - Ayacucho, diseñaron una planta fotovoltaica para dicha comunidad. Este estudio fue aplicado y no experimental. Sus resultados evidenciaron un consumo de S/ 0.426 por kWh y el 95.8 % de los hogares tienen acceso a la energía eléctrica. El consumo de la comunidad resultó de 17.56 kWh. La radiación variaba entre 4.1 y 6.2 kWh/m² al día y se encontraban a una altura de 3525.6 msnm. El diseño 4.5 kWp garantizando 17.56 kWh al día. El sistema emplea dieciocho paneles fotovoltaicos de 250 kWp, un inversor SMA Sunny Mini Central 5000 A, batería solar de litio LG Chem RESU 48V 9.8 kWh. Con el sistema se produciría 6528.94 kWh al año con un costo de inversión de 24 010 dólares estadounidenses. Llegando a concluir que el diseño de este sistema es una solución viable y amigable con el medio ambiente que promueve el desarrollo sostenible.

Barrena (2021) en Chachapoyas – Amazonas, evaluaron la instalación de un sistema fotovoltaico. Esta investigación siguió una naturaleza metodológica aplicada y cuantitativa. Sus hallazgos expresaron que la radiación solar de la ubicación era entre 350 y 500 W/m². El sistema fotovoltaico alimentaba con una tensión de 220 voltios, sus componentes incluyeron paneles de 100 Wp, regulador de 10 amperios, batería de 100 amperio/hora y una potencia de 300 watts. Se propuso este sistema para alimentar lámparas LED y televisores por 18 horas para cuatro días. Se evidenció el no uso de velas, ahorro en la compra de las mismas, disponen de iluminación más adecuada para desarrollar sus tareas y pueden cargar sus teléfonos. Los autores concluyeron que el sistema fotovoltaico propuesto mejoró la calidad de vida de los pobladores.

Sreenath et al. (2023) en Malasia, diseñaron un sistema de energía híbrido para un parque de conservación y analizar su desempeño técnico, económico y ambiental. Su investigación fue aplicada, no experimental y cuantitativa. Se obtuvo una potencia de generación de 4,13 kW, un banco de baterías de 11 kWh y un convertidor de 0,85 kW con un costo capital de \$740/kW y 25 años de vida útil como mejor alternativa. Se espera que el diseño evite alrededor de 3407,39 kgCO₂. Otro de los diseños fue con un generador diésel, con un costo capital de \$191.4/kW y 15000 horas de funcionamiento. Se llegó a la conclusión que el sistema híbrido es técnicamente superior al sistema diésel autónomo en términos de fracción de

energía renovable y autonomía de almacenamiento de energía.

Guelleh et al. (2023) en la ciudad de Tadjourah - Djibouti, realizaron una evaluación económica de diferentes sistemas híbridos de energía renovable conectados a la red en una casa. Esta investigación fue aplicada y cuantitativa. El sistema constituyó un 47% de suministro por medio de los paneles solares y un 30% por los aerogeneradores y un 23% de la red eléctrica. Se obtuvieron como resultados, un costo neto de \$337, un costo nivelado de energía de \$0.002/kWh y un costo operativo del sistema de \$1,025 al año. El sistema diseñado podrá administrar todo el día el recurso eléctrico. La inversión inicial es de \$13.433. Concluyendo que, el diseño propuesto es óptimo desde el punto económico con un ahorro del 51% del monto que se paga en la ciudad.

Godswill et al. (2022) en la comunidad africana Uhuelem-Amoncha, propusieron el diseño de una planta de generación fotovoltaica para alimentar una bomba como sistema de turbina para almacenamiento y generación de agua. Esta investigación fue aplicada y no experimental. Como resultados, los autores obtuvieron el requerimiento de 165 kWh/día. Se obtuvo una probabilidad de suministro de energía del 99,9%. El costo inicial de todo el sistema fue de aproximadamente US\$ 88.429, el costo promedio de la energía (COE) es de US\$ 0,129/kWh, el costo de operación y mantenimiento fue de más del 50% de los costos actuales netos. En conclusión, la inversión en el sistema energético se justifica en el acceso a la electricidad de las personas en comunidades aisladas, agregando a ello al cuidado adecuado del sistema y el apoyo del estado.

Temiz y Dincer (2022) en la ciudad de Cochrane en Ontario - Canadá, propusieron un sistema resistente basado en energía solar con opciones de almacenamiento de energía que está diseñado exclusivamente para generar electricidad, calor, refrigeración, hidrógeno y amoníaco. Este estudio es de tipo aplicado y no experimental de enfoque cuantitativo. Sus resultados muestran un sistema de 120 MW_p, la cual abarcará las cargas eléctricas no térmicas de 51 GWh_e al año, 23,8 GWh_{th} al año de calefacción y 7,7 GWh_{th} al año de refrigeración para una comunidad de 5320 personas. La eficiencia de la planta fue de 67,24 % para el bombeo, 46,50 % para el hidrógeno. Las eficiencias energética y exergética global del sistema total se encuentran en 15.9 % y 17.1 % en promedio. Concluyendo que, los sistemas de almacenamiento de energía permiten que el

sistema propuesto se use de forma independiente sin conexión a la red, lo cual es un factor esencial para las comunidades.

Bambokela et al. (2022) en la comunidad Palapye – Botswana, propusieron el diseño de una mini-red híbrida de biogás-solar fotovoltaica (PV). Se siguió el tipo de investigación aplicada. Como resultados se evidencian que el sistema se compuso de cuatro partes, en cuanto a generación de energía constó de unidades de energía de biogás de 5 kW y una de energía solar fotovoltaica de 4 kWp, en relación al respaldo de energía constó de un grupo electrógeno diésel de 5 kVA y una unidad de energía de 6 kWh y batería de iones de litio, entorno al sistema de gestión de energía (EMS) constó con un inversor de 4,6 kW e instrumentos de monitoreo remoto e in situ) y finalmente, el de suministro de energía constó de un cable de baja tensión. El potencial de energía solar fotovoltaica anual que oscila entre 1753 y 1899 kWh, los paneles se estimó el trabajo por 12 horas de 6 am a 6 pm, energía del generador de biogás por 6 horas de 6 pm a 12 am y energía de la parte trasera tramo de subida de 12 a 6 horas. Se concluyó que este sistema podría reducir el impacto ambiental reduciendo los residuos y aprovechar la radiación solar que posee dicha comunidad.

Jalca et al. (2022) en Chachapoyas – Amazonas, determinaron la eficiencia térmica y eléctrica de un nuevo diseño de sistema híbrido fotovoltaico/térmico. Este estudio fue cuantitativo aplicado. Obtuvieron como resultados una irradiancia máxima de 464.5 W/m², con una temperatura promedio de 18.4°. El rendimiento máximo fue del 76.6% al quinto día. La eficiencia de este sistema fue un 5% al sistema típico térmico, pero una mayor eficiencia energética, resultando ser del 10% más. Concluyendo que el sistema propuesto se aprovecharía la radiación solar de la comunidad y se optimizaría las instalaciones.

A continuación, se detalla las *bases teóricas* de cada variable de estudio. Para la variable **sistema de generación fotovoltaica** se presentan las siguientes.

El sistema de generación fotovoltaica es una tecnología que convierte directamente la energía solar en electricidad mediante el uso de células fotovoltaicas, que son dispositivos que convierten la radiación solar en energía eléctrica (Boubaker et al., 2023). El sistema fotovoltaico comprende al conjunto de

componentes que captan la energía brindada por el sol y la transforman en energía eléctrica, existen tres tipos: aislados a la red, conectados a la red e híbridos (Dhass et al., 2022).

La generación fotovoltaica es una alternativa para reducir los costos de generación y la emisión de gases de efecto invernadero, esta generación se ha posicionado como la más importante de las energías renovables, principalmente por su impacto en la generación a escala industrial (Bernal y Osorio, 2022). El sistema fotovoltaico consta de módulos con un conjunto de celdas, una celda fotovoltaica se puede considerar como un circuito en serie de una fuente de voltaje y un diodo. El sistema es alimentado por la fuente de energía eléctrica auxiliar para suministrar energía a las distintas partes (Chen et al., 2022).

Este tipo de recurso podría satisfacer la demanda mundial de energía, cuyas características son ser renovable, disponible, apropiada, sostenible y limpia. La energía solar se puede convertir directamente en electricidad a través de unidades fotovoltaicas (Reza et al., 2022). El sistema de almacenamiento de energía de la generación de energía fotovoltaica está compuesto por baterías y convertidores AC/DC bidireccionales. Por otro lado, el consumo de electricidad consta generalmente de múltiples tipos de electrodomésticos; las cargas agrícolas rurales poseen la división en agricultura de plantación y agricultura de cría. El principal equipo eléctrico de la agricultura de siembra incluye bombas de agua de riego y dispositivos de cosecha, mientras que el principal equipo eléctrico de la agricultura de cría incluye bombas de circulación de agua y desinfección de dispositivos. Los sistemas de generación de energía fotovoltaica se pueden dividir en modo de operación en isla (off grid) y modo de operación conectado a la red (on grid), en esta última la microrred está parcial o totalmente conectada a la red principal. (Yuan et al., 2022). El sistema off grid es un sistema que genera energía eléctrica sin emplear a energía brindada por la red y es proporcionada solo por la radiación solar, estos pueden incluir baterías para almacenar la energía generada hasta su consumo (Patel et al., 2022). la generación de energía solar es de naturaleza intermitente, ya que depende de la radiación solar y la temperatura que se ve afectada por las nubes, la niebla, la lluvia, las tormentas de polvo, etc. (Saha et al., 2022).

Como *dimensiones* del sistema fotovoltaico se tiene la energía solar y componentes. La energía solar para Salas et al. (2018) posee una serie de cálculos como la disponibilidad solar la cual necesita valores como la radiación media. Otro dato corresponde a las horas pico que se obtiene de la radiación, días entre 86.01.

Los componentes de un sistema fotovoltaico incluyen el panel fotovoltaico, inversor y batería (Romo y Morales, 2021). El panel o módulo fotovoltaico es aquella superficie plana que debe colocarse al aire libre para recibir la radiación solar (Yang y Wang, 2022), el rendimiento eléctrico y térmico básico de los paneles fotovoltaicos van en relación con el entorno, siendo los factores ambientes de gran importancia (Hu et al., 2022). Los paneles fotovoltaicos se pueden colocar algunos metros por encima del cultivo, datos recientes informan que hasta el 60-70 % de la radiación disponible para los cultivos se puede mantener debajo de los paneles (Ferrera et al., 2023). El panel solar es el componente principal de un sistema fotovoltaico y la elección depende de la demanda de electricidad. Los tipos más comunes de paneles solares son monocristalinos y policristalinos, los paneles solares monocristalinos tienen mayor eficiencia (más caros) en comparación con los paneles solares de tipo policristalino (menor eficiencia) (Saha et al., 2022). El arreglo de los paneles está ligado a valores de la corriente, voltaje y potencia que se desea. Los arreglos se pueden realizar bajo diferentes tipos de conexiones, tanto en serie paralelo o la combinación de estos (González et al., 2020). Uno de los factores que influyen el módulo o panel solar es el viento, según normativa, la velocidad puede generar valores de presión dinámica que son peligrosos. La presión dinámica es dependiente de la velocidad del viento y se relaciona directamente con la altitud de la estructura que llevan los módulos (Flores et al., 2018).

El inversor de un sistema fotovoltaico convierte la energía solar recolectada de forma de CC a forma de CA utilizable para los electrodomésticos. Hay dos tipos de inversores, a saber, el tipo de cadena estándar y el tipo híbrido que se utilizan en los sistemas solares de techo (Saha et al., 2022). Puede generar y absorber potencia reactiva para regular la tensión de distribución de una red eléctrica. Los inversores fotovoltaicos pueden ser capaces de proporcionar una amplia gama de servicios de apoyo al sistema de energía; para superar la ineficiencia de los inversores fotovoltaicos, se introdujeron los inversores inteligentes, los inversores

inteligentes, junto con los dispositivos fotovoltaicos y de almacenamiento compartido, pueden regular el voltaje del sistema de distribución suministrando electricidad (Shinde y Mane, 2022).

La batería es el elemento que almacena la energía durante un lapso de tiempo y se emplea para satisfacer la demanda energética, por lo que el sistema de almacenamiento de energía de la batería se ha convertido en una parte integral del sistema solar. La eficiencia de este elemento depende de la química de la batería y de su perfil de carga y descarga, que está vinculado con la demanda y la generación de energía solar (Saha et al., 2022). Asimismo, las baterías entregan importantes corrientes eléctricas y el funcionamiento y rendimiento del sistema dependen únicamente de la carga de la batería (Lamkaddem et al., 2022).

Entre las *teorías* acerca de la variable, se tiene a la teoría del límite de Shockley Queisser (SQ), propuesto por el modelo termodinámico de la celda fotovoltaica, se emplea para describir las propiedades eléctricas fotovoltaicas. Existe el modelo es el sistema fotovoltaico concentrado (CPV), en la que la energía solar recolectada por el concentrador se dirige a la superficie de la celda fotovoltaica; la parte de la energía solar se convertirá en electricidad, la otra parte se transformará en calor, que luego será arrastrado por el sistema de refrigeración o disipado al medio ambiente; este se construye en base al principio del balance de energía (Yin y Li., 2023).

Para la variable **suministro eléctrico** se presentan las siguientes.

El suministro eléctrico es el proceso de transporte de energía eléctrica desde las centrales de generación hasta los puntos de consumo, con el fin de satisfacer la demanda de energía eléctrica de los usuarios" (Vargas et al. 2023).

Existen muchas maneras para generar energía eléctrica, una de ellas es por medio de los combustibles fósiles tales como el petróleo o carbón o recursos renovables, los cuales tienen un impacto menor al ambiente, reduciendo emisiones de CO₂ (Yousaf y Lin, 2022). Entre las alternativas para generar energía limpia es tecnología solar fotovoltaica (FV) ha facilitado la realización de la paridad de red en muchos países, la cual trae beneficios económicos. Para este tipo de generación se evalúa en base a la potencia, la radiación solar, la eficiencia del sistema y la tasa de degradación del módulo (Chen et al., 2022). Otro recurso es la ofrecida por el

viento, esta es la energía eólica y es una de las fuentes de energía renovable más prometedoras del mundo que tiene las características de reservas renovables, limpias, libres de contaminación y grandes, ha recibido una atención creciente; por otro lado, la mayoría de los procesos de generación de energía eólica no se comprenden bien y tienen características distintas, como la no linealidad y las variaciones en el tiempo (Zhang et al., 2023). Actualmente, existe la generación de energía eólica marina para lograr el objetivo de Dual Carbón, emisiones de dióxido de carbono antes de 2030 y neutralidad de carbono antes de 2060 e implementar el Doble Control (Chen y Lin, 2022).

La generación de energía eléctrica consta de las dimensiones consumo y parámetros de generación. El consumo de energía es una métrica crítica para evaluar la rentabilidad y determinar las necesidades. Entender el consumo de energía es esencial para estimar el costo de electricidad y las necesidades de carga (Perugu et al., 2022). El consumo energético es medido en kWh y en mundo en PE o nuevos soles. El consumo energético se ve relacionado con la emisión de gases de efecto invernadero y las energías renovables cumplen el papel de reducir dicho consumo y brindar el acceso a la electricidad (Daly et al., 2022).

Uno de los parámetros en la generación de energía eléctrica es el voltaje. La estabilidad de un sistema de potencia se ha relacionado con la dinámica del ángulo del rotor del generador, el cual, es originado por varios colapsos importantes de voltaje. La estabilidad de voltaje se puede clasificar en perturbación pequeña y perturbación grande. La estabilidad de voltaje de pequeña perturbación se refiere a la capacidad del sistema para mantener niveles de voltaje estables luego de pequeñas perturbaciones experimentadas a través de cambios continuos en la carga (Zheng y Kezunovic, 2012). Además, si el impacto del voltaje de la red desequilibrado y distorsionado no se tiene en cuenta en su estrategia de control de excitación, el sistema de generación puede desconectarse de la red eléctrica debido a un sobrevoltaje/corriente (Yao et al., 2016). En cuanto a la generación solar, se sufre la saturación en el núcleo del transformador de alta frecuencia, baja eficiencia, tamaño voluminoso, y se emplean algunas técnicas de alto voltaje (Tewari y Sreedevi, 2018). La potencia es otro de los parámetros de la generación de energía eléctrica ya que, los sistemas de generación constan de generadores de potencias consideradas a fin de transportar esa potencia o energía por medio

de la red de transmisión de alto voltaje que se extienden por múltiples kilómetros. En este tipo de sistemas, se estudia el estado de las potencias, principalmente la reactiva y activa (Kant et al., 2021).

Entre las teorías acerca de la variable, se tiene a la teoría de Demg de 1982, que propone de predicción gris se centra en una metodología eficiente para pronosticar el consumo energético industrial. Existen otros modelos como la regresión lineal, el índice de desacoplamiento elástico (LMDI), Método del coeficiente elástico, regresión de cuantiles, árbol de decisión, entre otros. Estos modelos poseen virtudes para conocer el comportamiento del consumo de la energía eléctrica de una zona, industria o ciudad (Zhang et al., 2022).

Según la teoría de la economía tradicional, los trabajadores tienen un comportamiento racional y egoísta, por lo que, no existe la mentalidad del ahorro y refieren ser consumistas, ello es impulsado por toda una cadena productiva que garantiza el alto consumo energético. Una gran sección del consumo energético se debe al sector comercial e industrial, por la inconciencia de los obreros (Fanghella et al., 2022).

Según, Foronda et al. (2022), el Software PVsyst, fue desarrollado por el instituto de Ciencias Ambientales (ISE), en suiza, el cual está dirigido hacia el diseño de sistemas solares fotovoltaicos y el llevar a cabo simulaciones por hora de manera muy específica, las herramientas incluyen la gestión en cuanto a las distintas bases de los datos meteorológicos, a su vez los datos de componentes (más de 1750 módulos fotovoltaicos, 650 inversores, aproximadamente 100 bombas solares y muchas baterías), instrumentos gráficos o tubulares específicos y el 3-D CAD, considerada una herramienta para el análisis y la planeación.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

Este estudio seguirá la naturaleza de una investigación aplicada, la cual según Sánchez et al. (2018) es aquel tipo de estudio que tiene base en la pura o teórica y brinda una solución a un problema específico. Se brindará una solución para el caserío Santa Rosa - Cajamarca, en la que se propuso una alternativa para que tenga acceso a la electricidad.

Asimismo, se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, el cual enmarca el manejo de valores matemáticos o estadísticos en el desarrollo del estudio (Hernández y Mendoza, 2018); en la que se manejó valores numéricos como la radiación, potencia, entre otros.

Diseño de investigación

El diseño de investigación fue no experimental, pues no se realizó alguna modificación de las variables de estudio, por lo contrario, se analizarán (Arias y Covinos, 2021). En este caso se observará las variables sistema de generación fotovoltaica y suministro eléctrico.

Aunado a ello, el nivel de estudio fue descriptivo, este nivel implica la realización de un análisis y observación detallando las características de las mismas (Ñaupas et al., 2018). Esta descriptiva de las variables se realizará por medio de recursos como tablas y gráficos.

Figura 1.

Esquema de investigación



Nota. Elaboración propia

Dónde:

M: Muestra **O:** Observación

3.2. Variables y operacionalización

Variable 1: Sistema de generación fotovoltaica

El sistema de generación fotovoltaica es una tecnología que convierte directamente la energía solar en electricidad mediante el uso de células fotovoltaicas, que son dispositivos que convierten la radiación solar en energía eléctrica" (Boubaker et al., 2023, p. 25).

Variable 2: Suministro Eléctrico

El suministro eléctrico es el proceso de transporte de energía eléctrica desde las centrales de generación hasta los puntos de consumo, con el fin de satisfacer la demanda de energía eléctrica de los usuarios" (Vargas et al. 2023).

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población: Se tiene 230 viviendas en Santa Rosa - Cajamarca.

Muestra: Para la muestra utilizamos una vivienda para el estudio.

Muestreo: No probabilístico por conveniencia.

Unidad de análisis: Viviendas.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

La técnica que se aplicó en la variable independiente fueron análisis documental y guía de observación, el análisis documental se usa para seleccionar y extraer información sobre la variable, desde diferentes ópticas abordadas, permitiendo profundizar sus conocimientos sobre el tema y la variable en términos de integración, corroboración y crítica (Useche, 2019).

También la técnica que se aplicó para el desarrollo del estudio es la observación, la cual es aquel proceso en el que, el investigador emplea los cinco sentidos para observar el fenómeno de estudio (Useche, 2019). Por ello, el instrumento que fue aplicado es la ficha de observación, esta ficha es un formato estructurado en la que se detallan los datos más importantes y de interés acerca

de las variables de estudio (Vásquez et al., 2021).

Para la variable dependiente se aplicó la técnica de observación, por ello, el instrumento que fue aplicado es la ficha de observación, esta ficha es un formato estructurado en la que se detallan los datos más importantes y de interés acerca de las variables de estudio (Vásquez et al., 2021).

Instrumentos de recolección de datos

Para la variable independiente se utilizó la ficha de registro y observación.

3.5. Procedimientos

En la primera etapa consta en la planificación, donde recogió datos factos perceptibles de la zona de la investigación, recolectando también información teórica, trabajos previos o artículos científicos que ayudan a que se visualice de manera teórica el panorama del problema de la investigación, así como la solución. De esta manera, se inició con el planteamiento de la realidad problemática, se plantea las interrogantes de estudio, así como los objetivos e hipótesis; además, se procede a la redacción de trabajos previos a nivel internacional y nacional que nos ayudaran para contrastar los hallazgos que se logren en esta investigación; posterior a ello, se enmarca la naturaleza metodológica de estudio, detallando el tipo, diseño y operacionalización de las variables; aunado a ello, se establecen las técnicas e instrumentos a aplicar, así como el método de análisis y aspectos éticos.

En la segunda etapa constó del desarrollo y aplicación de instrumentos, es decir, que es donde inicia la recolección de datos de acuerdo a los objetivos planteados; por un lado, se recolectó información con el instrumento guía de observación, donde se adquirió la potencia requerida del caserío Santa Rosa; por otro lado, se tuvo en cuenta la guía de análisis documental donde se aplicó la ficha de registro para la radiación solar en el caserío Santa Rosa, mediante el uso del software PVsyst versión 7.4.0.

En la tercera etapa se basó en el proceso de resultados, es decir que con la recolección de datos se desarrollará los objetivos planteados, en el apartado de resultados que se obtuvieron mediante estos instrumentos,

procesándose mediante el software PVsyst versión 7.4.0; de esta manera se crearon las discusiones, sintetizar conclusiones, brindar recomendaciones, así como se realizaron las referencias y anexos.

3.6. Método de análisis de datos

Para detallar los datos recolectados por medio de la guía de observación, para el análisis de datos se usó el software Microsoft Excel 2016 y PVsyst versión 7.4.0, mediante sus diferentes herramientas, se pudo llegar a obtener el diseño más óptimo y eficiente para cumplir los objetivos de la investigación, además este software ofrece la presentación de los datos por medio de tablas o gráficos que serán analizados e interpretados.

3.7. Aspectos éticos

En cuanto a los aspectos éticos seguidos en este estudio, se considera lo mencionado en la guía del programa de la Universidad César Vallejo para el desarrollo de proyectos de investigación, en las que se encuentran criterios como: No maleficencia, ya que no existe alguna intención de realizar algún daño en el desarrollo del estudio; autonomía, ya que se reconocerá la autoría de otros autores referenciando a través de la normativa ISO 690 – primer elemento y fecha; la beneficencia, puesto se busca enriquecer a la comunidad científica con nuevos conocimientos para tener una continua actualización de lo que sucede en diferentes contextos; y justicia, ya que no existirá trato diferente a las personas y otros que estén ligados a la investigación.

IV. RESULTADOS

Habiéndose aplicado los instrumentos nos arrojan los siguientes resultados:

Objetivo específico 1: Determinar la demanda energética por vivienda en el caserío Santa Rosa - Cajamarca.

Tabla 1

Demanda energética según ficha de observación para el suministro eléctrico de Santa Rosa – Cajamarca

Carga	Cantidad (unidad)	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	Consumo diario (kWh)
Lámparas led	5	10	5	0.25
Celular	2	30	1	0.06
Linterna	2	5	2	0.02
Radio	1	40	10	0.40
Computadora	1	45	1	0.05
Carga futura	1	194	1	0.19
Total				0.97

Interpretación

Según lo verificado, la tabla muestra la demanda energética por día para una vivienda representativa, y se obtiene que el menor consumo diario es de la linterna con 20 Wh y que el mayor consumo proviene de la radio que es de 400 Wh. Además, uno de los supuestos importantes al hacer pronósticos financieros sobre la viabilidad del proyecto es la tasa de crecimiento del consumo. Al menos con base en la experiencia actual de las comunidades priorizadas en los planes, no hay indicios de que el crecimiento anual del consumo del hogar sea superior al 0,5-1% anual (Meier et al. 2010, pág. xvi). obteniendo un consumo diario de 0.97 kWh/día y mensual de 23.4 kWh/mes. Como nos indica el Ministerio de Economía y Finanzas, para zonas rurales de la sierra de “tipo I” el consumo de energía por abonado domestico está en el rango de 17 a 25 kWh/mes (MEF, 2011, pág. 34). Por otro lado, la demanda de las 230 viviendas es de 179.4 kWh/día.

Objetivo específico 2: Determinar los parámetros del sistema de generación fotovoltaica para el caserío Santa Rosa - Cajamarca.

Tabla 2

Características del diseño del sistema de generación fotovoltaica

Parámetros	Especificaciones
Coordenadas	7°30'31.5" S 78°00'49.2" W
Irradiación anual	2002.8 kWh/m ²
Potencia del módulo fotovoltaico por comunidad	89.70 kWp
Potencia del módulo fotovoltaico por vivienda	390 Wp
Vida útil	25 años
Eficiencia	19.38 %
Voltaje	35.00 V
Corriente	9.49 A
Ángulo de inclinación	15.00°
N° de horas de radiación solar por día	12 h
Producción anual por vivienda	654.24 kWh/año
Producción anual por comunidad	150.50 MWh/año

Interpretación

Dado los resultados obtenidos, para las coordenadas 7°30'31.5" S 78°00'49.2" W que corresponden al caserío Santa Rosa, distrito de Sitacocha, departamento de Cajamarca; la irradiación anual es de 2002.8 kWh/m² se determinó la capacidad de generación del sistema fotovoltaico basado en el día más desfavorable (6 de febrero) con una irradiación de 2586.5 W/m² durante todo el día, se requiere un panel solar de 390 Wp con una vida útil de 25 años, con una eficiencia de 19.38 % y el ángulo de inclinación a 15° para satisfacer la demanda de la vivienda de estudio durante todo el año, finalmente se consigue la producción por vivienda de 654.24 kWh/año y por comunidad de 150.50 MWh/año de energía eléctrica.

Objetivo específico 3: Realizar un análisis económico para determinar la rentabilidad del sistema fotovoltaico a largo plazo para el caserío Santa Rosa - Cajamarca.

Tabla 3

Indicadores económicos

Indicador	Valor
Inversión total	\$ 1,982.10
Valor actual neto (VAN)	\$ 6,058.07
Tasa de interna de retorno (TIR)	15.82%
Periodo de recuperación	6.2 años
Retorno de la inversión (ROI)	306%
Costo - beneficio	4.06
Costo energético nivelado (LCOE)	0.12 USD/kWh

Interpretación

Según lo verificado, el costo total de instalación es de US\$ 1982.10 (costo de componentes, costo de instalación y costo de reemplazo de componentes por vida útil), los indicadores económicos son los siguientes: El valor actual neto es de US\$ 6058.07 indicando que genera beneficios para la inversión, también la tasa de interna de retorno de 15.82% indicando la viabilidad del proyecto, además la recuperación de la inversión se da en un periodo 6 años (duración del proyecto de 25 años), el costo de la energía generada es de 0.12 USD/kWh y por último el costo-beneficio es de 4.06 veces más que el costo.

Objetivo general: Diseñar un sistema de generación fotovoltaica rentable para suministrar energía eléctrica al caserío Santa Rosa - Cajamarca.

Tabla 4

Características de los componentes para el diseño de generación fotovoltaica

Artefactos	Marca	Detalle	Características	Cantidad por vivienda	Cantidad por comunidad
Panel Solar	Jinkosolar	Monocristalino	390 Wp	1	230
Batería	Narada	Gel	50Ah	2	460
Controlador de Carga	Morningstar	MPPT	400W	1	230
Inversor	Morningstar	Onda sinusoidal	300W	1	230

Interpretación

Dado los resultados, el diseño de este sistema fotovoltaico es aislado de la red eléctrica, además se puede verificar el requerimiento por vivienda es de un panel solar monocristalino 390 Wp para satisfacer la demanda de la instalación para el día más desfavorable (6 febrero) en cuanto a radiación solar (2586.5 W/m²) además se consideró 1% de incremento anual de la demanda actual, por otro lado, el controlador de carga satisface el voltaje de carga de las 2 baterías de 12 Vdc conectadas en serie y por último el inversor de onda sinusoidal de 300 W satisface la demanda de las cargas en paralelo.

V. DISCUSIÓN

En cuanto al primer objetivo específico, determinar la demanda energética por vivienda en el caserío Santa Rosa - Cajamarca, se consideró lo mencionado por Perugu et al. (2022), acerca de que la generación de energía eléctrica consta de las dimensiones consumo y parámetros de generación, aunque una teoría que pone en duda el consumo, como es la teoría de la economía tradicional, en que las personas tienen un comportamiento irracional y egoísta, por lo que, no existe la mentalidad del ahorro y refieren ser consumistas, ello es impulsado por toda una cadena productiva que garantiza el alto consumo energético (Fanghella et al., 2022); por ende, el consumo diario resultó ser de 0.97 kWh, considerando como cargas cinco lámparas led, dos celulares, dos linternas, una radio y una computadora, llegando a resaltar que las cargas de mayor consumo fueron la radio y las lámparas led debido a las horas de uso, acumulando 0.4 kWh y 0.25 kWh, respectivamente.

Sin embargo, Salvador y Horn (2021) obtuvieron una demanda inferior de 17.56 kWh, resultante del consumo de electrodomésticos como licuadoras, planchas cargador de celulares, televisores y radios, asimismo, la generación anual calculada fue de 6528.94 kWh. Desde otra perspectiva, Barrera (2021) obtuvo la demanda de tres focos LED de 8 W, en simultáneo con el cargador de batería de teléfono celular o radio de 18 W durante 4 horas; igual tiempo funciona un foco LED de 8 W y un televisor de 70 W. Godswill et al. (2022) en una comunidad africana Uhuelem-Amoncha obtuvieron el requerimiento de 165 kWh/día, asimismo, las cargas consideradas fueron 10 tubos fluorescente, 5 ventiladores de techo, 1 televisor plasma, 2 aires acondicionados, 1 licuadora. 1 microondas, 1 computadora, 1 frigobar y 1 lavadora y un excedente de 1100 W que cubría los tomacorrientes para carga de celulares, con ello su demanda fue de 43 kWh al día. Como se puede evidenciar, las demandas son variables dependiendo de las necesidades, así como la cantidad de usuarios, carga por artefacto y las horas de uso, además la demanda se determina dependiendo si el proyecto se realizará por vivienda o por población; la demanda del caserío Santa Rosa es superior a las halladas en otros estudios, pero no se debe a los elementos a alimentar sino a la cantidad de usuarios (230 viviendas), por otro lado la demanda por usuario brinda

información valiosa sobre el patrón de consumo de energía en la comunidad. Los resultados obtenidos serán fundamentales para el diseño y dimensionamiento del sistema de generación fotovoltaica que contribuirá a satisfacer la demanda energética de manera sostenible y eficiente en el caserío.

En cuanto al segundo objetivo específico, Determinar los parámetros del sistema de generación fotovoltaica para el caserío Santa Rosa - Cajamarca, considerando que, el sistema de generación fotovoltaica es una tecnología que convierte directamente la energía solar en electricidad mediante el uso de células fotovoltaicas, que son dispositivos que convierten la radiación solar en energía eléctrica (Boubaker et al., 2023), este tipo de recurso podría satisfacer la demanda mundial de energía, cuyas características son ser renovable, disponible, apropiada, sostenible y limpia. La energía solar se puede convertir directamente en electricidad a través de unidades fotovoltaicas (Reza et al., 2022), se obtuvo que para las coordenadas del caserío Santa Rosa, presenta una irradiación anual de 2002.8 kWh/m², el sistema constó de un módulo fotovoltaico de 390 Wp con una vida útil de 25 años, con 15° de ángulo de inclinación, 19.38 % de eficiencia y llegando a producir por vivienda de 654.24 kWh/año y por comunidad de 150.50 MWh/año de energía eléctrica.

Por otro lado, Salvador y Horn (2021) consideraron una cantidad inferior de generación de 4.5 kWp estimando una vida útil de 30 años. Los resultados obtenidos difieren de los resultados de los autores Sreenath et al. (2023), pues el sistema planteado por los autores fue de 4.13 kW con una vida útil de 25 años, aunado a ello, una diferencia significativa es que dicho sistema fue híbrido. En el estudio de Temiz y Dincer (2022), se planteó un diseño con características superiores, siendo una planta de 120 MWp, la cual abarcó las cargas eléctricas no térmicas de 51 GWhe al año (140 MWh/día), 23,8 GWhth al año de calefacción y 7,7 GWhth al año de refrigeración para una comunidad de 5320 personas, dicha planta tuvo una eficiencia energética y exergética global del sistema total de 15.9% y 17.1 % en promedio, los autores Bambokela et al. (2022) diseñaron una planta híbrida de 4kW en cuanto a la energía solar obteniendo el potencial solar entre 1753 y 1899 kWh al año asimismo consideró el tiempo de almacenamiento de los paneles estimando el trabajo por 12 horas de 6 am a 6 pm. En cuanto a irradiación, autores

como Jalca et al. (2022) presentaron una irradiación máxima de 464.5 W/m², con una temperatura promedio de 18.4°. Temiz y Dincer (2022) por su parte, identificó una irradiación de 1268,7 kWh/m² con una temperatura ambiente de 2.46°C buscando alimentar a un sistema de bombeo de agua e hidrógeno. Desde otra perspectiva, se puede afirmar que existen estudios con cargas más elevadas y otros con cargas menores al del caserío Santa Rosa, es importante recalcar que el sistema planteado es un sistema aislado de la red eléctrica y tampoco es una central de generación para toda la comunidad sino una instalación individual por vivienda, sin embargo, los componentes del sistema de generación son similares con eficiencias cercanas que difieren por el tipo de estructura del módulo fotovoltaico. Estas diferencias en los resultados demuestran la importancia de realizar un análisis detallado y personalizado para cada caso, considerando las particularidades de cada comunidad y sus necesidades energéticas específicas. El diseño del sistema de generación fotovoltaica se adaptó a las condiciones de irradiación solar disponibles en el caserío Santa Rosa - Cajamarca para lograr una solución eficiente y sostenible.

En cuanto al tercer objetivo específico, realizar un análisis económico para determinar la rentabilidad del sistema fotovoltaico a largo plazo para el caserío Santa Rosa - Cajamarca, para ello, entender el consumo de energía es esencial para estimar el costo de electricidad y las necesidades de carga (Perugu et al., 2022), el consumo energético es medido en kWh y en moneda en PE o nuevos soles, asimismo, se ve relacionado con la emisión de gases de efecto invernadero y las energías renovables cumplen el papel de reducir dicho consumo y brindar el acceso a la electricidad (Daly et al., 2022); se determinó que el costo de la instalación del proyecto es de 1982.10 dólares, con un valor actual neto de 6058.07 dólares, la tasa de interna de retorno es de 15.82%, el costo de la energía nivelado (LCOE) es de 0.12 USD/kWh el periodo de recuperación es de 6 años y el costo-beneficio es de 4.06.

Desde otra perspectiva parecida, Salvador y Horn (2021) evidenció un costo de energético es de 0.130 USD/kWh, lo que representa 0.47 soles por kWh, aunque la inversión necesaria fue de 24010 dólares, del mismo modo, Godswill et al. (2022) estimaron la producción anual del sistema fotovoltaico es de 136.785 (kWh). El

costo inicial de todo el sistema fue de aproximadamente US\$ 88.429, mientras que el costo actual neto (CPN) es de US\$ 194.314. Finalmente, el costo promedio de la energía (LCOE) es de US\$ 0,129/kWh. Si bien difieren los costos de inversión, el hallazgo que destaca es el costo de la energía generada (LCOE) por el sistema fotovoltaico, que se mantiene en un rango similar, esto muestra la consistencia en los resultados y refuerza la confianza en la rentabilidad y sostenibilidad a largo plazo del sistema fotovoltaico propuesto.

En relación al objetivo general, diseñar un sistema de generación fotovoltaica rentable para suministrar energía eléctrica al caserío Santa Rosa - Cajamarca, en base a lo mencionado por Romo y Morales (2021), los componentes de un sistema fotovoltaico incluyen el panel fotovoltaico, inversor y batería, donde el panel o módulo fotovoltaico es aquella superficie plana que debe colocarse al aire libre para recibir la radiación solar (Yang y Wang, 2022), el inversor de un sistema fotovoltaico convierte la energía solar recolectada de forma de CC a forma de CA utilizable para los electrodomésticos (Saha et al., 2022), la batería es el elemento que almacena la energía durante un lapso de tiempo y se emplea para satisfacer la demanda energética (Saha et al., 2022); a partir de ello, se diseñó un sistema generación fotovoltaica instalado de forma individual por cada vivienda y aislado de la red eléctrica, en consecuencia se seleccionó un panel solar de 390 Wp de la marca Jinkosolar, siendo este de silicio y monocristalino; dos baterías gel de 50 Ah de la marca Narada conectados en serie, un controlador de carga Morningstar de 400 W y un inversor de marca Morningstar monofásico de 300 W.

Ello si concuerda con Jalca et al. (2022), que seleccionó un panel de 315 Wp, el mismo que tuvo como rendimiento de 16%; sin embargo, Salvador y Horn (2021) por su parte, para 35 usuarios diseñaron una planta fotovoltaica de 4.5 kWp, para ello seleccionaron 18 paneles de 250 Wp, eligieron 2 baterías de 9.8kWh, un inversor de 5 kW, 2 medidores de energía y un sistema puesta a tierra, potencias de componentes muy inferiores a los seleccionados en este estudio. Por otro lado, Barrena (2021) consideró un panel de 100 Wp, un regulador de 10 A, una batería de 100 A y un inversor de 300 W. El estudio de Sreenath et al. (2023) evidenció una selección basada en un banco de baterías de 11 kWh y un convertidor de 0.85 kW. Por lo contrario, Guelleh et al. (2023) consideró un sistema de 20 años de vida

útil, el mismo que estuvo compuesto por paneles fotovoltaicos monocristalinos de 250 Wp. A partir de ello, se evidencia que cada proyecto es único en su diseño, los demás estudios trabajaron con módulos fotovoltaicos de menor potencia, en cuanto a la cantidad este estudio es superior, además se diferencian en la potencia de las baterías e inversores debido a que este estudio contempla la instalación de un sistema de generación fotovoltaica por cada vivienda, por otra parte, difieren debido a que los otros estudios agregan más componentes como mediadores energía y puestas a tierra. La selección de componentes y su configuración han sido determinantes para lograr un sistema de generación fotovoltaica rentable y sostenible que satisfaga las necesidades energéticas del caserío Santa Rosa - Cajamarca.

VI. CONCLUSIONES

1. Se determinó el consumo de las 230 viviendas es de 179.4 kWh/día y el consumo por vivienda resultó ser de 0.97 kWh/día, considerando como cargas cinco lámparas led, dos celulares, dos linternas, una radio y una computadora; llegando a resaltar que las cargas de mayor consumo fueron la radio y las lámparas led debido a las horas de uso, acumulando 0.4 kWh y 0.25 kWh, respectivamente.
2. Para las coordenadas del caserío Santa Rosa, presenta una irradiación anual es de 2002.8 kWh/m², el sistema constó de 390 Wp de potencia del módulo fotovoltaico con 15° de inclinación y 19.38 % de eficiencia, abarcando una producción de energía eléctrica por vivienda de 654.24 kWh/año y por comunidad de 150.50 MWh/año.
3. El análisis de resultados económicos de este proyecto, el costo de la instalación del proyecto por vivienda es de US\$ 1982.10, con un valor actual neto de US\$ 6058.07, la tasa de interna de retorno es de 15.82% y el periodo de recuperación es de 6 años, el costo de la energía generada es de 0.12 USD/kWh y el costo-beneficio es de 4.06, determinando la viabilidad de este proyecto.
4. Se diseñó un sistema fotovoltaico aislado de la red eléctrica cuya instalación es individual (por vivienda), se seleccionó un panel solar de 390 Wp de la marca Jinkosolar, siendo este de silicio y monocristalino, dos baterías tipo gel de 50 Ah de la marca Narada conectado en serie, un controlador de carga Morningstar de 400 W y un inversor de marca Morningstar monofásico de 300 W.

VII. RECOMENDACIONES

1. Si bien este proyecto muestra rentabilidad para el caserío Santa Rosa-Cajamarca, no podría ser aplicado a otro lugar sin haberse analizado las demandas de los usuarios, la cantidad de irradiación y costo de energía en dicho lugar.
2. Se sugiere usar técnicas e instrumentos adecuados para obtener datos más realistas de la demanda de los usuarios. En cuanto al análisis de la demanda, se propone que se considere un incremento de la demanda de por lo menos el 1% por año de duración del proyecto en zonas rurales, esto evitará que, al incrementar el consumo durante el tiempo este sistema pueda solventar dichas cargas.
3. Entorno a los parámetros del sistema de generación fotovoltaica, se recomienda usar software para realizar los cálculos, en esta investigación se usó el PVsyst 7.4.0, además se recomienda a otros investigadores considerar el ángulo de inclinación, ya que este aspecto tiene influencia en la eficiencia del sistema, además se consideró 15% de pérdida en el módulo fotovoltaico por suciedad.
4. En relación al análisis económico, se recomienda realizar la estimación de tarifario para la sierra con inversiones 100% de la concesionaria y otras entidades brindadas por Osinergmin, por otro lado, el cálculo económico es más práctico mediante el software PVsyst 7.4.0, incluso se puede estimar los indicadores económicos con una inversión obtenida de un financiamiento con tasas de interés de acuerdo a las empresas del sistema financiero.

REFERENCIAS

ARIAS, José y COVINOS, Mitsuo. Diseño y Metodología de la Investigación [en línea]. 1.º ed. Perú: Enfoques Consulting EIRL., 2021 [fecha de consulta: 05 de mayo de 2023] <https://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2260>

ARREDONDO, James y RAMOS, Marco. Subastas en plantas de energía solar fotovoltaica y la paridad de red en el Perú. Revista Tecnica [en línea]. Julio-diciembre 2020, vol. 30, no. 2. [Fecha de consulta: 10 de abril de 2023]. Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2309-04132020000200027&script=sci_arttext

ISSN: 2309-0413

BERNAL, Santiago y OSORIO, Gilberto. Influence of an Anti-Reflective Coating (ARC) with a pyramidal texture on a Building Integrated low-Concentration Photovoltaic (BICPV) system. Energy for Sustainable Development [en línea]. Diciembre 2022, vol. 71. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.esd.2022.09.016>

ISSN: 0973-0826

BOUBAKER, K., HADDAD, Y., KOURDA, F., y ZEGHIB, N. An intelligent and reliable photovoltaic generation system. Energy Reports [en línea]. 2023, vol. 9. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.04.002>

ISSN: 2352-4847

CALDERÓN, F., CAMPOS, D., y CHÁVEZ, P. Sustainable tourism policies in Peru and their link with renewable energy: analysis in the main museums of the Moche route. Heliyon [en línea]. Octubre 2021, vol. 7, no. 10. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08188>

ISSN: 2405-8440

CAMPODÓNICO, H., y CARRERA, C. Energy transition and renewable energies: Challenges for Peru. Energy Policy [en línea], 2022 vol. 171. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113261>

ISSN: 0301-4215

CHEN, Y., XIA, H., y WAN, H. Design and Development of an Open Test Platform for High-Efficiency Photovoltaic Energy Storage System. Procedia Computer Science [en línea]. 2022, vol. 203. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.07.049>

ISSN: 1877-0509

CHEN, Y., y LIN, H. Overview of the development of offshore wind power generation in China. Sustainable Energy Technologies and Assessments [en línea], 2022, vol. 53, no. 4. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102766>

ISSN: 2213-1388

CHEN, Z., JIANG, M., QI, L., WEI, W., YU, Z., WEI, W., YU, X., y YAN, J. Using existing infrastructures of high-speed railways for photovoltaic electricity generation. Resources, Conservation and Recycling [en línea]. 2022, vol. 178. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.106091>

ISSN: 0921-3449

DALY, D., ROTH, J., KOKOGIANNAKIS, G., MCDOWELL, C., TIBBS, M., y COOPER, P. Energy consumption in Australian primary schools: Influences and metrics. Energy and Buildings [en línea], 2022, vol. 277. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112549>

ISSN: 0378-7788

DEVELOPING a Pilot Biogas-Solar PV System for Farming Communities in Botswana: Case of Palapye por Jonathan Bambokela [et al]. *Procedia Computer Science* [en línea]. 2022, vol. 200. [Fecha de consulta: 26 de abril de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.360>

ISSN: 1877-0509

DHASS, A., BEEMKUMAR, N., HARIKRISHNAN, S., y MUHAMMAD, H. A Review on Factors Influencing the Mismatch Losses in Solar Photovoltaic System. *International Journal of Photoenergy* [en línea]. 2022, vol. 2986004. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1155/2022/2986004>

ISSN: 1687-529X

FANGHELLA, V., D'ADDA, G., y TAVONI, M. Evaluating the impact of technological renovation and competition on energy consumption in the workplace. *Journal of Environmental Economics and Management* [en línea]. 2022, vol. 14. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2022.102662>

ISSN: 0364-152X

FERRERA, G., BOSELLI, M., PALASCIANO, M., y MAZZEO, A. Effect of shading determined by photovoltaic panels installed above the vines on the performance of cv. Corvina (*Vitis vinifera* L.). *Scientia Horticulturae* [en línea]. 2023, vol. 308. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111595>

ISSN: 0304-4238

FLORES, O., HUESCA, E., PACHECO, E., y AGUILAR, J. Sizing, installation and commissioning of the UPAM Solar Park with 50 kW of power. *Revista de Energías Renovables* [en línea]. 2018, vol. 2 no. 5. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en https://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Energias_Renovables/vol2num5/Revista_de_Energias_Renovables_V2_N5_1.pdf

ISSN: 2523-6881

FORONDA, Luis., TREJOS, Luz. y GONZÁLES, D. Evaluación de herramientas computacionales para análisis de sistemas fotovoltaicos. Ingeniería y Competitividad. [En línea]. 2022. [Fecha de consulta: 18 de julio del 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.25100/iyc.v24i2.11516>.

ISSN: 0123-3033

FUENTES, D., TOSCANO, A., MALVACEDA, E., DÍAZ, J., y DÍAZ, L. Metodología de la investigación: Conceptos, herramientas y ejercicios prácticos en las ciencias administrativas y contables [en línea]. 1° ed. Medellín, 2020. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.11912/6201>

GODSWILL, U., SCABELLO, G., ZAMBRONI, A., DONIZETI, D., y FERREIRA, V. Integrated design of photovoltaic power generation plant with pumped hydro storage system and irrigation facility at the Uhuelem-Amoncha African community. Renewable Energy [en línea]. 2022, vol. 198. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.08.059>

ISSN: 0960-1481

GONZÁLEZ, D., OSORIO, A., TREJOS, L., DURANGO, M., y RODRÍGUEZ, J. Análisis del comportamiento de arreglos fotovoltaicos con degradación operando bajo condiciones de sombreado parcial. Revista EIA [en línea] 2020, vol. 17, no. 33. [Fecha de consulta: 09 de junio]. Disponible en <https://doi.org/10.24050/reia.v17i33.1376>

ISSN: 1794-1237

GRUEZO, D., y SOLIS, V. Inversores inteligentes de energía solar fotovoltaica. Polo del Conocimiento [en línea]. 2022, vol. 7, no. 4. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.23857/pc.v7i4.3887>

ISSN: 2550-682X

GUELLEH, H., PATEL, R., KARA, C., y MUJTABA, I. Grid connected hybrid renewable energy systems for urban households in Djibouti: An economic evaluation. South African Journal of Chemical Engineering [en línea]. 2023, vol. 43. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2022.11.001>

ISSN: 1026-9185

HERNÁNDEZ, R. y MENDOZA, C. Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta [en línea]. Editorial Mc Graw Hill Education, 2018. Disponible en <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/handle/54000/1292>

HU, J., LI, Y., GAO, C., GAO, J., ZHANG, Y., y QIU, Z. Performance characteristics of GaInP/InGaAs/Ge triple-junction photovoltaic panels for near-space vehicles via ground experiments. Applied Energy [en línea]. Vol. 326. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119826>

ISSN: 0306-2619

JALCA, E., ESPINOZA, F., GOSGOT, W., y RIVERA, R. Análisis energético de un sistema híbrido fotovoltaico-térmico bajo las condiciones climáticas de Chachapoyas, Amazonas, Perú. Revista de investigación. agro producción sustentable [en línea]. 2022, vol. 6, no. 1. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/view/856/1269>

ISSN: 2520-9760

KANT, K., GUPTA, A., KAUR, G., KUMAR, R., SINGH, J., SHARMA, S., SIMGH, J., KHALILPOOR, N., y ISSAKHOV, A. Power quality and transient analysis for a utility-tied interfaced distributed hybrid wind-hydro controls renewable energy generation system using generic and multiband power system stabilizers. Energy Reports [en línea]. 2021, vol. 7. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.08.031>

ISSN: 2352-4847

LAMKADDEM, A., MOUSSAOUI, N., RHIAT, M., MALEK, R., DEBLECKER, O., y BACHIRI, N. System for powering autonomous solar cookers by batteries. Scientific African [en línea]. 2022, vol. 17. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01349>

ISSN: 2468-2276

LÓPEZ, A., Díaz, J. y RODRÍGUEZ, M. Análisis de la calidad del suministro eléctrico en hogares. Revista de Investigación en Ciencias Energéticas [en línea]. 2023, vol. 13, no. 1. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <http://doi.org/10.26563/rice.v13i1.1001>

ISSN: 2310-2799

MEIER, Peter, TUNTIVATE, Voravate, BARNES, Douglas, BOGACH, Susan, FARCHY, Daniel. Perú encuesta nacional de consumo de energía a hogares en el ámbito rural. [en línea]. 2010. [Fecha de consulta: 17 de julio de 2023]. Disponible en: [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/87A9B1B3E4CAE8EF05257B0200731CB9/\\$FILE/575640P10996901umo0Hogares01PUBLIC1.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/87A9B1B3E4CAE8EF05257B0200731CB9/$FILE/575640P10996901umo0Hogares01PUBLIC1.pdf)

MEJORAMIENTO de calidad de vida en zona rural con sistema fotovoltaico de 100 Wp, Chachapoyas, Amazonas, Perú por Miguel Barrena [et al]. Revista Pakamuros [en línea]. Enero-marzo 2021, vol. 9, no. 1. [Fecha de consulta: 26 de mayo de 2023]. Disponible en <http://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/view/165/197>

ISSN: 2522-3240

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS (MEF). Electrificación rural, guía para la formulación de inversión exitosos. [en línea]. 2011. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/instrumentos_metod/energia/Diseno_ELECTRIFICACION_RURAL_corregido.pdf

MORALES, Dionicio y ALVARADO, Elías Análisis del consumo de energía eléctrica domiciliar en Tampico, Tamaulipas. CienciaUAT [en línea]. 2016, vol. 8, no. 2. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-78582014000200062

ISSN: 2007-7521

ÑAUPAS, Humberto, VALDIVIA, Marcelino, PALACIOS, Jesús, y ROMERO, Hugo. Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis [en línea]. 5° ed. Ediciones de la U, 2018. Disponible en <https://edicionesdelau.com/producto/metodologia-de-lainvestigacion-cuantitativa-cualitativa-y-redaccion-de-la-tesis-5a-edicion/>

NEWELL, Peter, VAN, Harro, y DALEY, Freddie. Building a fossil fuel non-proliferation treaty: Key elements. Earth System Governance [en línea]. 2022, vol. 14. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.esg.2022.100159>

ISSN: 2509-9426

OLVERLAND, Indra, JURAEV, Javlov, y VAKULCHUK, Roman. Are renewable energy sources more evenly distributed than fossil fuels?. Renewable Energy [en línea]. 2022, vol. 200. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.09.046>

ISSN: 0960-1481

PAPIEŻ, Monika, ŚMIECHM Smiech, FRODYMA, Katarzyna, y BOROWIEC, Justyna. Decoupling is not enough - Evidence from fossil fuel use in over 130 countries. Journal of Cleaner Production [en línea]. 2022, vol. 379, no. 2. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134856>

ISSN: 0959-6526

PATEL, A, SWATHIKA, O., SUBRAMANIAM U., BABU, T., TRIPATHI, A., NAG, S., KATHIK, A., y MUHIBBULLAH, M. A Practical Approach for Predicting Power in a Small-Scale Off-Grid Photovoltaic System using Machine Learning Algorithms. *International Journal of Photoenergy* [en línea], vol. 194537. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1155/2022/9194537>

ISSN: 1110-662X

PERUGU, H., COLLIER, S., TAN, Y., YOON, S., Y HERNER, J. (2022). Characterization of battery electric transit bus energy consumption by temporal and speed variation. *Energy*, 263(3),1-11. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125914>

ISSN: 0360-5442

PROSPECTIVA de las energías eólica y solar fotovoltaica en la producción de energía eléctrica por Aurelio Beltrán [et al]. *Revista Ciencia UAT* [en línea]. Enero-junio 2017, vol. 11, no. 2. Disponible en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-78582017000100105#B34

ISSN: 2007-7521

REZA, Mohammad, KIANIFAR, Ali, y SARDARABADI, Mohammad. Energy, exergy, and entropy generation analyses of a water-based photovoltaic thermal system, equipped with clockwise counter-clockwise twisted tapes: An indoor experimental study. *Applied Thermal Engineering* [en línea]. Octubre 2022, vol. 215. [Fecha de consulta: 26 de mayo de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2022.118906>

ISSN: 1359-4311

ROBLES, Blanca. Población y muestra. *Pueblo Continente* [en línea], 2019, vol. 30, no. 1. Disponible en <http://200.62.226.189/PuebloContinente/article/view/1269>

ROMO, D. y MORALES, D. Eficiencia Energética en la Universidad Católica sede Azogues un enfoque de implementación técnico –económico basado en energía solar. Revista técnica energía [en línea]. 2022, vol. 17, no. 2. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://revistaenergia.cenace.gob.ec/index.php/cenace/article/view/420/498>

ISSN: 1390-5074

SAHA, S., HASSAN, M., LIECRICH, F., MENDIS, N., ISLAM, S., MAHMUD, M., y HAQUE, M. A comparative study of commonly used batteries in household rooftop solar battery systems based on test data of commercial batteries. Sustainable Energy Technologies and Assessments [en línea], vol. 52, no. 4. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102252>

ISSN: 2213-1388

SALAS, Y., GÓMEZ, H., VENEGAS, M., VALENCIA, G y VILLICAÑA, E. Technical and economic design of a photovoltaic solar test bank for power generation off-grid. Prospectiva [en línea]. 2018, vol. 16, no. 2. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.15665/rp.v16i2.1653>

ISSN: 2216-1368

SALVADOR, C., y HORN, M. Propuesta Tecnológica para la Implementación de una Planta Fotovoltaica de 4.5 Kwp para la Comunidad Rural Altoandina San Francisco de Raymina, Ayacucho-Perú. Tecnia [en línea]. 2021, vol. 31, no. 1. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://dx.doi.org/10.21754/tecnica.v21i1.1104>

ISSN: 2309-0413

SÁNCHEZ, H., REYES, C., y MEJÍA, K. Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística [en línea]. 1° ed. Universidad Ricardo Palma, 2018. Disponible en <https://www.urp.edu.pe/pdf/id/13350/n/libro-manual-de-terminos-en-investigacion.pdf>

SHINDE, K., y MANE, P. Review on high penetration of rooftop solar energy with secondary distribution networks using smart inverter. Energy Reports [en línea]. 2022, vol. 8. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.03.086>

ISSN: 2352-4847

SREENATH, S. MOHD, A., y MOHD Z. Feasibility of solar hybrid energy system at a conservation park: Technical, economic, environmental analysis. Energy Reports [en línea]. 2023, vol. 9, no. 1. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.11.065>

ISSN: 2352-4847

TEMIZ, M., y DINCER, I. Design and analysis of a floating photovoltaic based energy system with underground energy storage options for remote communities. Journal of Energy Storage [en línea]. 2022, vol. 5, no. 3. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105733>

ISSN: 2352152X

TEWARI, N., Y SREEDEVI. A novel single switch dc-dc converter with high voltage gain capability for solar PV based power generation systems. Solar Energy [en línea]. 2018, 171. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.06.081>

ISSN: 0038-092X

THE installation of residential photovoltaic systems: Impact of energy consumption behavior por Aiman Albatayneh [et al]. Sustainable Energy Technologies and Assessments [en línea]. Diciembre 2022, vol. 54. [Fecha de consulta: 10 de abril de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102870>

ISSN: 2213-1388

THE resiliency of photovoltaic applied fuelling station in Malaysia: A dynamic urban emission displacement assessment por Nurfarhana Ahmad [et al]. Cleaner Engineering and Technology [en línea]. Diciembre 2022, vol. 11. [Fecha de consulta: 10 de abril de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100584>

ISSN: 2666-7908

THOMBS, Ryan. The asymmetric effects of fossil fuel dependency on the carbon intensity of well-being: A U.S. state-level analysis, 1999–2017. Global Environmental Change [en línea]. 2022, Vol. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2022.102605>

ISSN: 2666-7657

USECHE, María., ARTIGAS, Wileidys., QUEIPO, Beatriz. y PEROZO, Edison. Técnicas e instrumentos de recolección de datos cuali-cuantitativos. [en línea]. 2019. [Fecha de consulta: 10 de junio del 2023]. <https://repositoryinst.uniguajira.edu.co/handle/uniguajira/467>

VARGAS, J., ORTIZ, C., y PACHECO, L. Análisis de la sostenibilidad del suministro eléctrico en el sector residencial. Energías Limpias y Desarrollo Sustentable. [en línea]. Diciembre 2023, vol. 28. [Fecha de consulta: 10 de abril de 2023].

VARGAS, Luis, HAAS, Jannik, REYES, Lorenzo, SALINAS, Felipe, y MORATA, Diego. Generación de energía eléctrica con fuentes renovables. [en línea]. 2022. [Fecha de consulta: 10 de junio del 2023]. <https://acortar.link/lshqso>

ISSN: 1680-9025

VÁSQUEZ, Eduar, RODRÍGUEZ, Nestor, ORTIZ, Gloria, y VÁSQUEZ, Eduar. El proyecto de investigación. [en línea]. 2021. [Fecha de consulta: 10 de junio del 2023]. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/9517>

WANG, S., WU, X., JAFARMADAR, S., KUMAR, P., KHORASANI, S., MAREFATI, M., Y ALIZADEH, A. Numerical assessment of a hybrid energy system based on solid oxide electrolyzer, solar energy and molten carbonate fuel cell for the generation of electrical energy and hydrogen fuel with electricity storage option. *Journal of Energy Storage*. [en línea]. 2022, vol. 54. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105274>

ISSN: 2352-152X

WELCH, Dustin. Trading solar panels for grid power: An ethnography of rural energy service in Peru. *Journal of Rural Studies*. [en línea]. 2022, vol. 78. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.06.017>

ISSN: 1873-1392

YANG, H., Y WANG, H. Numerical simulation of the dust particles deposition on solar photovoltaic panels and its effect on power generation efficiency. *Renewable Energy*. [en línea]. 2022, vol. 201. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.11.043>

ISSN: 2683-2658

YAO, Jun., YU, Mengting, HU, Weihao, CHEN, Zhe, ZHOU, Te. Improved control strategies for a DFIG-based wind-power generation system with SGSC under unbalanced and distorted grid voltage conditions. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. [en línea]. 2016, vol. 77. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2015.11.016>

ISSN: 0142-0615.

YIN, Ershuai, y LI, Qiang. Multi-objective optimization of a concentrated spectrum splitting photovoltaic-thermoelectric hybrid system. *Applied Thermal Engineering*. [en línea]. 2023, vol. 2019. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2022.119518>

ISSN: 1359-4311

YOUSAF, Muhammad, y LIN, Boqiang. Analysis of Pakistan's electricity generation and CO2 emissions: Based on decomposition and decoupling approach. *Journal of Cleaner Production*. [en línea]. 2022, vol. 359. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132074>

ISSN: 0959-6526.

YUAN, Haozhe, YE, Huanhuan, CHEN, Yaoting, y DENG, Wenyang. Research on the optimal configuration of photovoltaic and energy storage in rural microgrid. *Energy Reports*. [en línea]. 2022, vol. 13. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.08.115>

ISSN: 2352-4847

ZHANG, Chen, XIE, Yiliang, ZHANG, Hongxia, GU, Yujie, y ZHANG, Xiongwen. Optimal design and performance assessment for a solar powered electricity, heating and hydrogen integrated energy system. *Energy*. [en línea]. 2022, vol. 262. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125453>

ISSN: 0360-5442

ZHANG, Fan, LI, Naiqing, LI, Li, WANG, Shuang, DU, Chuanxiang. A local semi-supervised ensemble learning strategy for the data-driven soft sensor of the power prediction in wind power generation. *Fuel*. [en línea]. 2023, vol. 33. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.126435>

ISSN: 1873-7153.

ZHANG, Yunxin, GAO, Huan, SUN, Ming, LIU, Sifeng, y FORREST, Jeffry. A novel grey Lotka–Volterra model driven by the mechanism of competition and cooperation for energy consumption forecasting. *Energy*. [en línea]. 2022, vol. 23. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.126154>

ISSN: 0360-5442

ZHENG, Ce, Y KEZUNOVIC, Mladen. Impact of wind generation uncertainty on power system small disturbance voltage stability: A PCM-based approach. *Electric Power Systems Research*. [en línea]. 2012, vol. 84. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2011.10.001>

ISSN: 0378-7796.

ANEXOS

ANEXO 1: Operacionalización de variables

Tabla 5

Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable Independiente: Sistema de generación fotovoltaica	El sistema de generación fotovoltaica es una tecnología que convierte directamente la energía solar en electricidad mediante el uso de células fotovoltaicas, que son dispositivos que convierten la radiación solar en energía eléctrica (Boubaker et al., 2023, p. 25).	Un sistema de generación fotovoltaica es una tecnología de energía renovable que permite transformar la energía solar en electricidad mediante el uso de células fotovoltaicas, que convierten la radiación solar directamente en corriente eléctrica, con el fin de ser aprovechada en instalaciones eléctricas de pequeña y gran escala (Hernández-Rodríguez, 2023, p. 15).	Energía solar	Radiación solar	Razón
				Coordenadas	Razón
				Número de horas	Razón
			Energía eléctrica fotovoltaica	Eficiencia del panel	Razón
				Ángulos de instalación	Razón
				Voltaje	Razón
				Corriente	Razón
Variable dependiente: Suministro eléctrico	El suministro eléctrico es el proceso de transporte de energía eléctrica desde las centrales de generación hasta los puntos de consumo, con el fin de satisfacer la demanda de energía eléctrica de los usuarios (Vargas et al. 2023).	El suministro eléctrico se refiere a la cantidad de energía eléctrica que se entrega a los consumidores, medida en kilovatios-hora (kWh), a través de la red eléctrica" (López et al., 2023, p. 12).	Energía eléctrica demandada	Tiempo	Razón
				Potencia	Razón

ANEXO 2: Matriz de consistencia

Tabla 6

Matriz de consistencia

Formulación del problema	Objetivos de la investigación	Hipótesis	Variables	Población y muestra	Tipo / nivel y diseño de investigación	Técnica / instrumento
<p>Problema General: ¿Cómo suministrar energía eléctrica rentable en el caserío de Santa Rosa - Cajamarca?</p> <p>Problemas Específicos: ¿Cuánto es la demanda energética del caserío Santa Rosa – Cajamarca? ¿Qué parámetros caracterizan al sistema de generación fotovoltaica para el caserío Santa Rosa - Cajamarca? ¿Cuál es análisis económico para determinar la rentabilidad del sistema fotovoltaico a largo plazo para en el caserío Santa Rosa – Cajamarca?</p>	<p>Objetivo General: Diseñar un sistema de generación fotovoltaica rentable para suministrar energía eléctrica al caserío Santa Rosa - Cajamarca</p> <p>Objetivos Específicos: 1) Realizar un análisis de la demanda energética del caserío Santa Rosa – Cajamarca, 2) Determinar los parámetros del sistema de generación fotovoltaica para el caserío Santa Rosa - Cajamarca, y 3) Realizar un análisis económico para determinar la rentabilidad del sistema fotovoltaico largo plazo para el caserío Santa Rosa - Cajamarca.</p>	<p>Hipótesis general: El diseño de un sistema fotovoltaico rentable, es capaz de suministrar energía eléctrica al caserío de Santa Rosa -Cajamarca.</p> <p>Hipótesis específicas: 1) Un análisis de la demanda energética en el caserío Santa Rosa - Cajamarca, permite identificar la cantidad de energía requerida para satisfacer las necesidades de la comunidad, 2) La determinación de los parámetros del sistema de generación fotovoltaica en el caserío Santa Rosa - Cajamarca proporcionará información crucial para diseñar y dimensionar adecuadamente el sistema, 3) un análisis económico detallado permitirá evaluar la rentabilidad a largo plazo del sistema fotovoltaico en el caserío Santa Rosa - Cajamarca, y se espera que los resultados muestren que el sistema es una inversión viable y sostenible para la comunidad.</p>	<p>Variable independiente: Sistema de generación fotovoltaica</p> <p>Variable dependiente: Suministro eléctrico</p>	<p>Población: 230 casas</p> <p>Muestra 1 casa</p>	<p>TIPO: Aplicada</p> <p>NIVEL: Descriptivo</p> <p>DISEÑO: No experimental</p>	<p>Técnica: Análisis Documental/ Observación</p> <p>Instrumento: Ficha de registro/Guía de observación</p>

Anexo 03: Guía de observación para obtención de la potencia requerida

“Guía de observación asociado a la potencia necesaria por vivienda para el caserío Santa Rosa - Cajamarca”

Objetivo: **Determinar la potencia requerida de la vivienda representativa para el caserío Santa Rosa, Cajamarca**

Investigador: Corcuera Arangurí Robinson Max

Lugar: Santa Rosa - Cajamarca

Fecha: 26/05/2023 Hora: 11: 35

Ítem	Carga	Cantidad (unidad)	Potencia (kW)	Tiempo de uso (h)	Consumo diario (kWh)
1	Lámparas led	5	10	5	0.25
2	Celular	2	30	1	0.06
3	Linterna	2	5	2	0.02
4	Radio	1	40	10	0.40
5	Computadora	1	45	1	0.05
6					
7					
8					
9					
10					
Total					0.78

Anexo 04: Guía de análisis documental de la radiación solar en el caserío Santa Rosa – Cajamarca.

“Análisis documental de la radiación solar en el caserío Santa Rosa - Cajamarca”

Objetivo: Determinar la radiación de la zona de estudio

Investigador: Reyna Corro Edgar Wilder

Lugar: Santa Rosa – Cajamarca

Fecha: 01/06/2023

Latitud: -7.3624°

Longitud: -77.8983°

Altura: 1156 msnm

Fuente: Software PVsyst 7.3

Sitio web: www.pvsyst.com

Mes	Irradiación Horizontal global (kWh/m ² /mes)	Temperatura (°C)	Velocidad del viento (m/s)
Enero	181.3	18.1	0.63
Febrero	156.8	18.3	0.51
Marzo	159.1	18.0	0.49
Abril	157.0	17.6	0.50
Mayo	155.1	17.8	0.58
Junio	151.3	18.0	0.62
Julio	158.4	17.3	0.63
Agosto	183.7	18.3	0.72
Setiembre	169.9	18.1	0.73
Octubre	189.3	18.1	0.72
Noviembre	178.0	18.7	0.56
Diciembre	163.0	17.1	0.49
Año	2002.9	18.0	0.60

Anexo 5: Cálculo del módulo fotovoltaico y batería para el día con menor irradiación durante el año.

Tabla 7

Día de menor irradiación durante el año 6/02/2020 (fuente software PVsyst)

Hora	Irradiación W/m2	Panel 390 Wp de 2m ² (W/m2)
06:00	8.80	3.41
07:00	62.10	24.07
08:00	163.50	63.37
09:00	218.40	84.65
10:00	275.00	106.59
11:00	354.90	137.56
12:00	390.60	151.40
13:00	237.20	91.94
14:00	361.60	140.16
15:00	282.30	109.42
16:00	162.90	63.14
17:00	64.40	24.96
18:00	4.80	1.86
Total	2586.5	1002.53

Interpretación

Según tabla, indica la radiación producida el 6 de febrero del año 2020 durante 12 horas desde 6:00 am hasta las 6:00 pm, alcanzando su pico más alto de 354.90 W/m2 al medio día, obteniendo un total de irradiación de 2586.5 W/m2 durante el día, en consecuencia, al instalar un panel de 390 Wp con una eficiencia de 19.38% se obtiene 1002.53 Wh/día durante el día.

Tabla 8*Resultados del cálculo de la potencia del módulo fotovoltaico*

Descripción	Cantidad	Unidad
Irradiación total en el día	2586.50	W/m2
Irradiación máxima durante el día	390.60	W/m2
Horas efectivas	6.62	h
Potencia demandada	967.00	Wh/día
Eficiencia del módulo	19.38	%
Potencia módulo fotovoltaico	376.76	Wp
Área modulo fotovoltaico	2	m2
Potencial de modulo fotovoltaico comercial	390	Wp
Producción del sistema fotovoltaico	1002.53	W/m2

Interpretación

Según lo descrito, se calculó la potencia del módulo fotovoltaico requerido para cubrir la demanda de la vivienda representativa usando la eficiencia de dicho panel solar siendo 376.76 Wp, en el mercado se escogió el inmediato superior de 390 Wp.

Tabla 9*Resultados del cálculo de la capacidad de la batería*

Descripción	Cantidad	Unidad
Autonomía	1	día
Voltaje	12	VDC
Energía almacenada (80% DOD)	100.73	Ah
Cantidad de Baterías	2	unidad
Capacidad de la batería	50.36	Ah
Capacidad de la batería comercial	50	Ah

Interpretación

Según lo mostrado, se determinó la capacidad de la batería para cubrir un día de autonomía a una profundidad de descarga del 80%, siendo este valor de 50 Ah, se eligió dos baterías conectados en serie para satisfacer el voltaje de carga 24Vdc.

Anexo 6: Ficha técnica del módulo fotovoltaico (390 Wp)

www.jinkosolar.com



Cheetah HC 72M

390-410 Watt

MONO PERC HALF CELL MODULE

Positive power tolerance of 0~+3%

- Half Cell
- Mono PERC 72 Cell

PERC

KEY FEATURES



- 5 Busbar Solar Cell**
 5 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.
- High Efficiency**
 Higher module conversion efficiency (up to 20.38%) benefit from half cell structure (low resistance characteristic).
- PID Resistance**
 Excellent Anti-PID performance guarantee limited power degradation for mass production.
- Low-light Performance**
 Advanced glass and cell surface textured design ensure excellent performance in low-light environment.
- Severe Weather Resilience**
 Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).
- Durability Against Extreme Environmental Conditions**
 High salt mist and ammonia resistance certified by TUV NORD.

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

12 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty

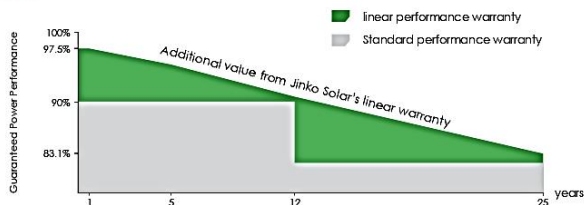


- ISO9001:2015, ISO14001:2015, ISO45001:2018 certified factory
- IEC61215, IEC61730, certified product

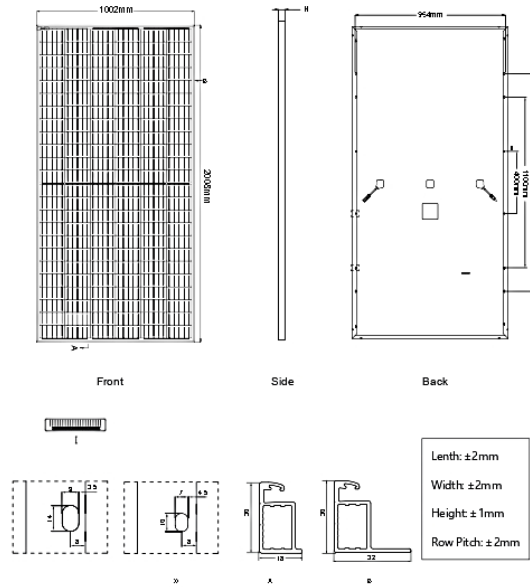
Nomenclature:

JKMxxxM-60/72H-V

Code	Cell	Code	Certification
null	Full	null	1000V
H	Half	V	1500V



Engineering Drawings

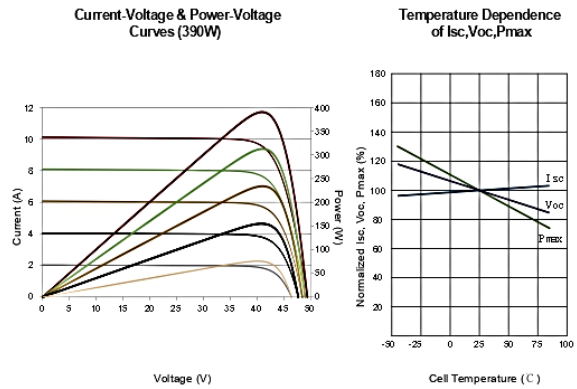


Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

35pcs/pallet , 70pcs/stack, 770pcs/40' HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	Mono PERC 158.75×158.75mm
No. of Half-cells	144 (6×24)
Dimensions	2008×1002×30mm (79.06×39.45×1.18 inch)
Weight	22.0 kg (48.5 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TUV 1x4.0mm ² , (+) 290mm, (-) 145mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM390M-72H		JKM395M-72H		JKM400M-72H		JKM405M-72H		JKM410M-72H	
	JKM390M-72H-V	JKM395M-72H-V	JKM400M-72H-V	JKM405M-72H-V	JKM410M-72H-V	STC	NOCT	STC	NOCT	STC
Maximum Power (Pmax)	390Wp	287Wp	395Wp	291Wp	400Wp	294Wp	405Wp	298Wp	410Wp	302Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	39.64V	37.0V	39.90V	37.4V	40.16V	37.6V	40.42V	37.8V	40.68V	38.0V
Maximum Power Current (Imp)	9.84A	7.75A	9.90A	7.77A	9.96A	7.82A	10.02A	7.88A	10.08A	7.94A
Open-circuit Voltage (Voc)	48.6V	45.8V	48.8V	46.0V	49.1V	46.2V	49.4V	46.5V	49.6V	46.7V
Short-circuit Current (Isc)	10.46A	8.45A	10.54A	8.51A	10.61A	8.57A	10.69A	8.63A	10.76A	8.69A
Module Efficiency STC (%)	19.38%		19.63%		19.88%		20.13%		20.38%	
Operating Temperature (°C)	-40°C~+85°C									
Maximum System Voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum Series Fuse Rating	20A									
Power Tolerance	0~+3%									
Temperature Coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature Coefficients of Voc	-0.29%/°C									
Temperature Coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C									

STC: ☀ Irradiance 1000W/m² 📷 Cell Temperature 25°C ☁ AM=1.5

NOCT: ☀ Irradiance 800W/m² 📷 Ambient Temperature 20°C ☁ AM=1.5 🌀 Wind Speed 1m/s

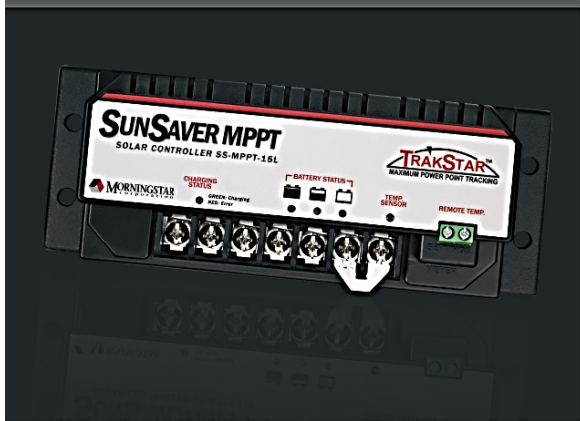
* Power measurement tolerance: ± 3%

The company reserves the final right for explanation on any of the information presented hereby. JKM390-410M-72H-(V)-A4-EN-F3

Anexo 7: Ficha técnica del controlador de carga (400 W)



+1-215-321-4457
sales@morningstarcorp.com



CONTROLADOR SOLAR SUNSAVER MPPT™

CON DETECCIÓN DEL PUNTO DE MÁXIMA POTENCIA

- Maximiza el aprovechamiento de energía
- Uso de módulos de alto voltaje
- Menor coste del sistema
- Conectividad con ordenadores personales
- Autorizado para el uso en emplazamientos peligrosos de todo el mundo

El controlador solar SunSaver MPPT™ de Morningstar con TrakStar Technology™ es una batería avanzada con detección del punto de máxima potencia (MPPT) para sistemas fotovoltaicos (FV) autónomos con una potencia máxima (Pmp) de hasta 520 vatios. El controlador cuenta con un algoritmo de seguimiento inteligente que maximiza la captación de energía del panel FV y, además, proporciona un control de la carga para evitar la descarga excesiva de la batería. Las opciones detalladas de programación de la batería permiten hacer un mantenimiento avanzado de los tipos de batería de litio, níquel-cadmio y plomo ácido más novedosos.

CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS PRINCIPALES

Diseñado para entornos difíciles y emplazamientos peligrosos de todo el mundo

- Intervalo de temperatura de -40 °C a + 60 °C.
- Idóneo para aplicaciones petrolíferas/gasísticas. Autorizado para el uso en emplazamientos peligrosos: UL/CSA clase 1, división 2, grupos A-D, ATEX/IECEX zona 2 y grupo de gases IIC.

Maximiza el aprovechamiento de energía

Características de nuestra tecnología TrakStar MPPT:

- Eficiencia máxima de más del 97 %.
- Mínima frecuencia de pérdidas de energía.
- Reconocimiento de varios puntos de potencia durante el sombreado o con paneles FV mixtos.
- Rendimiento excelente en niveles de radiación solar bajos.

Uso de módulos de alto voltaje

Permite el uso de módulos de alto voltaje y de película fina para la carga de baterías autónomas.

Paneles FV de mayor voltaje

Ofrece la posibilidad de utilizar un panel FV de mayor voltaje para cargar una batería de 12 V o 24 V.

Menor coste del sistema

Es más barato que otros controladores MPPT y asequible en sistemas FV pequeños de hasta 400 Wp. Permite aminorar los costes del sistema al reducir el tamaño del panel FV, usar módulos autónomos o de película fina y disminuir el tamaño de los cables.

El MPPT de SunSaver es idóneo para aplicaciones FV tanto profesionales como de uso individual, como el control automático de la iluminación. Su proceso de carga se ha optimizado para prolongar la duración de la batería y mejorar el rendimiento del sistema. Este producto está encapsulado en material epoxídico para la protección del medioambiente, puede ajustarlo el propio usuario a través de cuatro interruptores de configuración o mediante un ordenador personal y cuenta con un medidor remoto opcional y un sensor de temperatura de la batería.

Control de carga

Desconecta de forma automática las cargas cuando la batería se ha descargado y se encuentra en un estado de carga bajo.

Conectividad con ordenadores personales

- Adaptador USB MeterBus para una compatibilidad con ordenadores portátiles.
- Adaptador MeterBus para PC de puerto RS-232.
- Selección del usuario totalmente ajustable a través de interruptores preestablecidos integrados o personalizados con conexión al PC.
- Control automático avanzado de la iluminación programable a medida con conexión a un PC.
- Los LED de estado y el medidor opcional proporcionan una gran cantidad de datos del controlador y del sistema. También es posible realizar un seguimiento a través de un ordenador personal.
- 30 días de registro de datos internos de los principales parámetros de funcionamiento del sistema FV.

Tamaño reducido

Las dimensiones son menores que las de otros controladores MPPT, lo que facilita su instalación en las carcasas de los equipos.

Gran fiabilidad

Una electrónica eficiente, un diseño térmico conservador y la tropicalización dan como resultado una alta fiabilidad y una larga vida útil.

Amplia protección electrónica

Protección total contra la mayoría de los errores y fallos del sistema.

Mayor duración de la batería

El seguimiento eficiente realizado por el MPPT y la carga en 4 etapas aumentan la duración de la batería.

8 Pheasant Run, Newtown, PA 18940, EE. UU.

www.morningstarcorp.com

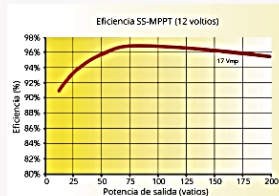
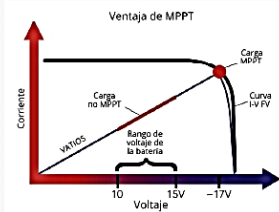
Especificaciones técnicas

Versiones	SS-MPPT-15L
Eléctricas	
Eficiencia máxima	97,5 %
Voltaje nominal de la batería	12 o 24 V
Corriente máx. de carga de la batería	15 A
Intervalo de voltaje de la batería	7-36 V
Potencia de salida máxima nominal/Entrada solar FV máxima recomendada*	
Batería de 12 V	200 W/260 W
Batería de 24 V	400 W/520 W
Máx. voltaje del circuito abierto (Vca) solar FV**	60 V (sin daños a la unidad)
Corriente de carga nominal	15 A
Autoconsumo	35 mA
Protección de sobretensión transitoria	4 x 1500 W
Medioambientales	
Temperatura de funcionamiento	-40 °C a +60 °C. Puede disminuir por encima de 50 °C***
Temperatura de almacenamiento	-55 °C a +100 °C
Humedad	100 % sin condensación
Tropicalización	Encapsulación en material epoxídico Revestimiento de conformación, terminales con clasificación marina
Mecánicas	
Dimensiones	16,9 (alt.) x 6,4 (anch.) x 7,3 (prof.) cm
Peso	0,60 kg
Terminal de potencia	16 mm ² /n.º 6 AWG
Carcasa	Aluminio fundido a presión con cubierta de plástico IP 20, tipo 1
Carga de batería	
Tipos de batería	Gel, sellado, AGM, plomo-ácido
Carga en cuatro etapas	En masa, absorción, flotación, eualización (opcional)
Compensación de temperatura	
Coefficiente	-5 mV/°C/celda (ref. 25 °C)
Intervalo	-30 °C a +60 °C
Puntos de ajuste	Absorción, flotación, eualización

* El intervalo de potencia del panel FV puede superar la potencia de salida máxima nominal del controlador (se recomienda que sea < 130 %). El controlador limitará la corriente de la batería y evitará daños. Si se produce un aumento excesivo del tamaño de algún panel, cada caso debe tratarse de manera individual. Consulte nuestra herramienta de cálculo de cadenas para paneles FV y documentación técnica relacionada: <https://www.morningstarcorp.com/array-oversizing>

**El voltaje FV debe ser mayor que el voltaje de la batería +1 voltio para iniciar la carga.

*** Acepta 40 Vmp, carcasa sin ventilación. Consulte el manual de funcionamiento para obtener más información sobre el rendimiento.



Protecciones electrónicas

- FV: sobrecarga, cortocircuito, alto voltaje
- Carga: sobrecarga, cortocircuito
- Polaridad inversa: batería, FV y carga
- Sobrecargas por rayos y sobretensión transitoria
- Exceso de temperatura
- Corriente inversa nocturna

Opciones

- Medidor remoto
- Sensor de temperatura remoto
- Adaptador USB MeterBus (UMC-1)
- Adaptador MeterBus para PC de puerto RS-232
- Mordazas de instalación en riel DIN
- Convertidor Ethernet MeterBus para conectividad IP (SNMP incluido)



Certificaciones

- Emplazamientos peligrosos:
 - » UL121201/CSA C22.2 n.º 213 Clase I, Div. 2 Grupos A-D TX (T4 o T5)
 - » ATEX II 3G Ex ec IIC T4...T5 Gc
 - » IECEx Ex ec IIC T4...T5 Gc
- Marcado CE
- Cumplimiento con RoHS
- Componente en conformidad con UL 1741/CSA 107.1-01
- Fabricado en una instalación con la certificación ISO 9001
- FCC, parte 15, clase B



GARANTÍA: periodo de 5 años de garantía. Póngase en contacto con Morningstar o su distribuidor autorizado para conocer las condiciones completas.

Anexo 8: Ficha técnica de la batería (50Ah)

stored energy solutions for a demanding world

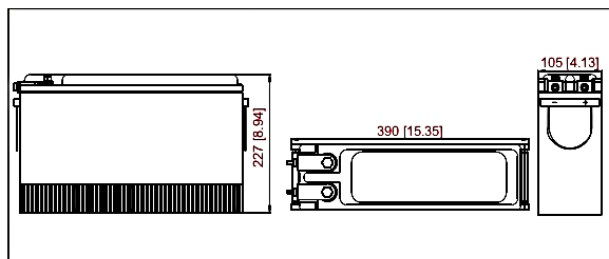
Narada

Model: MPG12V50F

MPG series

The MPG range VRLA batteries adopt flat plates with gel electrolyte and are designed with front terminal structure. The perfect design ensures MPG series battery the high reliability and makes the installation quite simple and safe when placed on a standard relay rack tray or in a closed cabinet. MPG range VRLA battery is designed with high energy density and suitable for 19", 23" rack or cabinet, and also offers options of top connection and side of monoblocs connection. MPG range battery can be equipped with central gas collection system according to the requirement of customer.

Dimensions-mm [inch]



Specifications

Battery Model	MPG12V50F
Nominal Voltage	12V
Rated Capacity	50Ah (10hour rate) to 1.80V/cell @25°C(77°F)
Typical Weight	20.7kg
Internal Resistance	Approx 8.39mΩ
Operating Temperature Range	Operation (maximum): -40°C to 50°C(-40°F to 122°F)
	Operation (recommended): 15°C to 25°C(59°F to 77°F)
	Storage: -20°C to 40°C(-4°F to 104°F)
Float Voltage	2.25V/cell@25°C(77°F)
Recommended Maximum Charging Current Limit	12.5A
Equalize and Cycle Service	2.35V~2.40V/cell@25°C(77°F)
Self Discharge	The residual capacity is above 90% after 90 days storage(25°C/77°F)
Terminal	M6 Female
Terminal Hardware Torque	8 ± 1.0Nm
Container Material	ABS (V0 optional)

Constant Current Discharge Characteristics Units: Amperes (25°C, 77°F)

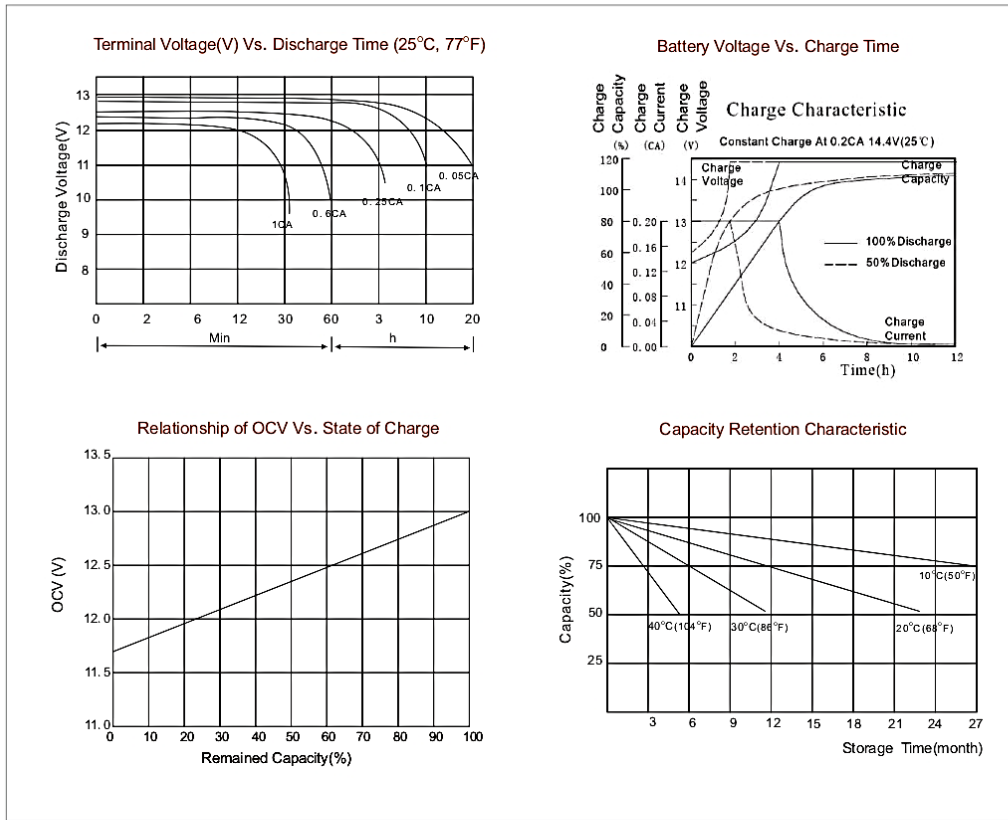
End voltage per cell	5min	15min	30min	45min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	12h	20h	24h
1.60V	164	88	53	39	31.2	17.9	14.0	10.8	9.6	8.1	6.3	5.2	4.40	2.73	2.28
1.67V	154	85	52	38	31.0	17.8	13.8	10.7	9.5	8.1	6.2	5.1	4.35	2.71	2.26
1.70V	152	83	52	38	30.8	17.7	13.7	10.7	9.4	8.1	6.2	5.1	4.31	2.70	2.26
1.75V	140	81	51	38	30.4	17.2	13.5	10.6	9.3	8.0	6.2	5.1	4.31	2.69	2.26
1.80V	126	75	49	36	29.6	17.1	13.5	10.5	9.1	7.8	6.1	5.0	4.28	2.67	2.25
1.83V	120	69	48	35	28.3	16.8	13.0	10.0	8.8	7.6	6.0	4.8	4.10	2.66	2.22
1.85V	112	67	45	34	27.4	16.2	12.7	9.9	8.6	7.4	5.8	4.8	4.08	2.61	2.20

Discharge Data with Constant Power Units: Watts per cell (25°C, 77°F)

End voltage per cell	5min	15min	30min	45min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	12h	20h	24h
1.60V	274	154	96	73	58.8	33.8	26.6	20.6	18.5	15.6	12.3	10.0	8.51	5.41	4.53
1.67V	264	152	96	72	58.5	33.7	26.2	20.6	18.4	15.6	12.1	9.9	8.45	5.40	4.53
1.70V	262	150	96	72	58.3	33.5	26.2	20.5	18.2	15.6	12.1	9.9	8.37	5.38	4.52
1.75V	245	149	95	72	57.5	33.4	26.0	20.5	18.1	15.5	12.0	9.9	8.36	5.37	4.52
1.80V	229	141	93	70	57.3	33.3	25.9	20.4	17.7	15.4	12.0	9.8	8.34	5.37	4.51
1.83V	221	129	92	68	54.9	32.9	25.3	19.7	17.4	14.9	11.9	9.6	8.17	5.36	4.48
1.85V	209	126	85	65	53.2	31.8	24.6	19.4	16.9	14.6	11.5	9.5	8.12	5.26	4.44

Copyright Narada Power Source Co., Ltd.

www.naradabattery.com



Charging Procedures

Application	Charge Voltage (V/Cell)			Max. Charge Current
	Temperature	Set Point	Allowable Range	
Cycle	25°C	2.40	2.35~2.45	0.25C
Standby	25°C	2.25	2.23~2.27	

Discharge Current VS. Discharge Voltage

Final Discharge Voltage V/Cell	1.80	1.70	1.55	1.30
Discharge Current (A)	$0.2C \geq (A)$	$0.2C < (A) < 0.5C$	$0.5C < (A) < 1.0C$	$(A) > 1.0C$

NARADA POWER SOURCE CO.,LTD.
 9F, Building A, No. 50 Zijinhua Road, Hangzhou, China
 Tel: +86-571-28827013 Fax: +86-571-28828290
 Website: www.naradabattery.com E-mail: intl@narada.biz

NARADA ASIA PACIFIC PTE.LTD.
 65 Ubi Crescent #07-05 HOLA centre, Singapore
 Tel: +65-6848 1191 Fax: +65-6749 3498
 E-mail: sales@narada.com.sg

NARADA EUROPE (UK) LIMITED
 Spectrum House, Dunstable Road, Redbourn,
 St. Albans, Herts AL3 7PR
 Tel: +44 (0)845 371 7095 Fax: +44 (0)845 612 2031
 E-mail: sales@naradaeurope.com



MPG12V50F-03-N-EN (Ver.03 July 2012) Subject to revision without prior notice. E & O.E.

Anexo 9. Ficha técnica del inversor (300 W)



+1-215-321-4457
sales@morningstarcorp.com



SureSine™ Inverter Line

Sine Wave Inverter

- Superior Industrial Grade
- Remote Control via Dry-Contact
- Industry-Leading Safety, Low-Noise, High Performance
- Fanless Convection Cooling



Since 1993 the name Morningstar has been synonymous with industry-leading charge controllers, used in mission-critical applications around the world. With that heritage and reputation, "Morningstar of Inverters" has a very high bar to meet.

The new SureSine line was conceived for exactly that reason: meeting customer requests for a Morningstar inverter that's equal to the quality and performance of our charge controllers. These new models are more than up to that task.

KEY FEATURES AND BENEFITS

- Inverter Functions: DC/AC conversion with pure sinewave output
- Superior industrial-grade product design and manufacturing
- Engineered for system-level integration and communication with Morningstar charge controllers
- Communication ports: RS485 USB, Ethernet, MS-CAN, Bluetooth while using industry-standard MODBUS protocol
- Wireless Android and iOS utility apps included for set-up and monitoring with remote devices
- AC hardwire terminal option available on selected models (all power ranges and frequencies)
- Remote On/Off improves safety and enables control in inaccessible locations
- Auxiliary Power Output (700-2500 W models) provides power for an EIA-485 bus or other small DC loads
- Overbuilt, industrial-grade low-frequency transformer for improved sinewave stability
- Fanless convection cooling with extruded aluminum heat sinking, for maximum efficiency and reliability
- Status LEDs for both System and AC Sinewave output, to ensure reliable operation and notify of any system alerts
- Industry leading safety, low-noise and high performance NRTL certifications for reliability and system conformance
- Configuration can be achieved via manual DIP switch configuration or digitally programmable custom setpoints



SureSine communications and configuration features

- Communication ports include Ethernet, USB, MS-CAN
- Inverter can be configured either manually via a DIP switch or digitally programmed with custom setpoints

8 Pheasant Run, Newtown, PA 18940 USA

www.morningstarcorp.com



Model Numbers	SureSine 150			SureSine 300			SureSine 750		
Rated Battery Voltage	12V	24V	48V	12V	24V	48V	12V	24V	48V
Battery Operational Voltage Range	10-16.5V	20-33V	40-66V	10-16.5V	20-33V	40-66V	10-16.5V	20-33V	40-66V
Maximum Continuous DC Input Current	18 Amps	8 Amps	4 Amps	36 Amps	16 Amps	8 Amps	84 Amps	38 Amps	18.5 Amps
AC Output Voltage (Frequency) Options	120V, 127V, 220V (60 Hz) / 230V (50 Hz) +/-5% V								
Continuous AC Output Power @ 40°C	150W			300W			750W		
Power Surge @ 40C (< 5 sec)	300W			600W			1400W		
1 min Surge Power @40C	225W			450W			1050W		
3 min Surge Power @40C	180W			360W			840W		
Operating Temperature Range*	-40° to +60°C								
Peak Efficiency	89%	89%	90%	91%	91%	92%	91%	90%	92%
Output Voltage Model Options	120 / 230V +/-5% V								
Output Frequency Options	50/60 Hz								
Waveform	Pure Sine Wave								
Total Harmonic Distortion (THD)	<2%								
Galvanically Isolated	Yes								
Self-Consumption:									
AC Output On	2.6W			3.9W			<9.4W		
AC Output Off	0.65W			0.65W			<2.8W		
Electronic Protections	AC Short Circuit, AC Overload, High/Low Voltage								
Battery Reverse Polarity	Replaceable internal fuse								
AC Output Protection against Short Circuit	Yes								
AC Output Protection against Overload	Yes								
Low Voltage Alarm, Disconnect, Reconnect	Yes								
High Voltage Alarm, Disconnect, Reconnect	Yes								
High Temperature Alarm, Disconnect, Reconnect	Yes								
Cooling	Fanless natural convection								
Operational Humidity Level	100%RH non condensing								
Weights	4.4 kg / 9.6 lbs			5.7 kg / 12.5 lbs			12V model: 14.5 kg / 32.0 lbs 24 & 48V versions: 13.5 kg / 30 lbs		
Shipping Weights	5 kg / 11 lbs			6.2 kg / 13.5 lbs			12V model: 16.5 kg / 35.5 lbs 24 & 48V versions: 15.5 kg 33.5 lbs		
Dimensions: NOTE: Hard-Wired versions are 0.6 in / 14m longer than factory-AC wired units	312/190/96 (mm) 12.2/7.5/3.8 (in)			332/190/96 (mm) 13.1/7.5/3.8 (in)			12V: 463/247/156 (mm)18.2/9.7/6.1(in) 24V & 48V: 463 x 247 x 156 (mm) 18.23 x 9.72 x 6.14 (in)		
IP Rating	IP20								
Wired Communications	RS485, MS-CAN						RS485,USB,Ethernet, MS-CAN		
Wireless Communications	Bluetooth, companion Android & iOS Apps								
Data Storage	4MB / 5 years internal								
Safety Certifications	IEC 62368-1 (pending FCC Article 15, Class B IEC/EN 61000-6-3 IEC/EN 61000-6-4 IEC/EN 55032								
CE / UKCA Compliant	Yes								
Compliance	IEC/EN 61000 IEC/EN 55032 IEC/EN 55011								
Warranty	5 Years								

* power derating at high ambient temperatures 40°C and above

Anexo 10: Informe de simulación de las características y parámetros del sistema fotovoltaico por el software PVsyst versión 7.4.0



Versión 7.4.0

PVsyst - Informe de simulación

Sistema independiente

Diseño de un sistema de generación fotovoltaica para el suministro eléctrico

Sistema independiente con baterías

Potencia del sistema: 390 Wp

Santa Rosa
Sitacocha
Cajamarca
Perú

Universidad César Vallejo
Reyna Corro Edgar Wilder
Corcuera Arangui Robinson Max
Trujillo
Perú



Proyecto: Santa Rosa-Cajamarca

Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.4.0

VC0, Fecha de simulación:
17/07/23 00:21
con v7.4.0

Resumen del proyecto

Sitio geográfico Matibamba Perú	Situación Latitud -7.36 °S Longitud -77.90 °W Altitud 1156 m Zona horaria UTC-5	Configuración del proyecto Albedo 0.20
Datos meteo Matibamba PVGIS-ERA5 - 2020		

Resumen del sistema

Sistema independiente	Sistema independiente con baterías
Orientación campo FV Plano fijo Inclinación/Azimut 15 / 0 °	Necesidades del usuario Consumidores domésticos diarios Constante durante el año Promedio 1.0 kWh/Día
Información del sistema	Paquete de baterías
Generador FV Núm. de módulos 1 unidad Pnom total 390 Wp	Tecnología Plomo-ácido, sellado, Gel Núm. de unidades 2 unidades Voltaje 24 V Capacidad 50 Ah

Resumen de resultados

Energía solar utilizable 353.92 kWh/año	Producción específica 907 kWh/kWp/año	Proporción rend. PR 44.51 %
Energía faltante 0.00 kWh/año	Energía solar disponible 654.24 kWh/año	Fracción solar (SF) 100.00 %
Exceso (sin usar) 286.02 kWh/año		

Tabla de contenido

Resumen de proyectos y resultados	2
Parámetros generales, Características del generador FV, Pérdidas del sistema.	3
Necesidades detalladas del usuario	5
Resultados principales	6
Diagrama de pérdida	7
Gráficos predefinidos	8
Costo del sistema	13
Análisis financiero	14



PVsyst V7.4.0

VC0, Fecha de simulación:
17/07/23 00:21
con v7.4.0

Parámetros generales

Sistema independiente		Sistema independiente con baterías	
Orientación campo FV		Configuración de cobertizos	
Orientación		Modelos usados	
Plano fijo		Transposición	Perez
Inclinación/Azimut	15 / 0 °	Difuso	DHI importado
		Circunsolar	separado
Necesidades del usuario			
Consumidores domésticos diarios			
Constante durante el año			
Promedio	1.0 kWh/Día		

Características del generador FV

Módulo FV		Batería	
Fabricante	Generic	Fabricante	Generic
Modelo	JKM390M-72H	Modelo	MPG 12V 50 F
(Base de datos PVsyst original)		Tecnología	Plomo-ácido, sellado, Gel
Unidad Nom. Potencia	390 Wp	Núm. de unidades	2 en series
Número de módulos FV	1 unidad	Descarga mín. SOC	17.4 %
Nominal (STC)	390 Wp	Energía almacenada	1.0 kWh
Módulos	1 Cadena x 1 En series	Características del paquete de baterías	
En cond. de funcionam. (50° C)		Voltaje	24 V
Pmpp	381 Wp	Capacidad nominal	50 Ah (C10)
U mpp	34 V	Temperatura	Temperatura ambiente exterior
I mpp	11 A	Control de gestión de la batería	
Controlador		Comandos de umbral como	Voltaje de batería
Fabricante	Generic	Cargando	27.3 / 25.3 V
Modelo	SunSaver MPPT SS-MPPT-15L @24V	SOC corresp.	0.90 / 0.75
Tecnología	Convertidor MPPT	Descarga	23.3 / 24.6 V
Coef. temp.	-5.0 mV/°C/Elem.	SOC corresp.	0.17 / 0.45
Convertidor			
Eficiencias máxi y EURO	97.0 / 96.0 %		
Potencia FV total			
Nominal (STC)	0.390 kWp		
Total	1 módulos		
Área del módulo	2.0 m²		
Área celular	1.8 m²		

Pérdidas del conjunto

Pérdidas de suciedad del conjunto		Factor de pérdida térmica		Pérdidas de cableado CC	
Frac. de pérdida	15.0 %	Temperatura módulo según irradiancia		Res. conjunto global	52 mΩ
		Uc (const)	29.0 W/m²K	Frac. de pérdida	1.5 % en STC
		Uv (viento)	0.0 W/m²K/m/s		
Pérdida diodos serie		Pérdida de calidad módulo		Pérdidas de desajuste de módulo	
Caída de tensión	0.7 V	Frac. de pérdida	-0.8 %	Frac. de pérdida	1.0 % en MPP
Frac. de pérdida	1.8 % en STC				



Proyecto: Santa Rosa-Cajamarca

Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.4.0

VC0, Fecha de simulación:
17/07/23 00:21
con v7.4.0

Pérdidas del conjunto

Factor de pérdida IAM

Efecto de incidencia (IAM): Fresnel, revestimiento AR, n(vidrio)=1.526, n(AR)=1.290

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000



PVsyst V7.4.0

VC0, Fecha de simulación:
17/07/23 00:21
con v7.4.0

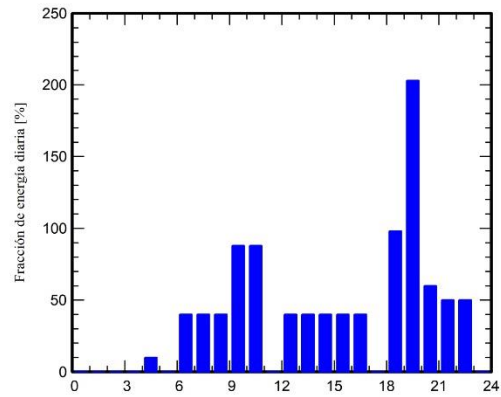
Necesidades detalladas del usuario

Consumidores domésticos diarios, Constante durante el año, promedio = 1.0 kWh/día

Valores anuales

	Núm.	Potencia	Uso	Energía
		W	Hora/día	Wh/día
Lamps (LED or fluo)	5	10/lámpara	5.0	250
Celular	2	30/apar.	1.0	60
computadora	1	45/apar.	1.0	45
Linterna	2		2	20
Radio	1	40 tot	10.0	400
Otros usos	1	48 tot	4.0	192
Energía diaria total				967

Distribución por hora



PVsyst PRUEBA

PVsyst PRUEBA

PVsyst PRUEBA



PVsyst V7.4.0

VC0, Fecha de simulación:
17/07/23 00:21
con v7.4.0

Resultados principales

Producción del sistema

Energía solar utilizable	353.92 kWh/año
Energía solar disponible	654.24 kWh/año
Exceso (sin usar)	286.02 kWh/año

Proporción rend. PR	44.51 %
Fracción solar (SF)	100.00 %

Pérdida de carga

Fracción de tiempo	0.0 %
Energía faltante	0.00 kWh/año

Envejecimiento de la batería (Estado de desgaste)

Ciclos SOW	77.5 %
SOW estático	92.1 %
Duración de vida de batería	4.4 años

Evaluación económica

Inversión

Global	1,982.10 USD
Específico	5.08 USD/Wp

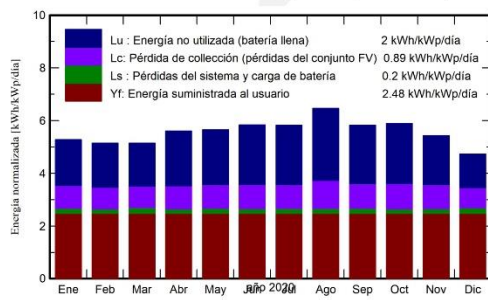
Costo anual

Anualidades	0.00 USD/año
Costos de func.	0.00 USD/año
Período de recuperación	6.2 años

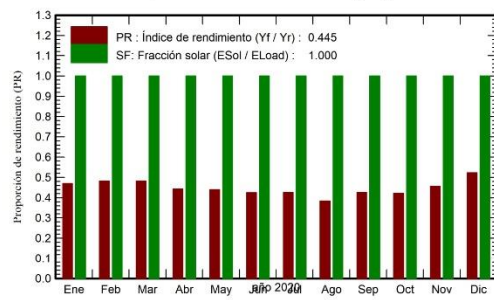
LCOE

Costo energético	0.00 USD/kWh
------------------	--------------

Producciones normalizadas (por kWp instalado)



Proporción de rendimiento (PR)



Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac proporción
Ene. 20	181.3	135.6	52.19	20.90	0.000	29.98	29.98	1.000
Feb. 20	156.8	124.2	47.78	18.81	0.000	28.04	28.04	1.000
Mar. 20	159.1	133.1	51.23	19.68	0.000	29.98	29.98	1.000
Abr. 20	157.0	140.4	54.26	24.31	0.000	29.01	29.01	1.000
Mayo 20	155.1	146.3	56.41	25.18	0.000	29.98	29.98	1.000
Jun. 20	151.3	146.3	56.58	26.42	0.000	29.01	29.01	1.000
Jul. 20	158.4	150.8	58.51	27.23	0.000	29.98	29.98	1.000
Ago. 20	183.7	167.4	64.17	32.99	0.000	29.98	29.98	1.000
Sep. 20	169.9	145.6	56.12	25.89	0.000	29.01	29.01	1.000
Oct. 20	189.3	151.6	58.38	27.41	0.000	29.98	29.98	1.000
Nov. 20	178.0	134.9	51.78	21.73	0.000	29.01	29.01	1.000
Dic. 20	163.0	121.6	46.83	15.49	0.000	29.98	29.98	1.000
Año	2002.8	1697.8	654.24	286.02	0.000	353.92	353.92	1.000

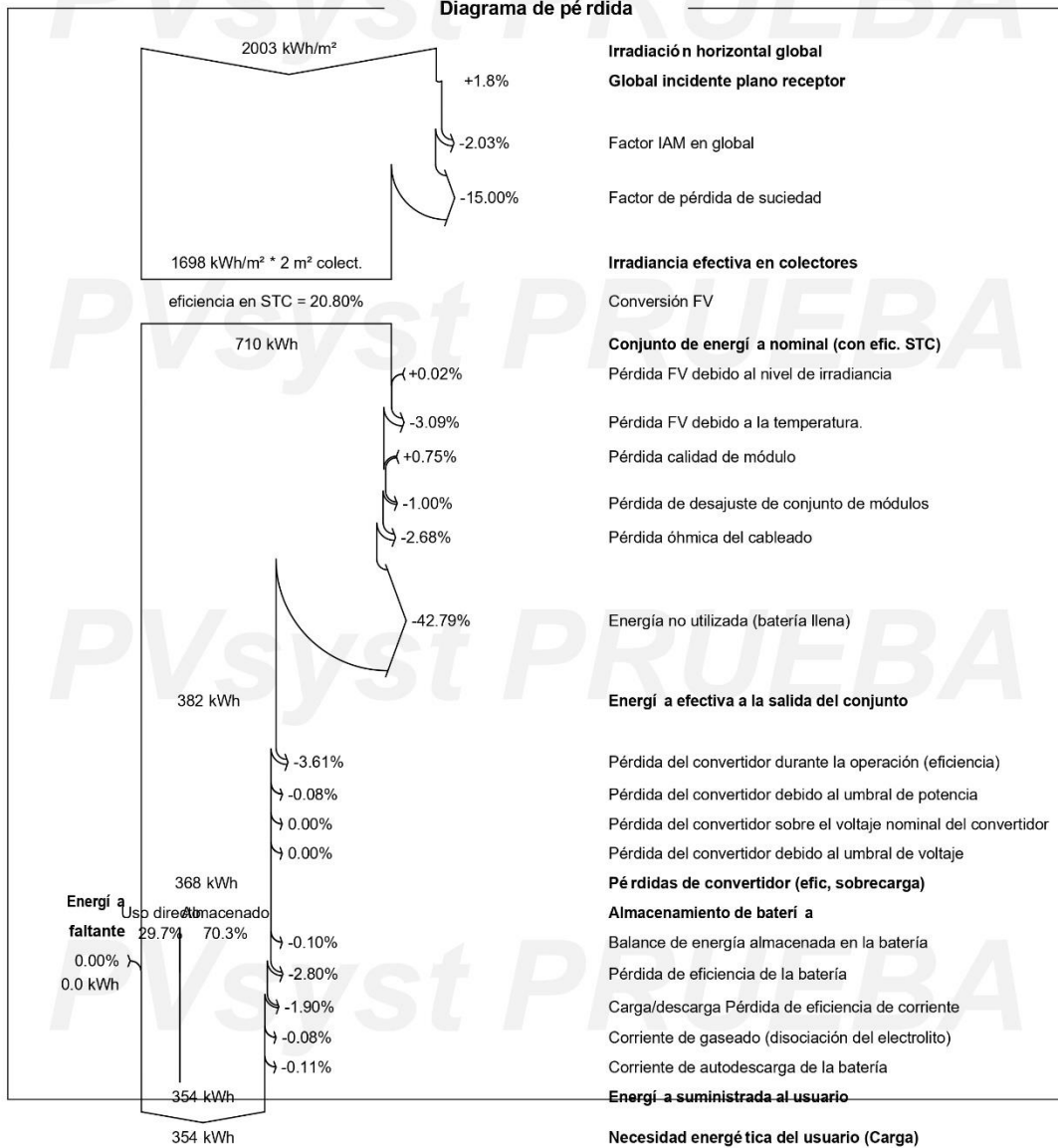
Leyendas

GlobHor	Irradiación horizontal global	E_User	Energía suministrada al usuario
GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados	E_Load	Necesidad energética del usuario (Carga)
E_Avail	Energía solar disponible	SolFrac	Fracción solar (EUtilizada / ECarga)
EUnused	Energía no utilizada (batería llena)		
E_Miss	Energía faltante		



PVsyst V7.4.0

VC0, Fecha de simulación:
17/07/23 00:21
con v7.4.0



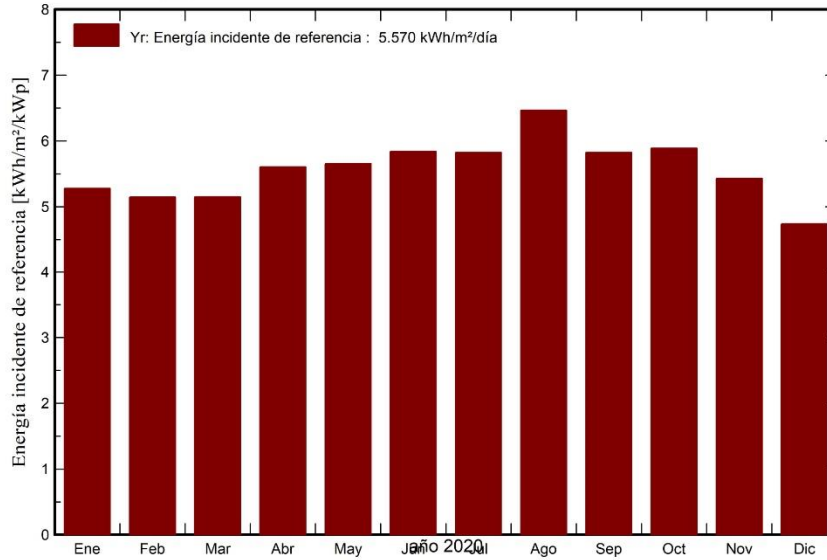


PVsyst V7.4.0

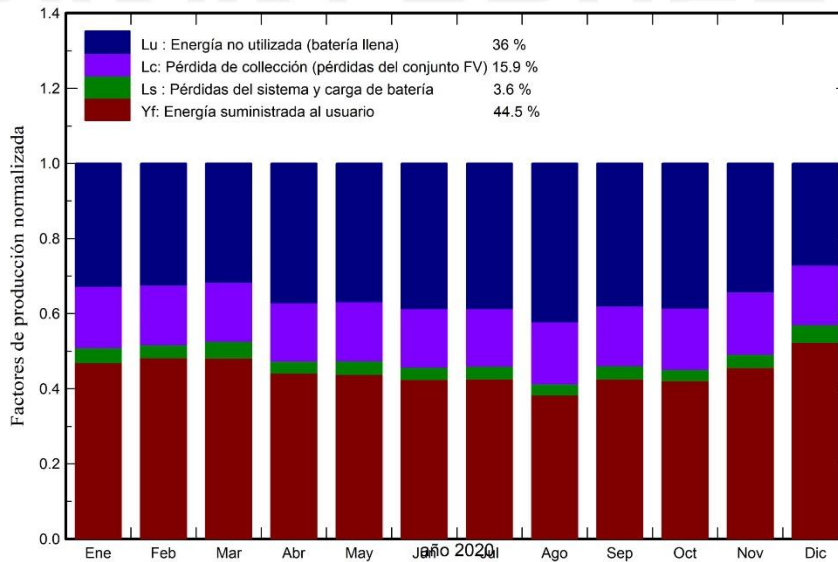
VC0, Fecha de simulación:
17/07/23 00:21
con v7.4.0

Gráficos predefinidos

Energía incidente de referencia en el plano colector



Producción normalizada y factores de pérdida



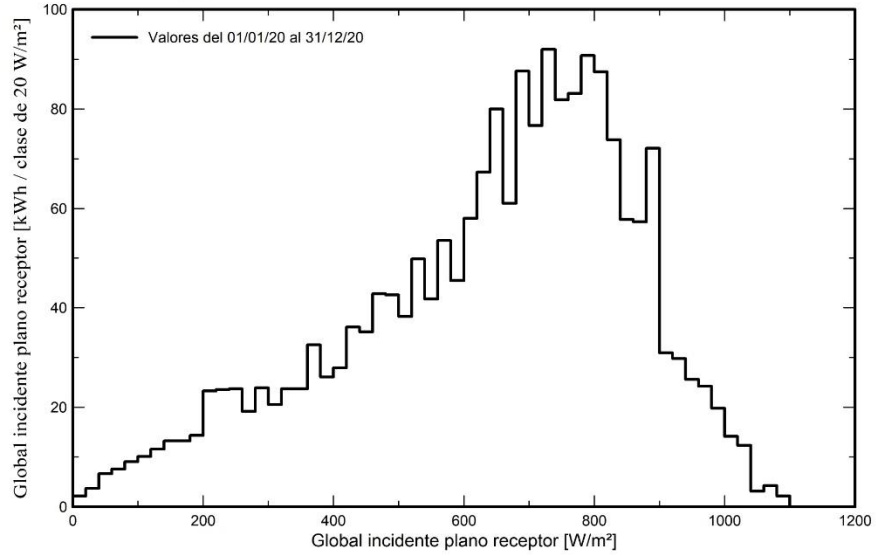


PVsyst V7.4.0

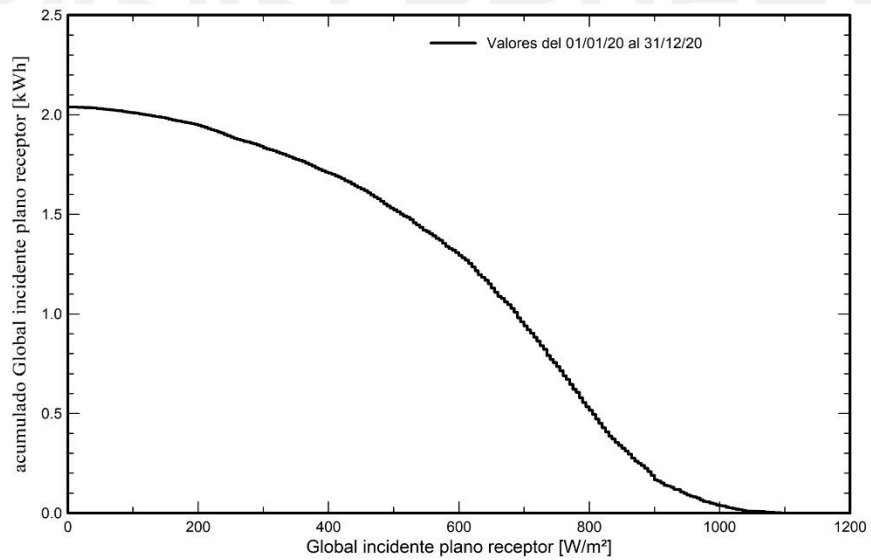
VC0, Fecha de simulación:
17/07/23 00:21
con v7.4.0

Gráficos predefinidos

Distribución de irradiación incidente



Distribución acumulativa de la irradiación incidente





PVsyst V7.4.0

VC0, Fecha de simulación:
17/07/23 00:21
con v7.4.0

Gráficos predefinidos

Temperatura del conjunto vs irradiancia efectiva

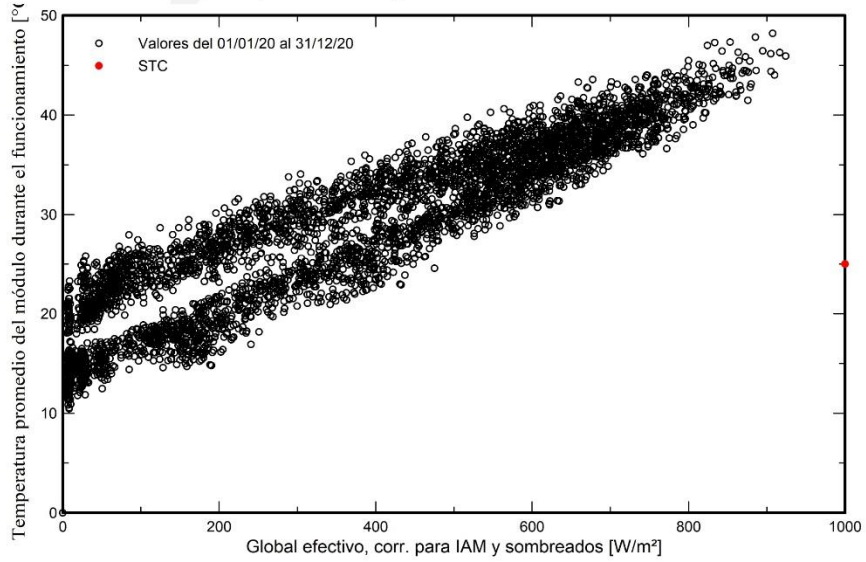
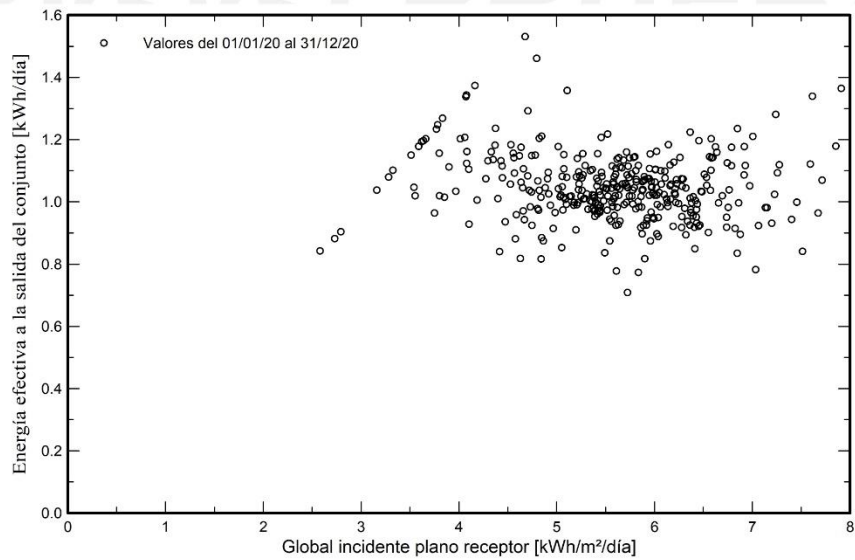


Diagrama entrada/salida diaria



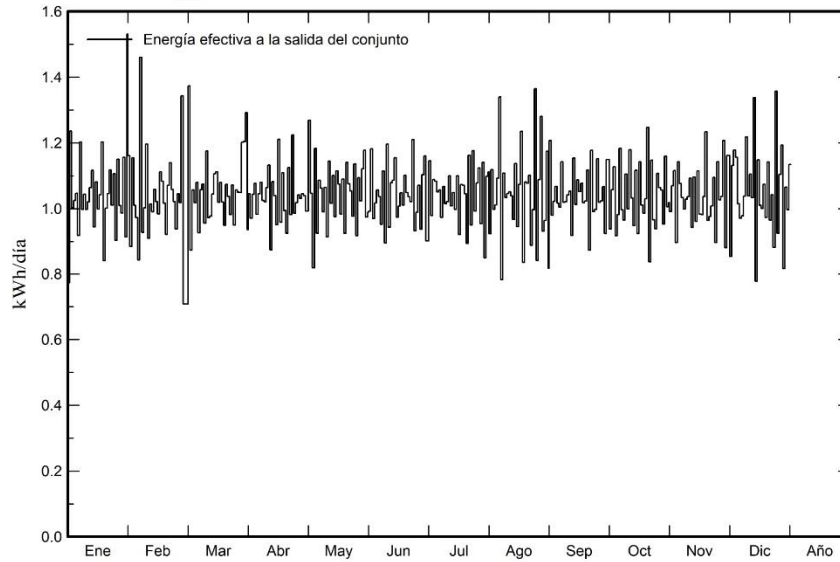


PVsyst V7.4.0

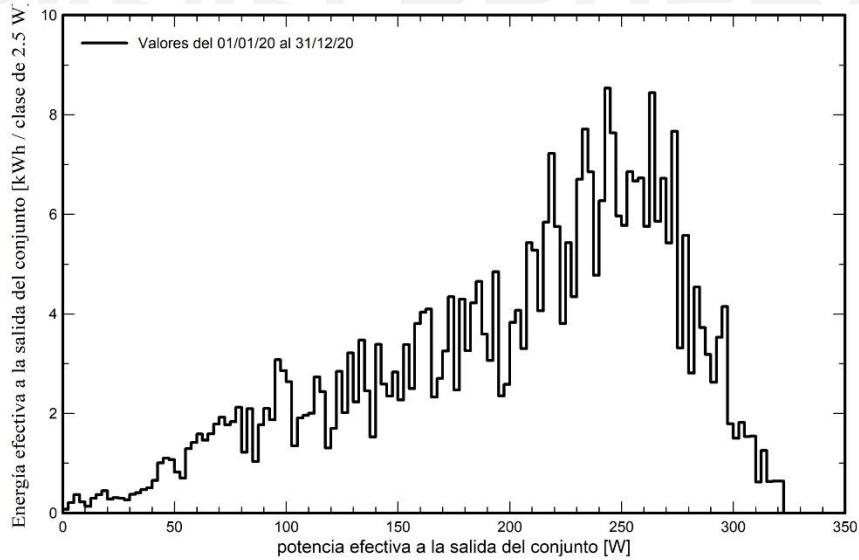
VC0, Fecha de simulación:
17/07/23 00:21
con v7.4.0

Gráficos predefinidos

Energía a diaria a la salida del conjunto



Distribución de la potencia del conjunto





Proyecto: Santa Rosa-Cajamarca

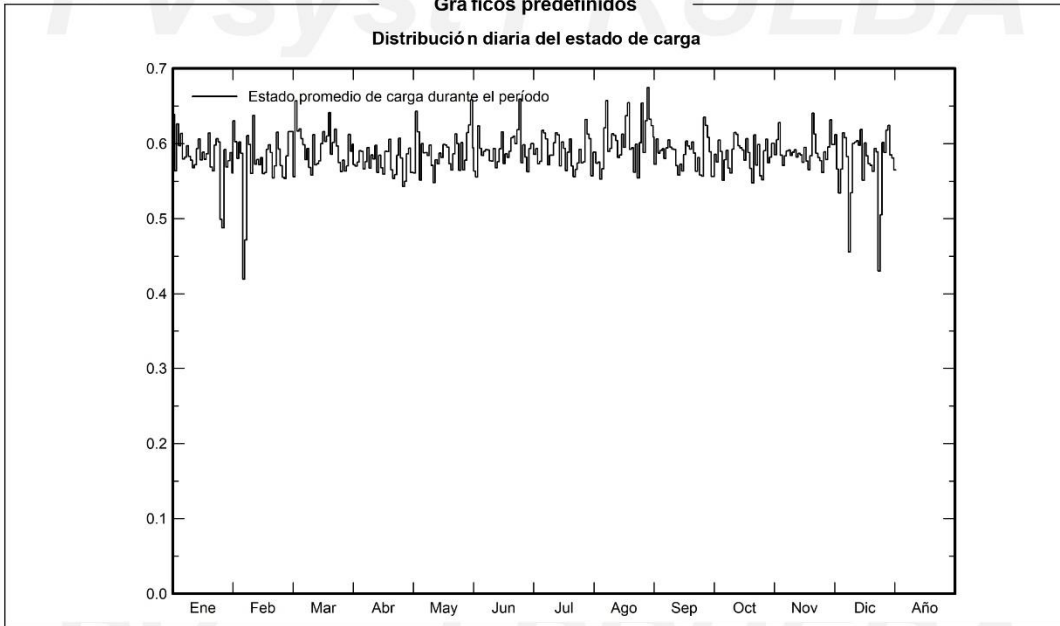
Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.4.0

VC0, Fecha de simulación:
17/07/23 00:21
con v7.4.0

Gráficos predefinidos

Distribución diaria del estado de carga





PVsyst V7.4.0

VC0, Fecha de simulación:
17/07/23 00:21
con v7.4.0

Costo del sistema

Costes de instalación			
Artículo	Cantidad unidades	Costo USD	Total USD
Módulos FV			
JKM390M-72H	1	168.50	168.50
Soportes para módulos	1	12.00	12.00
Baterías	2	135.57	271.14
Controladores			116.00
Otros componentes			
Accesorios, sujetadores	3	10.00	30.00
Cableado	1	72.00	72.00
Caja de conexiones	5	6.67	33.35
Materiales	1	25.13	25.13
Estudios y análisis			
Ingeniería	1	93.69	93.69
Pruebas y stock	1	44.99	44.99
Instalación			
Costo de instalación global	1	46.99	46.99
Costo de instalación reemplazo de controladores	1	190.34	190.34
Costo de instalación reemplazo de baterías	2	389.28	778.56
Transporte	4	4.68	18.74
Gastos Generales	1	55.95	55.95
Impuestos			
Otros impuestos	1	0.00	24.71
		Total	1,982.10
		Activo amortizable	597.64
Costos de operación			
Artículo			Total USD/año
Total (OPEX)			0.00
Resumen del sistema			
Costo total de instalación		1,982.10 USD	
Costos de operación		0.00 USD/año	
Exceso de energía (batería llena)		286 kWh/año	
Energía solar usada		354 kWh/año	
Costo energético usado		0.224 USD/kWh	



Proyecto: Santa Rosa-Cajamarca

Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.4.0

VC0, Fecha de simulación:
17/07/23 00:21
con v7.4.0

Análisis financiero

Período de simulación

Vida del proyecto 25 años Año de inicio 2024

Variación del ingreso a lo largo del tiempo

Inflación 0.00 %/año
Variación de producción (envejecimiento) 0.00 %/año
Tasa de descuento 0.00 %/año

Activos amortizables

Activo	Método de amortización	Período de amortización (años)	Valor de rescate (USD)	Amortizable (USD)
Módulos FV				
JKM390M-72H	Línea recta	25	0.00	168.50
Soportes para módulos	Línea recta	25	0.00	12.00
Baterías	Línea recta	25	0.00	271.14
Controladores	Línea recta	25	0.00	116.00
Accesorios, sujetadores	Línea recta	20	0.00	30.00
		Total	0.00	597.64

Financiamiento

Fondos propios 1,982.10 USD

Autoconsumo

Tarifa de consumo 0.9090 USD/kWh
Evolución de tarifas 0.0 %/año

Retorno de la inversión

Período de recuperación 6.2 años
Valor presente neto (VPN) 6,060.72 USD
Tasa de rendimiento interno (TRI) 15.82 %
Retorno de la inversión (ROI) 305.8 %



Proyecto: Santa Rosa-Cajamarca

Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.4.0

VC0, Fecha de simulación:
17/07/23 00:21
con v7.4.0

Análisis financiero

Resultados económicos detallados (USD)

Año	Fondos propios	Costos de func.	Ahorro de autoconsumo	Cumul lucro	% amorti.
0	1,982	0	0	-1,982	0.0%
1	0	0	322	-1,660	16.2%
2	0	0	322	-1,339	32.5%
3	0	0	322	-1,017	48.7%
4	0	0	322	-695	64.9%
5	0	0	322	-374	81.2%
6	0	0	322	-52	97.4%
7	0	0	322	270	113.6%
8	0	0	322	592	129.8%
9	0	0	322	913	146.1%
10	0	0	322	1,235	162.3%
11	0	0	322	1,557	178.5%
12	0	0	322	1,878	194.8%
13	0	0	322	2,200	211.0%
14	0	0	322	2,522	227.2%
15	0	0	322	2,844	243.5%
16	0	0	322	3,165	259.7%
17	0	0	322	3,487	275.9%
18	0	0	322	3,809	292.2%
19	0	0	322	4,130	308.4%
20	0	0	322	4,452	324.6%
21	0	0	322	4,774	340.8%
22	0	0	322	5,096	357.1%
23	0	0	322	5,417	373.3%
24	0	0	322	5,739	389.5%
25	0	0	322	6,061	405.8%
Total	1,982	0	8,043	6,061	405.8%

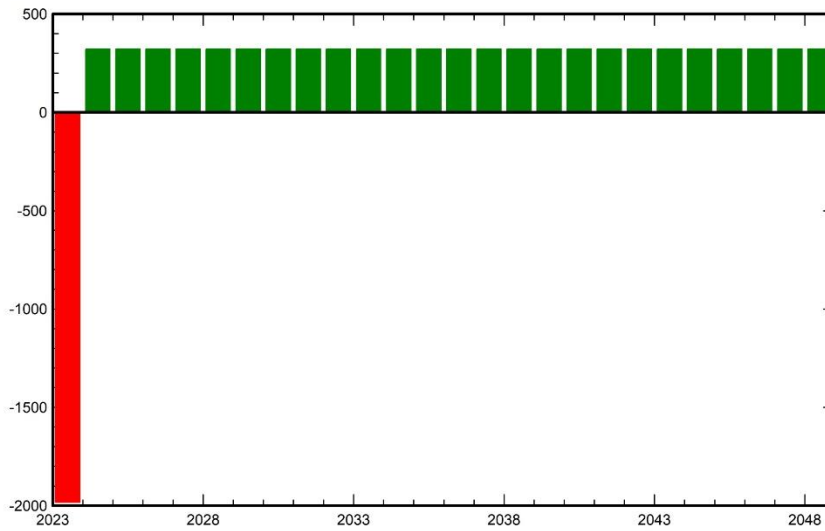


PVsyst V7.4.0

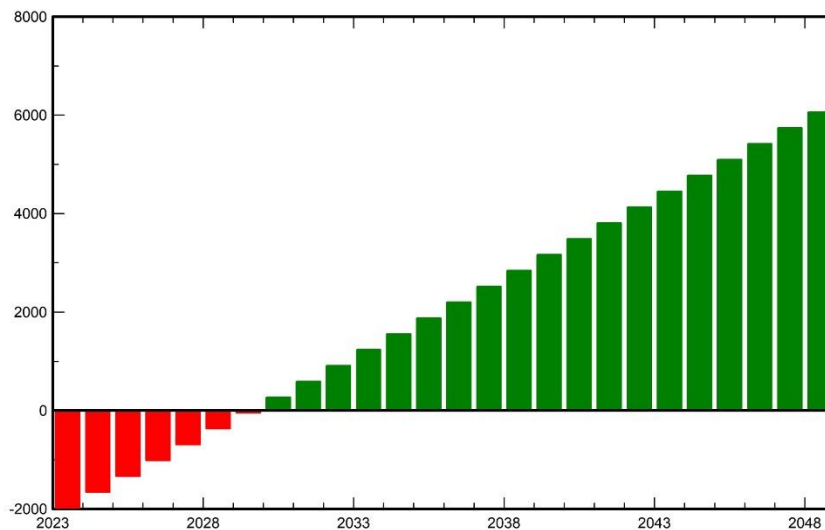
VC0, Fecha de simulación:
17/07/23 00:21
con v7.4.0

Análisis financiero

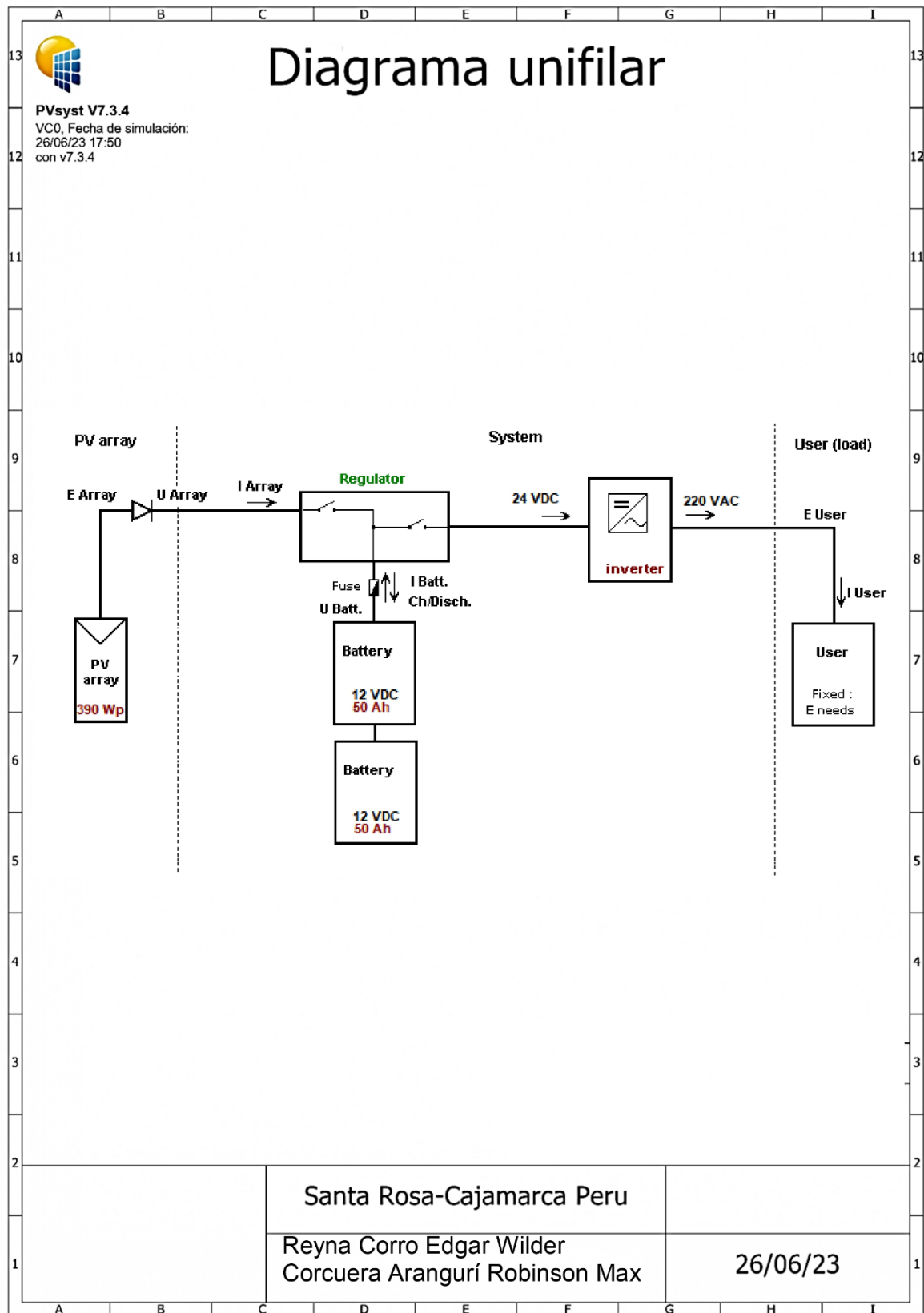
Beneficio neto anual (USD)



Flujo de caja acumulado (USD)



Anexo 10: Diagrama Unifilar



Anexo 11: Cálculo de indicadores económicos

Tabla 10

Costo de componentes del sistema

Descripción	Cantidad	Precio unitario (US\$)	Total (US\$)
Módulo FV	1	168.50	168.50
Soportes para módulos	1	12.00	12.00
Inversor	1	74.00	74.00
Controlador de carga	1	42.00	42.00
Batería	2	135.57	271.13
Sujetadores	3	10.00	30.00
Cableado	1	72.00	72.00
Caja conexiones	5	6.67	33.35
Sub-Total			702.98
Número de viviendas			230
Costo total			161,685.40

Interpretación

Se verifica, detalladamente los costos de los componentes del sistema fotovoltaico, siendo este costo de \$ 702.98 por vivienda y por comunidad es de \$161,685.40.

Tabla 11*Costo herramientas y equipos*

N°	Descripción	Cantidad	Costo unitario (US\$)	Costo total (US\$)
1	GPS	1	352.18	352.18
2	Escalera	1	182.00	182.00
3	Multímetro DC/AC	1	42.40	42.40
4	Inclinómetro	1	16.85	16.85
5	Brújula	1	7.96	7.96
6	Destornillador estrella y plano	3	3.92	11.76
7	Alicate universal y punta	3	13.41	40.23
8	Llave Francesa 8" y mixta 7/16"	3	12.50	37.50
9	Martillo pesado	3	7.63	22.89
10	Cuchilla de corte	3	3.03	9.09
11	Wincha métrica	3	2.40	7.20
12	Arco de sierra	3	7.63	22.89
13	Plumón de tinta indeleble (rojo y negro)	5	2.00	10.00
14	Lentes de seguridad	5	4.87	24.35
15	Desarmador múltiple, mixto y perillero	3	11.30	33.90
16	Linterna compacta	3	6.03	18.09
17	Maletín de herramientas	2	24.47	48.94
	Costo total			888.23

Interpretación

Se verifica, detalladamente los costos de herramientas y equipos necesarios para la instalación del sistema fotovoltaico, siendo el costo total de \$ 888.23.

Tabla 12*Costo de equipos de comunicación y oficina*

Nº	Descripción	Cantidad	Costo unitario (US\$)	Costo total (US\$)
1	Teléfono inalámbrico	1	79.32	79.32
2	Teléfono móvil	3	54.82	164.46
3	Escritorio de madera	2	91.85	183.70
4	Mesa de trabajo	1	79.63	79.63
5	Sillón	2	76.54	153.08
6	Sillas	5	18.55	92.75
7	Pizarra acrílica	1	12.83	12.83
8	Estante metálico	1	156.11	156.11
9	Armario	1	168.45	168.45
10	Cámara digital	1	168.14	168.14
11	Extintor de gas carbónico CO2	1	36.72	36.72
12	Extintor PQS 6kg	1	24.20	24.20
Costo total				1,319.39

Interpretación

Se verifica, detalladamente los costos de comunicación y oficina necesarios para gestión de la instalación del sistema fotovoltaico dando como resultado un costo total de \$ 1319.39.

Tabla 13*Costo de equipos de cómputo*

Nº	Descripción	Cantidad	Costo unitario (US\$)	Costo total (US\$)
1	Computadora + office + antivirus	3	848.05	2,544.15
2	Computadora portátil	1	712.00	712.00
3	Impresora láser	1	315.00	315.00
Costo total				3,571.15

Interpretación

Se detalla, el costo de equipos de cómputo necesarios para la gestión de la instalación del sistema fotovoltaico, siendo este costo total de \$ 3571.15.

Tabla 14*Costo de mano de obra para instalación del sistema fotovoltaico*

Categoría	Cantidad	Costo Hora-Hombre+25% Contratista (US\$/h-h)	Horas totales de trabajo	Costo Total (US\$)
Operario	2	4.47	720	6,438.02
Peón	2	3.04	720	4,370.77
Total				10,808.79

Interpretación

De lo mostrado, se verifica 4 trabajadores como mano de obra directa para la instalación del sistema fotovoltaico cuya contratación tiene un periodo de 3 meses con una jornada de trabajo de 8 horas diarias, sumando un costo total de \$ 10808.79.

Tabla 15*Costo de mano de obra para instalación de componentes de reemplazo por vida útil*

Categoría	Cantidad	Costo Hora-Hombre+25% Contratista (US\$/h-h)	Horas totales de trabajo	Costo Total (US\$)
Operario	2	4.47	240	2,146.01
Peón	2	3.04	240	1,456.92
Total				3,602.93

Interpretación

De lo mostrado, se verifica 4 trabajadores como mano de obra directa para la instalación de componentes de reemplazo por vida útil cuya contratación tiene un periodo de 1 mes con una jornada de trabajo de 8 horas diarias, sumando un costo total de \$ 3602.93.

Tabla 16*Costo de prueba y stock*

Descripción	Porcentaje	Costo Total (US\$)
Costo de prueba y stock	6.18%	10,349.29

Interpretación

De acuerdo a los mostrados el costo de prueba y stock es el 6.18% del costo de todos los materiales y componentes usados para el proyecto dando como resultado el costo total de \$ 10349.29.

Tabla 17*Costo total de instalación del sistema fotovoltaico*

Nº	Concepto	Costo total (US\$)
Costos directos		
1	Materiales	167,464.17
2	Pruebas y stock	10,349.29
3	Mano de obra	10,808.79
4	Transporte y equipos	4,310.58
	Sub.-Total	192,932.83
Costos indirectos		
1	Ingeniería y recepción	21,550.60
2	Gastos generales	12,869.01
3	Intereses intercalarios	5,683.81
	Sub-Total	40,103.41
	Costo total del proyecto (US\$)	233,036.24
	Número de usuarios	230
	Costo unitario total	1,013.20

Interpretación

Dado los resultados, se dividen los costos directos e indirectos dando como resultado el costo de instalación por vivienda es de \$ 1013.20.

Tabla 18*Costo de instalación por reemplazo de 2 baterías por vida útil*

Nº	Concepto	Costo total (US\$)
Costos directos		
1	Materiales	62,359.90
2	Pruebas y stock	3,853.84
3	Mano de obra	3,602.93
4	Transporte y equipos	4,310.58
	Sub.-Total	74,127.26
Costos indirectos		
1	Ingeniería y recepción	8,280.01
2	Gastos generales	4,944.44
3	Intereses intercalarios	2,183.79
	Sub-Total	15,408.24
	Costo total del proyecto (US\$)	89,535.50
	Número de usuarios	230
	Costo unitario total	389.28

Interpretación

Dado los resultados, se dividen los costos directos e indirectos dando como resultado el costo de instalación por vivienda es de \$ 389.28, este costo de instalación se realizará dos veces durante el periodo de 25 años, el primero será el año 2032 y el segundo el año 2040.

Tabla 19*Costo de instalación por reemplazo de controladores por vida útil*

Nº	Concepto	Costo total (US\$)
Costos directos		
1	Materiales	26,680.00
2	Pruebas y stock	1,648.82
3	Mano de obra	3,602.93
4	Transporte y equipos	4,310.58
	Sub.-Total	36,242.34
Costos indirectos		
1	Ingeniería y recepción	4,048.27
2	Gastos generales	2,417.44
3	Intereses intercalarios	1,067.70
	Sub-Total	7,533.41
	Costo total del proyecto (US\$)	43,775.74
	Número de usuarios	230
	Costo unitario total	190.33

Interpretación

Dado los resultados, se dividen los costos directos e indirectos dando como resultado el costo de instalación por vivienda es de \$ 190.33, este costo de instalación se realizará 1 vez durante el periodo de 25 años, la instalación estimada será para el año 2035.

Tabla 20

Cálculo tarifario para sierra, con inversiones 100% de la concesionaria y otras entidades

Tipo de sistema Fotovoltaico (Wp)		70	100	160	240	320	390
Inversión	US\$/año	722.6	841.08	1045.9	1462.8	1959.5	2246.57
Anualidad de Inversión	US\$/año	96.74	112.6	140.02	195.84	262.33	300.77
Costo Anual de explotación	US\$/año	76.32	90.25	107.21	139.72	182.84	207.00
Total costo Anual	US\$/año	173.06	202.85	247.23	335.56	445.17	507.77
Mensualidad de inversión	US\$/año	7.65	8.9	11.07	15.49	20.74	23.78
Costo mensual de explotación	US\$/mes	6.36	7.52	8.93	11.64	15.24	17.25
Total costo mensual	US\$/mes	14.01	16.42	20	27.13	35.98	41.03
Energía Promedio estimada disponible	kWh/mes	8.06	10.77	17.59	26.39	35.18	29.50
Cargo por energía equivalente	ctm S./kWh	562.92	493.63	368.25	330	331.24	329.70
Cargo fijo mensual	S/.mes	45.37	53.16	64.78	87.09	116.53	97.26

Interpretación

De lo comprobado, se realizó calculo por tendencia para determinar el costo de energía para el sistema fotovoltaico con módulo fotovoltaico de 390 Wp, siendo este de ctm S/. /kWh 329.70.

Tabla 21*Flujo económico del proyecto a 25 años*

Periodo	Año	Ahorro en S/.	Ahorro en \$	Gasto \$
0				-1,013.20
1	2024	1,167.14	321.70	
2	2025	1,167.14	321.70	
3	2026	1,167.14	321.70	
4	2027	1,167.14	321.70	
5	2028	1,167.14	321.70	
6	2029	1,167.14	321.70	
7	2030	1,167.14	321.70	
8	2031	1,167.14	321.70	
9	2032	1,167.14	321.70	-389.28
10	2033	1,167.14	321.70	
11	2034	1,167.14	321.70	
12	2035	1,167.14	321.70	-190.33
13	2036	1,167.14	321.70	
14	2037	1,167.14	321.70	
15	2038	1,167.14	321.70	
16	2039	1,167.14	321.70	
17	2040	1,167.14	321.70	-389.28
18	2041	1,167.14	321.70	
19	2042	1,167.14	321.70	
20	2043	1,167.14	321.70	
21	2044	1,167.14	321.70	
22	2045	1,167.14	321.70	
23	2046	1,167.14	321.70	
24	2047	1,167.14	321.70	
25	2048	1,167.14	321.70	
Total		29,178.45	8,042.57	-1,982.10

Interpretación

Del resultado, se realizó flujo de económico para un periodo de 25 años con el tipo cambio de dólar de 3.628, determinando un ahorro anual de \$321.70, cambio de baterías 2032 y 2040 por vida útil siendo el gasto en cada etapa de \$389.28, además también se evidencia gasto por cambio de controlador de carga e inversor el año 2035 siendo el gasto de \$ 190.33, obteniendo una inversión total \$ 1982.10.