UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA SUMINISTRO ELÉCTRICO EN EL ÁREA DE CONSERVACIÓN PRIVADA GOTAS DE AGUA JAÉN-CAJAMARCA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

Autores: BACH. EDUARDO RAYMUNDO TICLLA VELÁSQUEZ
BACH. LUIS ALBERTO SOLÍS SILVA

Asesor: MG. LENIN FRANCHESCOLETH NÚÑEZ PINTADO
Co-Asesor: ING. EDUAR JAMÍS MEJÍA VÁSQUEZ

Línea de Investigación: ENERGIAS RENOVABLES

JAÉN – PERÚ
2025

Eduardo Raymundo Ticlla Velásquez Luis Alberto S...

DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA SUMINISTRO ELÉCTRICO EN EL ÁREA DE CONSERVACIÓN P...

Quick Submit

Quick Submit

Universidad Nacional de Jaen

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::1:3293739440

Fecha de entrega
10 jul 2025, 11:18 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
10 jul 2025, 11:20 p.m. GMT-5

Nombre de archivo
omo_para_suministro_el_ctrico_en_el_rea_de_Conservaci_n_Priv.pdf

Tamaño de archivo
4.0 MB

65 Páginas

13.460 Palabras

73.008 Caracteres

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Segundo Sánchez Tello
Responsable (e) de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

15% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

15% Fuentes de Internet
0% Publicaciones
1% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.° de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Segundo Sánchez Tello
Responsable (e) de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

Fuentes principales

15% Fuentes de Internet
0% Publicaciones
1% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	
repositorio.upa.edu.pe		10%
2	Internet	
hdl.handle.net		1%
3	Internet	
repositorio.unj.edu.pe		1%
4	Internet	
unj.edu.pe		1%
5	Internet	
cybertesis.unmsm.edu.pe		<1%
6	Internet	
repositorio.upse.edu.ec		<1%
7	Internet	
www.esan.edu.pe		<1%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Ley de creación N° 29304
Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-Sunedu/CD
"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el 24 de Julio de 2025, siendo las 17:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado Evaluador designado con Resolución N° 410-2024-UNJ/FI

Presidente, Mg. José Andrés Fernández Mera

Secretario, Mg. Mario Félix Olivera Aldana

Vocal, Mg. Jannier Alberto Montenegro Juarez

Para evaluar la sustentación del Informe Final de Tesis titulado: **"DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA SUMINISTRO ELÉCTRICO EN EL ÁREA DE CONSERVACIÓN GOTAS DE AGUA JAÉN-CAJAMARCA"** cuyos autores son los Bachilleres **Eduardo Raymundo Ticlla Velásquez** y **Luis Alberto Solís Silva** de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, teniendo como asesor al Mg. Lenin Franchescoleth Núñez Pintado y co-asesor Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez .

Despues de la Sustentación y defensa acorde a la Resolución N° 627-2025-UNJ/FI, el Jurado Evaluador acuerda:

(X) Aprobar ( ) Desaprobar ( ) Unamidad ( ) Mayoría

Con la siguiente mención:

Excelente	18,19,20	( )
Muy Bueno	16,17	( )
Bueno	14,15	(15)
Regular	13	( )
Desaprobado	12	( )

Siendo las 18:00 horas, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación confirmado su participación con la suscripción de la presente.

Mg. José Andrés Fernández Mera
Presidente del Jurado Evaluador

Mg. Mario Félix Olivera Aldana
Secretario del Jurado Evaluador

Mg. Jannier Alberto Montenegro Juárez
Vocal del Jurado Evaluador

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

ANEXO N°06:

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO DE LA TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO)

Nosotros, Eduardo Raymundo Ticlla Velásquez identificado con DNI 73078731 y Luis Alberto Solís Silva identificado con DNI 75139217, egresados de la carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy Autor del trabajo titulado:
   "Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para suministro eléctrico en el Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén-Bagua".
   Asesorado por Mg. Lenin Franchescoleth Núñez Pintado
   El mismo que presento bajo la modalidad de tesis para optar; el Título Profesional Ingeniero Mecánico Electricista.
2. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En el sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
3. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
4. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
5. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Nacional de Jaén.
6. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Nacional de Jaén y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Fecha: Jaén, 11 de Agosto del 2025

Eduardo Raymundo Ticlla Velásquez

Luis Alberto Solís Silva

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS v
ÍNDICE DE FIGURAS vi
RESUMEN..... vii
ABSTRACT viii
I INTRODUCCIÓN 9
1.1 Antecedentes 10
1.2 Realidad problemática 12
1.3 Planteamiento del problema 13
1.4 Hipótesis 13
1.5 Justificación 13
1.5.1 Justificación social 13
1.5.2 Justificación ambiental 14
1.5.3 Justificación económica 14
1.5.4 Justificación científica 14
1.6 Objetivos 14
1.6.1 Objetivo General 14
1.6.2 Objetivo Especifico 15
II MATERIALES Y MÉTODOS 16
2.1 El objeto de estudio 16
2.2 Población y muestra 16
2.3 Tipo de investigación 16
2.4 Métodos 17
2.5 Técnicas e instrumentos 17
2.6 Recojo de la información y analisis de procedimiento de datos 17
2.7 Procedimiento 18
2.7.1 Evaluación de la radiación solar en el Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén…. 18
2.7.2 Determinación de la demanda de energía eléctrica del Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén 19

2.7.3 Dimensionamiento del sistema fotovoltaico autónomo en el Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén 20

2.7.4 Evaluación técnica y económicamente el diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para suministro eléctrico en el Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén…… 27

2.7.5 Costo nivelado de energía (LCOE) 28

2.7.6 Indicadores económicos 29

III RESULTADOS 31

3.1 Evaluación de la radiación solar en el Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén……..... 31

3.2 Determinación de la demanda de energía eléctrica del Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén 33

3.3 Dimensionamiento del sistema fotovoltaico autónomo en el Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén 33

3.3.1 Cálculo de pérdidas y rendimiento de la instalación 33

3.3.2 Selección de la tensión de generación del sistema fotovoltaico 34

3.3.3 Resultados potencia pico del sistema de generación fotovoltaica 34

3.3.4 Cálculo y configuración de los paneles fotovoltaicos 34

3.3.5 Cálculo y selección del regulador de carga 35

3.3.6 Calculo de capacidad del banco de energía 36

3.3.7 Cálculo y selección de inversor 37

3.3.8 Protecciones eléctricas 37

3.3.9 Cables eléctricos 38

3.3.10 Estructura de soporte para montaje de los paneles fotovoltaicos 38

3.3.11 Esquema topológico del sistema fotovoltaico autónomo 39

3.4 Evaluación técnica y económicamente el diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para suministro eléctrico en el Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén 40

3.5 Costo nivelado de energía (LCOE) 42

3.6 Indicadores económicos 42

IV DISCUSIÓN 44

V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 47

Conclusiones 47

Recomendaciones 48

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 49
ANEXOS ……..54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resultado de cálculo del ángulo de inclinación óptima 31
Tabla 2 Radiación solar para diferentes ángulos de inclinación 32
Tabla 3 Resultados de cálculo de la demanda de energía eléctrica 33
Tabla 4 Resultados de cálculo del rendimiento global de la instalación 33
Tabla 5 Valores estándar de la tensión del sistema en relación con la potencia utilizada 34
Tabla 6 Resultados de cálculo de la potencia pico mínima del generador fotovoltaico 34
Tabla 7 Características eléctricas del panel solar elegido 34
Tabla 8 Resultados de cálculo de la cantidad de paneles fotovoltaicos, su producción de energía y el arreglo fotovoltaico óptimo 35
Tabla 9 Resultados de cálculo de la corriente del regulador de carga 35
Tabla 10 Parámetros eléctricos del regulador de carga seleccionado 35
Tabla 11 Resultados de cálculo del número de reguladores y ramas por regulador de carga 36
Tabla 12 Parámetros eléctricos de la batería seleccionada 36
Tabla 13 Resultados de cálculo de la capacidad y cantidad del banco de baterías 36
Tabla 14 Resultados de cálculo de la potencia del inversor 37
Tabla 15 Características eléctricas del inversor seleccionado 37
Tabla 16 Resultados de cálculo de protecciones eléctricas del sistema fotovoltaico 37
Tabla 17 Resultados de cálculo de cables eléctricos del sistema fotovoltaico 38
Tabla 18 Presupuesto de materiales, equipos e instalación fotovoltaica 40
Tabla 19 Desagregado de gastos generales 40
Tabla 20 Costos anuales de mantenimiento del sistema fotovoltaico 41
Tabla 21 Costos de reinversión sistema fotovoltaico 41
Tabla 22 Resultados de cálculo del LCOE para la instalación fotovoltaica 42
Tabla 23 Resultados de cálculo de indicadores económicos 43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica del Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén..... 31
Figura 2 Comportamiento de la radiación solar para diferentes ángulos de inclinación 32
Figura 3 Estructura coplanar para paneles 38
Figura 4 Esquema topológico del sistema fotovoltaico autónomo..... 39

RESUMEN

El estudio tuvo como propósito diseñar un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de electricidad en el Área de Conservación Privada Gotas de Agua, ubicada en Jaén, Cajamarca. Este lugar turístico, frecuentado tanto por visitantes locales como extranjeros, enfrenta serias limitaciones en el acceso a la red eléctrica convencional, lo que afecta el desarrollo de sus actividades. La investigación es del tipo aplicada, de nivel descriptivo y diseño no experimental. El método empleado fue de inducción-deducción. Se analizó la radiación solar en la zona utilizando datos de la NASA, determinándose un ángulo óptimo de inclinación de 7.62°. Dado que los meses con menor radiación solar presentan variaciones, se realizó una interpolación, identificando a febrero como el más crítico con 3.12 kWh/m²/día. La demanda energética diaria fue estimada en 25.49 kWh, con una potencia instalada de 2.82 kW y un voltaje operativo nominal de 220 V CA monofásico. El diseño del sistema fotovoltaico incluye 28 paneles de 460 Wp, con una capacidad instalada de 12.88 kWp y un rendimiento global del 64.07%. Se seleccionaron dos reguladores de carga Victron Energy MPPT 250/100 (48 V), 24 baterías TENSITE de 300 Ah (12 V) y un inversor Phoenix 48/5000 (4 kW, 220 V CA, 60 Hz). En la evaluación técnico-económica, el LCOE fue de 2.248 S/./kWh Con una tasa de interés del 7%, se logró un beneficio neto de S/.18146.49, confirmando una TIR del 9% y un período de recuperación de 17.46 años dentro de una vida útil proyectada de 20 años. Este proyecto evidencia la viabilidad de sistemas fotovoltaicos sostenibles y eficientes para atender demandas energéticas.

Palabras clave: Diseño, sistema fotovoltaico, autónomo, suministro eléctrico.

ABSTRACT

The purpose of this study was to design an autonomous photovoltaic system for the supply of electricity in the Gotas de Agua Private Conservation Area, located in Jaén, Cajamarca. This tourist site, frequented by both local and foreign visitors, faces serious limitations in accessing the conventional electrical grid, which affects the development of its activities. The research is of the applied type, descriptive and non-experimental design. The method used was induction-deduction. Solar radiation in the area was analyzed using NASA data, determining an optimal inclination angle of 7.62°. Since the months with lower solar radiation present variations, an interpolation was performed, identifying February as the most critical with 3.12 kWh/m²/day. The daily energy demand was estimated at 25.49 kWh, with an installed power of 2.82 kW and a nominal operating voltage of 220 V AC single-phase. The photovoltaic system design includes 28 panels of 460 Wp, with an installed capacity of 12.88 kWp and an overall efficiency of 64.07%. Two Victron Energy MPPT 250/100 charge controllers (48 V), 24 TENSITE 300 Ah batteries (12 V) and a Phoenix 48/5000 inverter (4 kW, 220 V AC, 60 Hz) were selected. In the technical-economic evaluation, the LCOE was S/. 2.248/kWh With an interest rate of 7%, a net profit of S/. 18602.07 was achieved, confirming an IRR of 9% and a payback period of 17.46 years within a projected useful life of 20 years. This project demonstrates the viability of sustainable and efficient photovoltaic systems to meet energy demands.

Keywords: Design, photovoltaic system, autonomous, power supply.

I INTRODUCCIÓN

El desarrollo de energías renovables ha tomado una relevancia cada vez mayor en diversas regiones del mundo, debido a la necesidad de mitigar los impactos ambientales generados por el uso de fuentes de energía convencionales. En este contexto, el presente estudio se enfoca en el diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro eléctrico en el Área de Conservación Privada Gotas de Agua, ubicada en Jaén, Cajamarca. Esta área, con una biodiversidad rica y diversa, enfrenta limitaciones en el acceso a energía eléctrica convencional, lo que dificulta las labores de conservación y el desarrollo sostenible de la zona.

El sistema fotovoltaico propuesto busca cubrir las necesidades energéticas de los servicios básicos de la reserva, reduciendo la huella de carbono y promoviendo una fuente de energía limpia y renovable. El diseño de este sistema no solo responde a las exigencias técnicas de la zona, sino que también favorece el mantenimiento y la operatividad en condiciones aisladas, donde la disponibilidad de recursos energéticos es limitada.

A través de esta investigación, se pretende contribuir a la implementación de soluciones energéticas sostenibles que fortalecen los esfuerzos de conservación y protección del medio ambiente en el Área de Conservación Privada Gotas de Agua.

1.1 Antecedentes

Hiron et al.(2021) diseñó un sistema híbrido (PV-Diésel) para una isla turística en Karimunjawa, Indonesia. La disponibilidad de energía potencial necesita una observación en profundidad para garantizar que el sistema pueda construirse de forma sostenible. Este artículo examina la integración de sistemas fotovoltaicos y sistemas de energía diésel en la isla Karimunjawa para satisfacer la necesidad de sistemas confiables desde aspectos económicos, ecológicos y tecnológicos. Uso del programa DigSilent Power Factory para obtener la respuesta del sistema a la interferencia y penetración del sistema fotovoltaico (PV). Además, este documento también prueba el análisis de cortocircuito y el análisis de viabilidad económica al tiempo que valida los enfoques del costo nivelado de la electricidad (LCOE) y del costo de producción eléctrica (EPC). Los resultados muestran que la disponibilidad de irradiación puede satisfacer las necesidades de electricidad en la isla Karimunjawa. Además, propone los requisitos de diseño para un sistema de energía fotovoltaica integrado y un sistema con central eléctrica diésel (DPP). La investigación también captó el perfil sinérgico de la coordinación de trabajo de PV y DPP en 24 h.

Roy y Talukdar (2022) llevaron a cabo un estudio sobre el diseño y los costos de un sistema fotovoltaico autónomo destinado a una zona rural con una demanda energética total de 200 kW. Para ello, utilizaron el software Homer Pro como herramienta de análisis. La energía solar fotovoltaica, considerada una de las fuentes renovables más importantes y sostenibles, transforma la luz solar en electricidad de manera directa. El sistema se instalará en la aldea de Chakardeo, cerca de Guwahati, en la región de Deepor Beel. Este diseño incluye un bus de corriente alterna (CA) y otro de corriente continua (CD), conectados mediante un convertidor. El bus de CD alberga la matriz fotovoltaica, la batería de respaldo y las cargas eléctricas, mientras que el generador diésel sirve como respaldo para el bus de CA. La generación anual de energía del sistema alcanza los 108377 kWh, con un excedente del 22.8%, y se estima que el periodo de recuperación de la inversión será de 1.7 años.

Rebhan y Wahnström (2020) diseñan un modelo de electrificación sostenible utilizando energías renovables para la aldea de Keteira, ubicada en la isla de Moala, Fiji, la cual enfrenta la ausencia de un suministro eléctrico confiable. En el marco de los ambiciosos planes del gobierno de Fiji para ampliar el acceso a la electricidad y aumentar la proporción de energías renovables en su matriz energética, se espera que esta comunidad cuente con electricidad en el corto plazo. El perfil de consumo diario de energía se estimó tomando como referencia patrones de comunidades similares. En Moala, se identifican fuentes de energía solar, eólica y biomasa,

cuyos potenciales fueron calculados con datos globales disponibles en línea. Se desarrollaron seis propuestas de sistemas energéticos, considerando opciones de energía únicas y configuraciones híbridas. Estas alternativas se evaluaron y optimizaron en función del Costo Nivelado de Electricidad (LCOE) empleando el software HOMER Pro, obteniendo un LCOE óptimo de 0.516 USD/kWh para un sistema híbrido con biomasa, energía solar, eólica y baterías. La inversión inicial (CAPEX) fue estimada en 480500 USD para implementar este sistema.

Quiles et al. (2020) ofreció una técnica para estimar con precisión sistemas de energía solar domésticos independientes con un grado predeterminado de confiabilidad. Este método se basa en una simulación Monte Carlo aleatoria secuencial aplicada al modelo del sistema que tiene en cuenta simultáneamente las incertidumbres relacionadas con la radiación solar, el consumo de energía y las fallas de los componentes. Los resultados del estudio de caso facilitan el dimensionamiento de fuentes de energía renovables como paneles solares y baterías, de acuerdo con el nivel necesario de confiabilidad. Esta sección del análisis se enfoca en evaluar la confiabilidad del suministro para un sistema SAPV real. Se empleó un diseño determinista (DD), que establece un diseño PVp con una potencia máxima consumida de 4 kW, con el propósito de recopilar datos de demanda de un consumidor real a lo largo de un año completo.

Derbie y Gont (2019) desarrollarón un sistema solar fotovoltaico sencillo para una residencia cercana a Dessie, Etiopía. La selección y creación del sistema fotovoltaico (PV) se basa en las necesidades eléctricas específicas del hogar. El proceso comienza con una descripción detallada, abordando desde la demanda hasta el diseño. Se toman decisiones respecto al tamaño del cable, inversor, batería y panel fotovoltaico. Además, se utiliza la métrica de dólares por kilovatio-hora (USD/kWh) para calcular el costo de la electricidad. Los resultados de la investigación indican que la configuración ideal para electrificar una vivienda típica requiere aproximadamente 6.855 kW de potencia. A pesar del alto costo inicial de instalación, alrededor de USD 15976.34, el sistema fotovoltaico autónomo demuestra ser ventajoso y apropiado para inversiones a largo plazo, dada su vida útil de 25 años.

Díaz (2022) diseñó un sistema fotovoltaico autónomo destinado a proveer energía a una residencia unifamiliar en el caserío Nuevo Valle, ubicado en el distrito de Soritor, provincia de Moyobamba. La metodología de investigación utilizada fue descriptiva y no experimental. El sistema fotovoltaico fue elegido y diseñado para cubrir el requerimiento diario de energía eléctrica de la vivienda de referencia. El estudio cubre todo el proceso de desarrollo de un sistema solar fotovoltaico, desde la evaluación de los recursos solares y los requisitos

energéticos hasta la etapa de diseño. Se tomaron decisiones relacionadas con el tamaño del panel fotovoltaico, la batería, el inversor y el controlador. Aplicando un descuento del 7% a la electricidad, el LCOE calculado fue de 1.433 S/./kWh. A una tasa de interés para el Valor Actual Neto (VAN) del 10%, el proyecto demostró ser no rentable (VAN S/. -16275.30). Sin embargo, a largo plazo, con un interés del 6% para el VAN, con un retorno de la inversión previsto de 22 años y una vida útil del proyecto de 25 años, el proyecto fue rentable (valor actual neto positivo o VAN S/. 7274.85).

Mejía (2019) diseñó un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica. Con el fin de aplicar fuentes renovables de energía para brindar una calidad de suministro eléctrico, confiabilidad y bajo costo en el servició eléctrico. Debido al registro de datos de la NASA se consiguió una radiación mensual de 3.88 kWh/m^2/día, corriente del proyecto de 48.22A y el ángulo de inclinación de 5º. Además, se dimensionó el sistema fotovoltaico obteniendo 28 paneles fotovoltaicos de 135Wp, 24 baterías de 85Ah para dos días de autonomía, un regulador de 85A/48V CD y un inversor monofásico de 48V CD/ 230V CA de 4000W y 60Hz.

1.2 Realidad problemática

A pesar de los avances tecnológicos, una parte de la población en todo el mundo no tienen acceso a la electricidad, lo que impide el avance social y prolonga la pobreza. En 2015, el 87% de la población mundial tenía acceso a la electricidad; en 2021, esa cifra había aumentado al 91%, lo que suponía unos 800 millones de personas más. No obstante, 675 millones de personas siguen sin acceso a la electricidad, principalmente en los países menos desarrollados (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2023).

La escasez de electricidad a nivel nacional se evidencia en una notable brecha con milliones de peruanos, particularmente en zonas rurales, todavía sin conexión a la red pública, impactando así en la calidad de vida y el progreso económico en diversas regiones. Por lo tanto, el número de personas sin acceso a electricidad a través de la red público, o con acceso inadeacuado, es significativamente mayor en áreas rurales en comparación con las urbanas. En 2024, el 66.5% de la población rural se encontraba en esta condición, mientras que en el área urbanística alcanzó el 40.3% de la población, lo que muestra una diferencia de 26.2 puntos porcentuales entre ambas zonas (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2025).

Además, los sistemas de energía solar independientes están compuestos por paneles solares, controladores de carga, inversores y baterías. Estos sistemas suelen ser empleados en zonas rurales y ubicaciones donde no existe conexión con la red eléctrica principal. Asimismo, pueden ser considerados como alternativas adecuadas en casos donde la red eléctrica se encuentra relativamente cercana al lugar, pero la instalación resulta costosa (Díaz, 2022).

El área de conservación privada Gotas de Agua, ubicada en Jaén-Cajamarca, enfrenta dificultades para acceder a un suministro eléctrico constante debido a su ubicación geográfica aislada. La falta de infraestructura eléctrica convencional no solo afecta la calidad de vida de los habitantes y trabajadores de la zona, sino también limita las actividades esenciales, el desarrollo sostenible y la implementación de medidas para la conservación del entorno natural. Por ello, resultó necesario proponer un sistema fotovoltaico autónomo que aproveche la energía solar, una fuente renovable y sostenible, para garantizar un suministro energético confiable y amigable con el medio ambiente, contribuyendo así al desarrollo integral ya la conservación del ecosistema.

1.3 Planteamiento del problema

¿Cómo puede un sistema fotovoltaico autónomo garantizar un suministro eléctrico en el Área de Conservación Privada Gotas de Agua de la provincia de Jaén, Cajamarca?

1.4 Hipótesis

Mediante el diseño del sistema fotovoltaico autónomo garantizará un suministro eléctrico en el Área de Conservación Privada Gotas de Agua de la provincia de Jaén, Cajamarca.

1.5 Justificación

1.5.1 Justificación social

La investigación tiene un impacto social positivo al proporcionar un suministro eléctrico confiable para las actividades cotidianas en el área de conservación. Mejora la calidad de vida de turistas y de quienes trabajan y viven en la reserva, facilitando operaciones, investigación y actividades educativas, potenciar el turismo y generar más puestos de trabajo. Además, al ser autónomo, el sistema asegura un suministro ininterrumpido, fortaleciendo la resiliencia de la comunidad local.

1.5.2 Justificación ambiental

La adopción de la energía solar para ofrecer una fuente de energía limpia y renovable que se ajusta con precisión a los objetivos de sostenibilidad y preservación del área de conservación es lo que la convierte en una fuente principal muy empleada.

1.5.3 Justificación económica

El diseño de un sistema fotovoltaico autónomo en el Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén ofrece ventajas económicas significativas. A largo plazo, la generación de energía solar reduce los costos operativos, ya que el combustible es gratuito e ilimitado. Además, la inversión inicial en infraestructura fotovoltaica se amortiza con el tiempo, generando ahorros considerables y optimizando el uso de recursos financieros.

1.5.4 Justificación científica

Desde un punto de vista científico, el diseño del sistema fotovoltaico brinda oportunidades para la investigación y monitoreo más efectivos. Al garantizar un suministro eléctrico constante, se facilita la operación de equipos y la recopilación de datos. Esto fortalece la base de conocimientos científicos sobre la biodiversidad y los ecosistemas, contribuyendo a la gestión informada y sostenible del área de conservación.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Diseñar un sistema fotovoltaico autónomo para suministro eléctrico en el Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén − Cajamarca.

1.6.2 Objetivo Especifico

- Evaluar la radiación solar en el Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén.
- Determinar la demanda de energía eléctrica del Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén.
- Dimensionar el sistema fotovoltaico autónomo en el Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén.
- Evaluar técnica y económicamente el diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para suministro eléctrico en el Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén.

II MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 El objeto de estudio

El presente trabajo de investigación tuvo como objeto de estudio el Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén, donde se observó el requerimiento de energía para el suministro eléctrico al Área de Conservación. Esta ubicado a 7.3 km al noreste de la ciudad de Jaén, y situada en las coordenadas geográficas de - 5.684268º de latitud y -78.767732º de longitud.

2.1.1 Población y muestra

- Población: Cargas eléctricas del Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén.
- Muestra: Cargas eléctricas del Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén, para el año 2022.

La población se define como el conjunto completo de elementos bajo investigación o estudio. En contraste, la muestra representa una porción o subconjunto preseleccionado de elementos extraídos de la población con el propósito de llevar a cabo una investigación específica (Ñaupas et al.,2018).

- Muestreo: Se consideró no probabilístico por conveniencia del investigador, por lo que depende del criterio del investigador o la disponibilidad de los elementos de obtener. Esto se obtendria mediante la identificación y ubicación del consumo, inventairo de equipos, caracterización de consumo de cada equipo, mediciones reales (Ñaupas et al.,2018).

2.2 Tipo de investigación

De acuerdo con su finalidad, la investigación es aplicada, ya que hace uso de conocimientos preexistentes o producidos por la investigación fundamental, con un grado de estudio descriptivo que explica las características de una población. Dado que el investigador observa el desarrollo de los fenómenos sin examinar activamente los datos en ningún momento, el diseño de la investigación es no experimental. La investigación aplicada descriptiva no experimental busca analizar características de fenómenos sin manipular variables, enfocándose en observar, registrar y describir patrones para ampliar el conocimiento teórico (Ñaupas et al.,2018).

2.3 Métodos

En el marco de la investigación, se aplicó el método de inducción-deducción. El método inductivo aborda inicialmente el problema del suministro eléctrico, la deducción, por otro lado, analiza hechos específicos, como las características y el funcionamiento en profundidad de cada parte del sistema fotovoltaico independiente o autónomo. La investigación científica en diversas disciplinas se enfoca en la capacidad de formular hipótesis, leyes y teorías con el propósito de obtener una comprensión más completa y profunda de la aparición, desarrollo y transformación de fenómenos. Al calcular datos observacionales o experimentales, el enfoque inductivo implica cambiar el enfoque de hechos particulares a afirmaciones genéricas con el objetivo de extrapolar esos hallazgos a circunstancias comparables. La deducción, por otro lado, es una técnica que permite utilizar el razonamiento lógico basado en principios más fundamentales para deducir hechos específicos a partir de enunciados generales (Ruiz, 2007).

2.4 Técnicas e instrumentos

Se emplearon técnicas de observación y análisis de documentos para llevar a cabo la investigación, cuyos instrumentos son la guía de observación de cargas eléctricas, y ficha de registro de radiación solar respectivamente

Utilizando fichas de observación, el investigador puede documentar lo que vio mientras realizaba su investigación. Los investigadores utilizan ocasionalmente cámaras de vídeo para registrar sucesos que son difíciles de notar. Otro método es el análisis de documentos, cuando el investigador recopila información a partir de informes y tablas, entre otras fuentes. No es necesario el análisis estadístico de expertos (Gonzales, 2021).

2.5 Recojo de la información y analisis de procedimiento de datos

Durante el proceso de análisis estadístico, se utilizó la estadística descriptiva para evaluar la información recopilada acerca de las cargas eléctricas y la radiación solar. Luego, se procedió a detallar el comportamiento de estos datos en el contexto de la investigación. Se ejecutó mediante la representación visual en tablas y gráficos, empleando medidas numéricas con el respaldo de la herramienta Excel.

2.6 Procedimiento

2.6.1 Evaluación de la radiación solar en el Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén.

La zona de estudio abarca el Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén, situada en las coordenadas geográficas de -5.684268º de latitud y -78.767732º de longitud, con una altitud cercana a los 704 metros sobre el nivel del mar. La Figura 1 ilustra la ubicación geográfica de esta área de conservación.

La disponibilidad de irradiación solar es crucial en la planificación de sistemas fotovoltaicos, considerándose comúnmente el mes con la insolación solar más baja como referencia para el diseño. Diversos recursos, como el portal de la NASA, proporcionan datos detallados sobre irradiación solar diaria a través de mediciones satelitales (International Energy Agency-IEA, 2014).

La Ecuación (1) es utilizada por Pareja (2016) para calcular el ángulo óptimo anual en función de la latitud del área de estudio. La Tabla 1 muestra los resultados del cálculo.

$$\beta_{óptimo} = 3.7 + 0.69|\phi| \quad (1)$$

Donde:

$\beta_{óptimo}$: Ángulo de inclinación óptima

ϕ : Latitud.

El ángulo de inclinación calculado óptimo fue 7.62°. Se puede confirmar que el ángulo calculado óptimo se encuentra entre 5.68° y 9.32° utilizando los datos de la NASA para varios valores de inclinación (Tabla 2).

Para aumentar la precisión en la evaluación del potencial de energía solar, es fundamental analizar el mes con las condiciones más desfavorables del año y determinar el ángulo más cercano al óptimo que permita maximizar la captación de radiación solar (Mejía, 2019). Dado que estos meses varían a lo largo del año en relación con los ángulos óptimos, se procedió a interpolar los datos disponibles para identificar la radiación correspondiente al periodo menos favorable como se indica en la Figura 2. Este análisis permitió obtener un valor promedio de radiación de 3.12 kWh/m²/día para el mes de febrero, utilizando un ángulo de

7.62°. Los datos fueron evaluados considerando un periodo de cinco años (2018-2022) y consultados el 13 de enero de 2025.

2.6.2 Determinación de la demanda de energía eléctrica del Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén

Según Pareja (2016) y Mejía (2019), para el cálculo de la energía diaria se utiliza la Ecuación (2). Para los cálculos se toma en cuenta la potencia nominal de cada equipo y las horas de operación diaria.

$$E_{diaria} = \sum_{i=1}^{n} P_i \times t_i \quad (2)$$

Donde:

P_i : Potencia nominal (kW).

t_i : Tiempo de operación diaria (horas).

E_{diaria}: Energía diaria (kWh/día).

El factor de simultaneidad (F.S) toma en cuenta el funcionamiento simultáneo de cada equipo. Asimismo, facilita la estimación de la demanda máxima esperada en un sistema eléctrico. Si bien es poco probable que todas las cargas operen al mismo tiempo, el factor de simultaneidad permite considerar la coincidencia de cargas, lo que ayuda a dimensionar adecuadamente la capacidad del sistema para manejar la carga máxima. En la investigación, para cargas como refrigeración de mayor consumo de electricidad donde el motor eléctrico que mueve el compresor necesita de una corriente máxima para el arranque se consideró un factor de simultaneidad de uno, y para el resto se tomó un factor de simultaneidad de 0.5. El requerimiento diario de energía eléctrica del Área de Conservación Privada Gotas de Agua se muestra en la Tabla 3. Se determinó una potencia instalada de 2.82 kW y una demanda diaria de energía eléctrica estimada de 25.49 kWh. Asimismo, todos los equipos tienen un voltaje nominal de operación de 220 V CA monofásico.

2.6.3 Dimensionamiento del sistema fotovoltaico autónomo en el Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén

El dimensionamiento del sistema fotovoltaico se inicia una vez determinada la mejor radiación solar y establecida la necesidad de energía eléctrica. Esto implica evaluar el rendimiento, determinar el voltaje de generación, conocer y seleccionar cada componente de la instalación fotovoltaica autónoma.

2.6.3.1 Cálculo de pérdidas y rendimiento de la instalación

Es fundamental tener en cuenta las posibles pérdidas de la instalación al calcular la energía necesaria del conjunto fotovoltaico (Pareja, 2016). La ecuación (3) cuantifica el desempeño general en relación con las pérdidas totales.

$$R_G = \left[1 - \frac{D_{aut}.K_A}{P_D}\right]\left[1 - \left(K_B + K_C + K_R + K_X\right)\right] \quad (3)$$

Donde:

D_{aut}*:* Número de días de autonomía

P_D*:* Nivel máximo de descarga permisible de la batería (60 a 70%)

K_A*:* Proporción de energía disipada por la autodescarga de la batería (0.5 %)

K_B: Factor de pérdida asociado al rendimiento de la batería (5 %)

K_C: Pérdidas ocasionadas por el desempeño del inversor (rango de 20 % a 5%)

K_R: Pérdidas en el regulador de carga (5 %)

K_X: Pérdidas suplementarias no previamente contempladas (efecto Joule, etc.) (10 %)

En instalaciones donde todas las cargas operan a 220 V en corriente alterna, se tiene la flexibilidad de considerar como incógnitas los días de autonomía ($D_{aut.}$) y las pérdidas con el rendimiento del inversor (K_C) (Pareja, 2016). La Tabla 4 proporciona una descripción completa del rendimiento integral de la instalación solar dentro del contexto de la investigación.

2.6.3.2 Selección de la tensión de generación del sistema fotovoltaico

Se consideró la Tabla 5 para determinar la tensión de generación del sistema fotovoltaico. La potencia eléctrica instalada se estableció en 2.82 kW, lo que implica la elección de una tensión nominal de 48 V para el campo solar. La selección de esta tensión de generación tiene un impacto significativo en la elección del inversor y la disposición del campo solar.

2.6.3.3 Resultados potencia pico del sistema de generación fotovoltaica

El consumo diario de energía se utiliza para determinar el tamaño de los paneles en un sistema solar destinado a alimentar cargas diarias (Samaila et al., 2022). Tras determinar el consumo energético diario, se calculó la potencia pico mínima del generador. Con una radiación solar de 3.12 kWh/m^2/día con un ángulo de inclinación óptimo calculado de 7.62°, la eficiencia global de la instalación fue del 64.07%.

Siguiendo el método propuesto por Pareja (2016), la potencia pico mínima se determinó utilizando la Ecuación (4). Los resultados detallados se presentan en la Tabla 6, donde se muestra que la potencia mínima requerida es de 12.77 kW.

$$P_{p,\min} = \frac{E_{diaria} \times G_{CEM}}{G_{dm}(\alpha, \beta) \times R_G} \tag{4}$$

2.6.3.4 Cálculo y configuración de los paneles fotovoltaicos

En primer lugar se utilizó el panel fotovoltaico de referencia del tipo monocristalino Americasolar, modelo AS-6M144-HC con una potencia de 460 Wp, para calcular el número de paneles fotovoltaicos y su disposición para las necesidades de energía eléctrica de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén. Las especificaciones eléctricas del panel elegido se muestran en la Tabla 7.

Según Pareja (2016), destacan que el cálculo de la cantidad total de paneles fotovoltaicos, así como la disposición en serie y paralelo para la instalación, se lleva a cabo utilizando las Ecuaciones (5), (6) y (7). Asimismo Mejía (2019), especifica que la potencia de generación se calcula mediante la Ecuación (8). Los resultados detallados de estos cálculos se encuentran presentados en la Tabla 8.

$$N_{p,totales} \geq \frac{P_p}{P_{máx,panel}} \tag{5}$$

$$N_{p,serie} \geq \frac{V_{n,\ generador}}{V_{n,\ panel}} \tag{6}$$

$$N_{p,\ paralelo} \geq \frac{N_{p,totales}}{N_{p,serie}} \tag{7}$$

$$P_{G,FV} = P_{máx,panel} \times N_{p,serie} \times N_{p,\ paralelo} \tag{8}$$

Considerando la tensión de generación elegida de 48V y los parámetros del panel fotovoltaico seleccionado, la configuración óptima del arreglo fotovoltaico es de dos paneles en serie y 14 en paralelo. Con un sobredimensionamiento en la generación de 0.11 kW (0.9%), se alcanzó una potencia de generación fotovoltaica de 12.88 kW, superando la potencia mínima de generación estimada de 12.77 kW. La Tabla 8, detalla exhaustivamente los resultados de estos cálculos.

2.6.3.5 Cálculo y selección del regulador de carga

El controlador de carga desempeña un papel crucial al gestionar la carga de los paneles solares hacia el banco de baterías, evitando la sobrecarga y revirtiendo el flujo de corriente durante la noche. Los dos tipos más comunes de controladores de carga son los de seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT) y los de modulación de ancho de pulso (PWM). Los controladores MPPT ajustan eficazmente el voltaje para que coincida con el del banco de baterías y la carga fotovoltaica, mejorando así el rendimiento (Samaila et al., 2022).

El controlador de carga regula la energía proveniente de los paneles solares hacia las baterías, asegurando que no se produzcan sobrecargas ni flujo inverso de corriente durante la noche. Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE), es recomendable incorporar un sobredimensionamiento de hasta un 25%, lo cual incluye un factor de seguridad (F_{SR}) para garantizar un funcionamiento óptimo (Pareja, 2016).

$$I_{regulador} \geq F_{SR} \times I_{\max,G}$$
$$I_{regulador} \geq F_{SR} \times \left[N_{p,paralelo} \times I_{SC,panel} \right] \quad (9)$$

Donde:

F_{SR} : Factor de seguridad.

$I_{SC,panel}$: Corriente cortocircuito.

$I_{regulador}$: Corriente regulador de carga.

Considerando las capacidades ofrecidas en el mercado y con el objetivo de evitar una sobredimensión del regulador de carga, la elección más apropiada recae en seleccionar reguladores del modelo Vitron Energy SmartSolar MPPT 250/100, que posee una corriente nominal de 100 A. En la Tabla 10 se detallan los parámetros eléctricos adicionales correspondientes al regulador de carga seleccionado.

Para calcular la cantidad de reguladores que deben conectarse en paralelo, se divide la corriente máxima del regulador entre la corriente nominal de cada uno, tal como se indica en la Ecuación (10). Así mismo, el número de ramas por regulador se obtiene mediante la Ecuación (11) (Pareja, 2016). En la Tabla 11 se muestra los cálculos mostrados de estas ecuaciones.

$$N_{reguladores} = \frac{I_{\max,regulador}}{I_{cada\ regulador}} \tag{10}$$

$$Ramas_{\text{ x } regulador} = \frac{N_{p,paralelo}}{N_{reguladores}} \tag{11}$$

2.6.3.6 Calculo de capacidad del banco de energía

El tamaño de la batería solar, este es uno de los factores esenciales a tener en cuenta a la hora de seleccionar componentes para un sistema eléctrico solar. El objetivo principal al construir un banco de baterías es garantizar que la fuente de energía pueda controlar la carga generada por los paneles solares y proporcionar suficiente energía almacenada para satisfacer las necesidades cuando no hay suficiente luz solar. Dependiendo del voltaje producido por el sistema solar, se puede seleccionar el voltaje del banco de baterías, que puede ser de 12, 24, 48 o 96 voltios (Samaila et al., 2022).

Es necesario conocer la capacidad del banco de baterías de la instalación para poder calcular el número de baterías necesarias. Las Ecuaciones (12) y (13) se utilizan para calcular el consumo de energía en amperios-hora y la capacidad nominal del banco de baterías (Mejía, 2019; Pareja, 2016). En estos cálculos, se consideraron factores como una profundidad de descarga diaria máxima del 70% eficiencia del inversor del 95%, eficiencia del regulador-baterías del 98%. De acuerdo a datos reportados por la NASA par la zona de estudio se reporta que los días de no sol promedio mínimo al mes es de 2.2. Para el estudio con la finalidad de no sobredimensionar el sistema se considera 2 días de autonomía. Pareja (2016) mediante las Ecuaciones (14) y (15) se determina la cantidad de baterías en serie y en paralelo, considerando un voltaje del banco de baterías igual al voltaje de generación de 48 V. Los resultados de estos cálculos se presentan detalladamente en la Tabla 12.

$$L_D = \frac{E_{diaria}}{V_{n,generación}} \tag{12}$$

$$C_{baterias} = \frac{D_{aut} \times L_D}{PD_{max} \times \eta_{inv} \times \eta_{reg-bat}} \tag{13}$$

$$N_{b,paralelo} \geq \frac{C_{batería}}{C_{n,batería}} \quad (14)$$

$$N_{b,serie} \geq \frac{V_{batería}}{V_{n,batería}} \quad (15)$$

Con el objetivo de poner en funcionamiento el sistema, se optó por elegir baterías de Gel Battery TENSITE, con una capacidad de 300 Ah y un voltaje de 12 V. Estas baterías de la serie Gel se caracterizan por su fabricación que incorpora separadores especiales y gel de sílice, logrando la inmovilización del electrolito en su interior. Los detalles y parámetros específicos de la batería seleccionada como punto de referencia se encuentran detallados en la Tabla 12.

Para un voltaje del banco de baterías establecido en 48V, según los cálculos efectuados la demanda diaria de energía es de 305 Ah, mientras que la capacidad óptima para el banco de baterías es de 531.04 Ah. La configuración más eficiente implica la disposición de 4 baterías en serie y 6 en paralelo, sumando un total de 24 baterías del tipo Gel Battery TENSITE, cada una de 12V y con una capacidad de 300 Ah, como se detalla en la Tabla 13.

2.6.3.7 Cálculo y selección de inversor

Los inversores, componentes vitales de los sistemas fotovoltaicos, convierten la electricidad de corriente continua (CD) generada por energía solar en corriente alterna (CA), que es necesaria para hacer funcionar diversas maquinarias y dispositivos. Su relevancia radica en su capacidad para posibilitar que los sistemas fotovoltaicos suministren energía eléctrica a cargas de CA. Los inversores más avanzados están diseñados para integrarse a la red eléctrica, permitiendo tanto la absorción como la devolución de energía (Samaila et al., 2022). A la hora de elegir un inversor, asegurarse de que su potencia nominal supere la suma total de las potencias del receptor de la instalación o la potencia requerida por la carga en corriente alterna (Pareja, 2016).

La potencia total de los equipos eléctricos conectados no debe ser menor o igual a la potencia nominal de entrada del inversor. Es imprescindible que la tensión nominal del inversor y la batería conectada coincidan. La potencia de entrada del inversor debe ser entre un 25% y un 30% mayor que la potencia necesaria para las cargas eléctricas (Mejía, 2019; Samaila et al., 2022). La potencia del inversor, calculada mediante la Ecuación (14) con un factor de seguridad

del 1.25, se determina considerando que las cargas, como el refrigerador, emplean motores eléctricos y necesitan de una corriente de arranque máxima. En consecuencia, la potencia calculada para el inversor es de 3.53 kW como se detalla en la Tabla 13.

$$P_{inversor} = P_{CA} \times F_S \quad (16)$$

Donde:

$P_{inversor}$: Potencia del inversor.

P_{CA} : Potencia de las cargas en CA.

F_S : Factor de seguridad.

Según las opciones disponibles en el mercado, se ha optado por el inversor Phoenix 48/5000 de la marca Vitron Energy, con una capacidad de 5 kVA. La potencia activa de salida a 25 ºC es de 4 kW, superando en 4 kW a la potencia calculada de 3.53 kW. Además, el inversor presenta una tensión de salida de 220-230 ± 2 % V y una frecuencia de 60 ± 0.1 % Hz. Se proporciona en la Tabla 15 una descripción de los aspectos eléctricos del inversor elegido.

2.6.3.8 Protecciones eléctricas

a) Sistemas de puesta a tierra

Según los requisitos de, los sistemas fotovoltaicos que operan a voltajes nominales superiores a 48 voltios deben incluir un mínimo de una conexión a tierra (Pareja, 2016). La correcta planificación de la puesta a tierra de una instalación se fundamenta en salvaguardar a las personas contra posibles descargas eléctricas peligrosas. Además, garantiza que las corrientes normales o de fallo se dirijan hacia la tierra sin sobrepasar los límites operativos y del equipo, evitando así interferencias negativas en la continuidad del suministro eléctrico, como señalan Datsios y Mikropoulos (2012). La puesta a tierra debe cumplir con el Código Nacional de Electricidad (CNE) de Perú. Esto implica el uso de una varilla de cobre con dimensiones de 16 mm de diámetro y 2.40 metros de longitud, un conector de cobre, una caja de registro y un cable de cobre de 16 mm². Se recomienda la utilización de tierra negra y la aplicación de dosis de bentonita en este proceso.

b) Fusibles y termo magnéticos

Los componentes primordiales de salvaguarda comprenden el fusible y los dispositivos termomagnéticos, utilizados como mecanismos de disparo para prevenir cortocircuitos y sobretensiones. Las fórmulas para calcular tanto fusibles como dispositivos termomagnéticos se encuentran detalladas en las Ecuaciones (17), (18), (19), y (20) (Pareja, 2016). Los resultados de estos cálculos se presentan de manera detallada en la Tabla 16.

$$I_{fusible(P-R)} > I_{sc} \times N_{p,paralelo} \tag{17}$$

$$I_{fusible(R-B)} > I_{sc} \times N_{p,paralelo} \tag{18}$$

$$I_{fusible(B-I)} > \frac{P_{CD-Inv}}{V_{n,B-bat.}} \tag{19}$$

$$I_{term.} = \frac{P_{CA-Carga}}{V_n \times \cos\phi} \tag{20}$$

Según los cálculos detallados en la Tabla 16 para los tramos de corriente continua, se optó por cuatro fusibles estandarizados de tipo Gl cilíndricos, cada uno con una capacidad de 80 A, y otro de 100 A. Además, se eligió un interruptor termomagnético monofásico de 20 A para el tramo que conecta el inversor al tablero eléctrico.

2.6.3.9 Cables eléctricos

A la hora de determinar la sección de los cables eléctricos se deben tener en cuenta una serie de variables, entre ellas la longitud y la conductividad del cable (cobre o aluminio), la corriente que fluirá a través de él y la caída de tensión en los extremos (Pareja, 2016). Este cálculo se realiza mediante la aplicación de la Ecuación (21), utilizando la conductividad del cobre a 75°C como referencia. Los resultados obtenidos se presentan de manera detallada en la Tabla 17.

$$S = \frac{2 \times L \times I}{\gamma \times \Delta V} \tag{21}$$

Donde:

S : Sección del cable (mm^2)

L : Longitud del cable (m)

γ : Conductividad del cable ($\gamma_{Cu\ 75°C}$ = 45.45m/ Ωmm^2).

ΔV : Caída de tensión (V)

2.6.3.10 Estructura de soporte para montaje de los paneles fotovoltaicos

Para el montaje de los paneles fotovoltaicos, se ha considerado 04 kits estructura coplanar de aluminio para 07 paneles fotovoltaicos por cada kit. De acuerdo a cálculos realizados el número de paneles totales son 28. Los paneles fotovoltaicos tienen las siguientes dimensiones 2102x1040x35mm. En la Figura 3 se muestra las dimensiones referenciales.

2.6.3.11 Esquema topológico del sistema fotovoltaico autónomo

En la Figura 4, se presenta el esquema topológico del sistema fotovoltaico autónomo para el Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén. También se muestran los subsistemas de protección eléctrica, generación, regulación, almacenamiento y potencia (inversor).

2.6.4 Evaluación técnica y económicamente el diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para suministro eléctrico en el Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén

En primer lugar, se elabora un presupuesto preliminar que incluye los costos asociados a los suministros, equipos y la instalación del sistema solar, con el objetivo de llevar a cabo una evaluación económica del proyecto. El monto estimado asciende a S/.125435.58, y los detalles del costo de inversión para el sistema fotovoltaico están especificados en la Tabla 18.

Se incluyeron los costos de transporte de materiales hacia la obra, además de los gastos generales, equivalentes al 9% del costo directo. Estos gastos comprenden los salarios del personal de ingeniería, el personal administrativo y el alquiler de la oficina y almacén. En la Tabla 19 se puede visualizar los costos.

Determinar los gastos de mantenimiento constituye el elemento fundamental para asegurar el éxito de los proyectos de energía solar fotovoltaica autónomos. Aunque contar con el capital necesario para cubrir los costos iniciales de los sistemas es crucial, el verdadero desafío radica en asegurar una financiación sostenible para el mantenimiento continuo a lo largo de la vida útil de los sistemas. A pesar de que numerosos proyectos han sido exitosamente implementados con el respaldo de donantes internacionales en el pasado, muchos de ellos enfrentaron dificultades poco después de su ejecución debido a la falta de recursos financieros sostenibles destinados al mantenimiento y reemplazo de componentes del sistema, principalmente las baterías, así como los controladores de carga e inversores (International

Energy Agency-IEA, 2014). Además, en comparación con las centrales térmicas tradicionales, el sistema fotovoltaico tiene menores gastos de operación y mantenimiento a lo largo de su vida útil (Derbie,2019). Los costos del mantenimiento se observan en la Tabla 20.

De acuerdo a la vida útil de cada ficha técnica por equipo se considera una reinversión según la cantidad por cada equipo. La Tabla 21 muestra los costos de equipo por cada equipo del sistema fotovoltaico.

2.6.5 Costo nivelado de energía (LCOE)

Los costos de energía medidos o LCOE son similares al concepto de retorno del sistema energético. Sin embargo, en lugar de medir cuánto se requiere para cubrir la inversión inicial. El LCOE determina cuánto pagar por unidad de electricidad (kWh). Incluye inversión de capital inicial, costos de mantenimiento, costos de combustible para el sistema (si corresponde), todos los costos operativos y tasas de descuento. El Costo de Producción Eléctrica (EPC) es el costo promedio de generación en un sistema eléctrico. Por lo tanto, se puede decir que el EPC es el mismo que el valor LCOE. El LCOE se calcula utilizando la Ecuación (22).

$$\mathrm{LCOE} = \frac{\sum_{t}^{n} \frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t}^{n} \frac{E_t}{(1+r)^t}} \tag{22}$$

Donde:

I_t: Son los gastos de inversión en el año t (incluida la financiación).

M_t: Son los gastos de operación y mantenimiento en un año (t).

F_t: Es el gasto en combustible en un año (t).

E_t : Es la energía eléctrica generada en (t).

r: Es la tasa de descuento y

n: es la vida útil supuesta del sistema (años).

Las investigaciones a nivel internacional que evalúan los costos de producción de electricidad comúnmente emplean tasas de descuento del 5% y 7%, las cuales se basan en precios reales. No obstante, en proyectos de inversión privada, es factible utilizar tasas de descuento más elevadas (Guillen, 2015). En el caso específico de este proyecto, el Costo Nivelado de Electricidad (LCOE) para la generación fotovoltaica se ha calculado utilizando una

tasa de descuento del 9% con el propósito de fomentar la participación de inversionistas privados. La Tabla 22 exhibe los resultados de este cálculo, el LCOE asciende a 2.221 S/./kWh.

2.6.6 Indicadores económicos

Kumar (2015) establece que el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) se realiza mediante la Ecuación (23). Del mismo modo, la Tasa Interna de Retorno (TIR), que equilibra el valor neto a cero ajustando la tasa de interés, se determina a través de la Ecuación (24). El tiempo de recuperación (TR), por otro lado, es una métrica económica que puede producir valoraciones demasiado positivas ya que ignora la duración de la inversión y el coste del capital. La Ecuación (25) se utiliza para calcular la relación entre la inversión inicial y el flujo de efectivo. Al-Zoubi et al. (2021) sostienen que el período de recuperación del sistema fotovoltaico, expresado en años, refleja el tiempo necesario para que los ingresos del proyecto cubran todos los costos.

$$\mathrm{VAN} = \sum_{t=1}^{n} \frac{FC_t}{(1+i_t)^t} - I_0 \tag{23}$$

$$\mathrm{VAN} = \sum_{t=1}^{n} \frac{FC_t}{(1+R)^t} - I_0 = 0 \tag{24}$$

$$\mathrm{TR} = a + \left(\frac{I_o - b}{c}\right) \tag{25}$$

Donde:

Io: Inversión (S/.).

FC_t: Flujo de caja en el *t*-ésimo año (S/.)

i_t :Tasa de interés.

t: Tiempo de vida útil (años).

$1/(1+i_t)^t$: Factor de descuento.

R: Tipo de interés o tasa de retorno.

n: Años que dura la inversión.

a: Periodo anterior hasta recuperar inversión

b: Suma de flujos de caja hasta el periodo anterior de la recuperación.

c: Valor del flujo de caja del año en que se satisface la inversión.

Dentro de los Indicador de Gestión Institucional del Programa Monetario de Diciembre 2023, el Banco central de reserva del Perú (BCRP) redujo la tasa de interés de referencia a 6.75%. Por otra parte Díaz (2022), realiza la evaluación económica de un sistema fotovolatico autónomo tomando tasas de interés del 10 y 6%, resultando rentable al largo plazo para esta última tasa de interés.

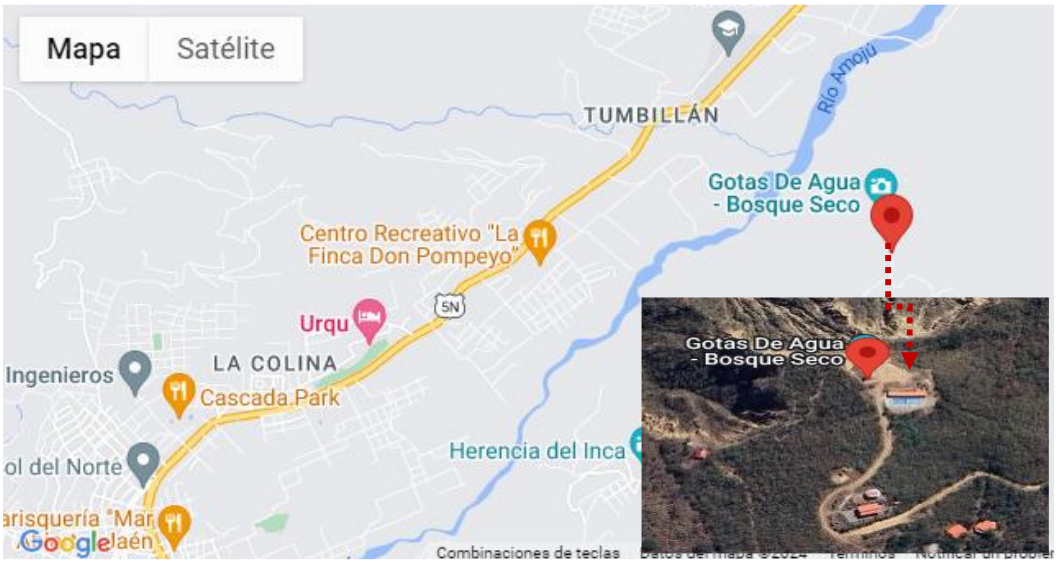
El proyecto se evaluó con una tasa de interés del 7% para el VAN, se obtuvo un resultado positivo de S/.20887.01. Además, con una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 9%, el proyecto se vuelve rentable al largo plazo, con un tiempo de recuperación de 17.13 años, asumiendo una vida útil del sistema de 20 años. Los resultados detallados de la evaluación económica se presentan en la Tabla 23.

III RESULTADOS

3.1 Evaluación de la radiación solar en el Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén.

Figura 1

Ubicación geográfica del Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén



Nota. Adaptado de Google Maps.

Tabla 1

Resultado de cálculo del ángulo de inclinación óptima

Parámetros	Valores
Ángulo de inclinación óptima ($\beta_{óptimo}$)	7.62°
Latitud (ϕ)	5.68427°

Tabla 2

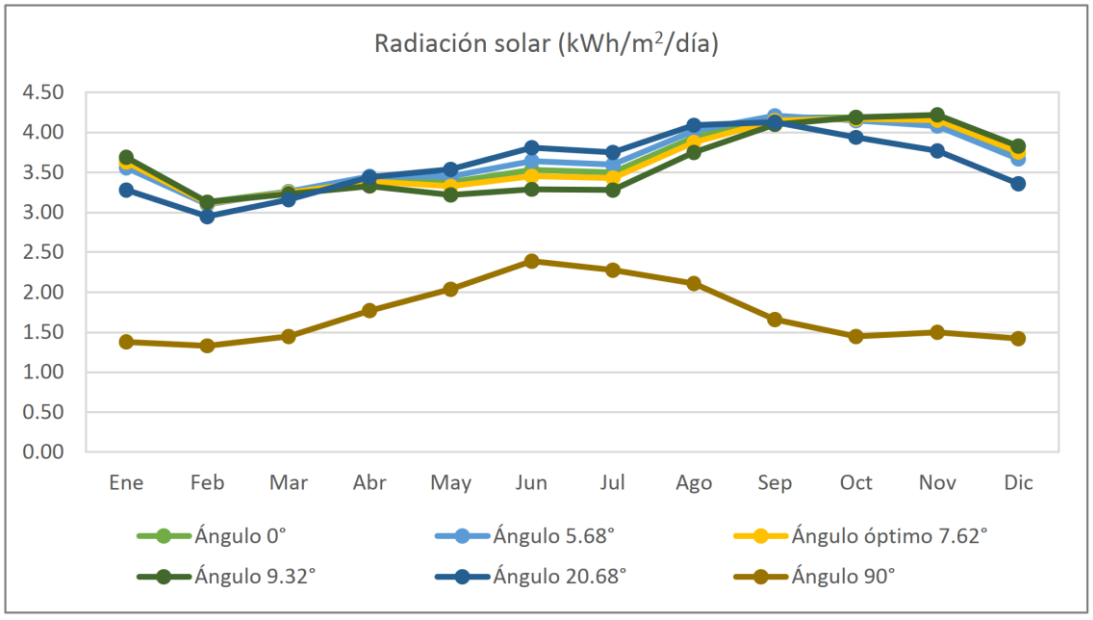
Radiación solar para diferentes ángulos de inclinación

Meses	Ángulo (0°)	Ángulo (5.68°)	Ángulo (7.62°)	Ángulo (9.32°)	Ángulo (20.68°)	Ángulo (90°)
Ene	3.62	3.56	3.63	3.69	3.28	1.38
Feb	3.13	3.10	3.12	3.13	2.95	1.33
Mar	3.26	3.26	3.24	3.23	3.16	1.45
Abr	3.42	3.45	3.39	3.33	3.44	1.77
May	3.38	3.45	3.33	3.22	3.54	2.04
Jun	3.53	3.64	3.45	3.29	3.81	2.39
Jul	3.50	3.60	3.43	3.28	3.75	2.28
Ago	3.94	4.02	3.88	3.75	4.09	2.11
Sep	4.19	4.21	4.15	4.10	4.13	1.66
Oct	4.19	4.15	4.17	4.19	3.94	1.45
Nov	4.15	4.08	4.15	4.22	3.77	1.50
Dic	3.74	3.67	3.76	3.83	3.36	1.42

Nota. Adaptado de datos NASA (2018-2022). Radiación para el Ángulo 7.62°, obtenido por medio interpolación (kWh/m^2/día).

Figura 2

Comportamiento de la radiación solar para diferentes ángulos de inclinación



Nota. Adecuados de datos NASA (2018-2022). Ángulo 7.62°, obtenido por medio de interpolación (kWh/m^2/día).

3.2 Determinación de la demanda de energía eléctrica del Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén

Tabla 3

Resultados de cálculo de la demanda de energía eléctrica

Ítem	Cargas eléctricas	Cantidad	Potencia unitaria (W)	Potencia instalada (kW)	Horas día	F.S	Energía diaria (kWh/día)
1.1	Foco LED	20	40	0.80	8	0.50	3.20
1.2	Radio	1	50	0.05	4	0.50	0.10
1.3	Computadora portátil	3	120	0.36	8	0.50	1.44
1.4	Impresora multifuncional	1	150	0.15	2	0.50	0.15
1.5	Refrigerador mediano	1	800	0.80	24	1.00	19.20
1.6	Ventilador	2	80	0.16	5	0.50	0.40
1.7	Cargador de celular	5	20	0.10	4	0.50	0.20
1.8	Televisor LED	2	200	0.40	4	0.50	0.80
	Total			**2.82**			**25.49**

Nota. F.S es factor de simultaneidad.

3.3 Dimensionamiento del sistema fotovoltaico autónomo en el Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén

3.3.1 Cálculo de pérdidas y rendimiento de la instalación

Tabla 4

Resultados de cálculo del rendimiento global de la instalación

Descripción	Valores
Factor de pérdida asociado al rendimiento de la batería (K_B)	5%
Pérdidas ocasionadas por el desempeño del inversor (K_C)	5%
Pérdidas en el regulador de carga (K_R)	5%
Pérdidas suplementarias no previamente contempladas (efecto Joule, etc.) (K_X)	10%
Proporción de energía disipada por la autodescarga de la batería (K_A)	0.50%
Días de autonomía ($D_{aut.}$)	2
Nivel máximo de descarga permisible de la batería (P_D)	70%
Rendimiento global (R_G)	64.07%

Nota. Elaboración propia.

3.3.2 Selección de la tensión de generación del sistema fotovoltaico

Tabla 5

Valores estándar de la tensión del sistema en relación con la potencia utilizada

Potencia	Tensión nominal
Intervalo de P ≤ 800 Wp	12 V
Intervalo de 800 < P ≤ 1600 Wp	24 V
Intervalo de 1600 < P ≤ 3200 Wp	48 V
Intervalo de P > 3200 Wp	96, 120, 300 V

Nota. Adecuación Mejía (2018)

3.3.3 Resultados potencia pico del sistema de generación fotovoltaica

Tabla 6

Resultados de cálculo de la potencia pico mínima del generador fotovoltaico

Descripción	Valores	
Energía diaria (E_{diaria})	25.49	kWh/día
Irradiancia en condiciones estándar (G_{CEM})	1	kW/m^2
Irradiación sobre el generador $G_{dm}(\alpha, \beta)$	3.12	kWh/m^2/día
Rendimiento global (R_G)	64.07	%
Potencia pico mínima del generador ($P_{p,min}$)	12.77	kW

Nota. Elaboración propia.

3.3.4 Cálculo y configuración de los paneles fotovoltaicos

Tabla 7

Características eléctricas del panel solar elegido

Parámetros eléctricos	Valores	
Potencia máxima (P_{max})	460	Wp
Tensión máxima potencia (V_{pm})	42.2	V
Corriente máxima potencia (I_{pm})	10.91	A
Tensión de circuito abierto (V_{oc})	50.6	V
Corriente de cortocircuito (I_{sc})	11.4	A
Eficiencia	21.04	%

Nota. Adaptados de ficha técnica de fabricante Americasolar.

Tabla 8

Resultados de cálculo de la cantidad de paneles fotovoltaicos, su producción de energía y el arreglo fotovoltaico óptimo

Paneles en serie	Voltaje generación		Paneles en paralelo		Paneles totales	$P_{G,\,FV}$ real	Sobredimensionamiento	
$N_{p,\,serie}$	V_{mp}	V_n	$N_{p,\,paralelo}$		$N_{p,\,total}$	kW	kW	%
1	40.84	24	28.00	28	28	12.88	0.11	0.9%
2	81.68	48	14.00	14	28	12.88	0.11	0.9%
3	122.52	72	9.33	10	30	13.80	1.03	8.1%

3.3.5 Cálculo y selección del regulador de carga

Tabla 9

Resultados de cálculo de la corriente del regulador de carga

Parámetros	Valores	
Número paneles paralelo	14	
Corriente de cortocircuito del panel	11.40	A
Factor de seguridad (F_{SR})	1.25	
Corriente del regulador de carga	199.50	A

Tabla 10

Parámetros eléctricos del regulador de carga seleccionado

Parámetros	Valores	
Potencia fotovoltaico nominal, 48V	5.8	kW
Voltaje	48	V
Corriente de carga nominal	100	A
Eficiencia máxima	98	%

Nota. Se basa en información extraída de la ficha técnica del equipo SmartSolar MPPT 250/100.

Tabla 11

Resultados de cálculo del número de reguladores y ramas por regulador de carga

Parámetros	**Valores**	
Corriente máxima del regulador ($I_{max,\ regulador}$)	199.50	A
Corriente de cada regulador ($I_{cada,\ regulador}$)	100	A
Número paneles paralelo ($N_{p,\ paralelo}$)	14	
Número de reguladores ($N_{reguladores}$)	2	
Ramas por regulador	7	

3.3.6 Calculo de capacidad del banco de energía

Tabla 12

Parámetros eléctricos de la batería seleccionada

Parámetros	**Valores**	
Capacidad nominal (C_{nom})	300	Ah
Células por batería	6	
Voltaje nominal (V_{nom})	12	V

Nota. Adaptado de ficha técnica de fabricante. Gel Battery TENSITE, modelo GEL 12-300.

Tabla 13

Resultados de cálculo de la capacidad y cantidad del banco de baterías

Baterías en serie	**Energía diaria**	**Voltaje nominal**	**Demanda energía**	**Capacidad del banco baterías**	**Baterías en paralelo**		**Baterías totales**
$N_{b,serie}$	**(kWh/día)**	V_{nom}	***LD* (Ah/día)**	$C_{baterías}$ **(Ah)**	$N_{b,paralelo}$		$N_{b,total}$
1	25.49	12	2124.17	6518.85	21.73	22	22
2	25.49	24	1062.08	3259.42	10.86	11	22
3	25.49	36	708.06	2172.95	7.24	8	24
4	25.49	48	531.04	1629.71	5.43	6	24

3.3.7 Cálculo y selección de inversor

Tabla 14

Resultados de cálculo de la potencia del inversor

Parámetros	Valores
Factor de seguridad (*Fs*)	1.25
Potencia de la carga en CA	2.82 kW
Potencia del inversor	3.53 kW

Tabla 15

Características eléctricas del inversor seleccionado

Parámetros	Valores
Potencia aparente	5 kVA
Potencia activa de salida 25°C	4 kW
Voltaje nominal CD	48 V
Voltaje de salida CA	220-230 V
Frecuencia CA	60 Hz
Eficiencia	95 %

Nota. Basados en la información técnica del fabricante. Equipo Phoenix 48/5000.

3.3.8 Protecciones eléctricas

3.3.8.2 Fusibles y termo magnéticos

Tabla 16

Resultados de cálculo de protecciones eléctricas del sistema fotovoltaico

Componentes	Voltaje (Vn)	Tipo	Corriente fusible (A)		Corriente termomagnético (A)	
			Calculado	Estandarizado	Calculado	Estandarizado
- Fusible GFV 1 - Regulador 2	48	CD	79.8	80	…	…
- Fusible GFV 2 - Regulador 2	48	CD	79.8	80	…	…
- Fusible Regulador 1 - Batería	48	CD	79.8	80	…	…
- Fusible Regulador 2 - Batería	48	CD	79.8	80	…	…
- Fusible Batería - Inversor	48	CD	87.72	100	…	…
- Termomagnético Inversor - Tablero eléctrico	220	CA	…	…	16.02	20

Nota. Cálculos, y selección de fusibles y termomagneticos estandarizados.

3.3.9 Cables eléctricos

Tabla 17

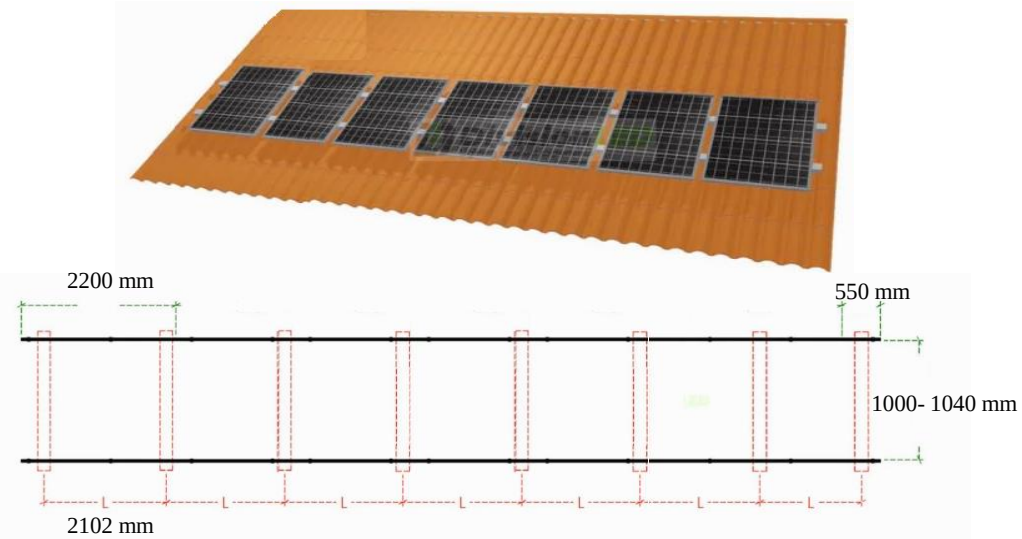
Resultados de cálculo de cables eléctricos del sistema fotovoltaico

Componentes	Longitud (m)	Máxima caída de tensión admisible	I (A)	Voltaje (Vn)	S (mm^2)	AWG	Tipo
- GFV 1 - Regulador 1	25	3.0%	79.80	48	60.96	**2/0**	CD
- GFV 2 - Regulador 2	25	3.0%	79.80	48	60.96	**2/0**	CD
- Regulador 1 - Batería	10	2.0%	79.80	48	36.58	**1**	CD
- Regulador 2 - Batería	10	2.0%	79.80	48	36.58	**1**	CD
- Batería - Inversor	10	2.0%	87.72	48	40.20	**1**	CD
- Inversor - Tablero eléctrico	25	3.0%	16.02	220	2.67	**12**	CA

3.3.10 Estructura de soporte para montaje de los paneles fotovoltaicos

Figura 3

Estructura coplanar para paneles

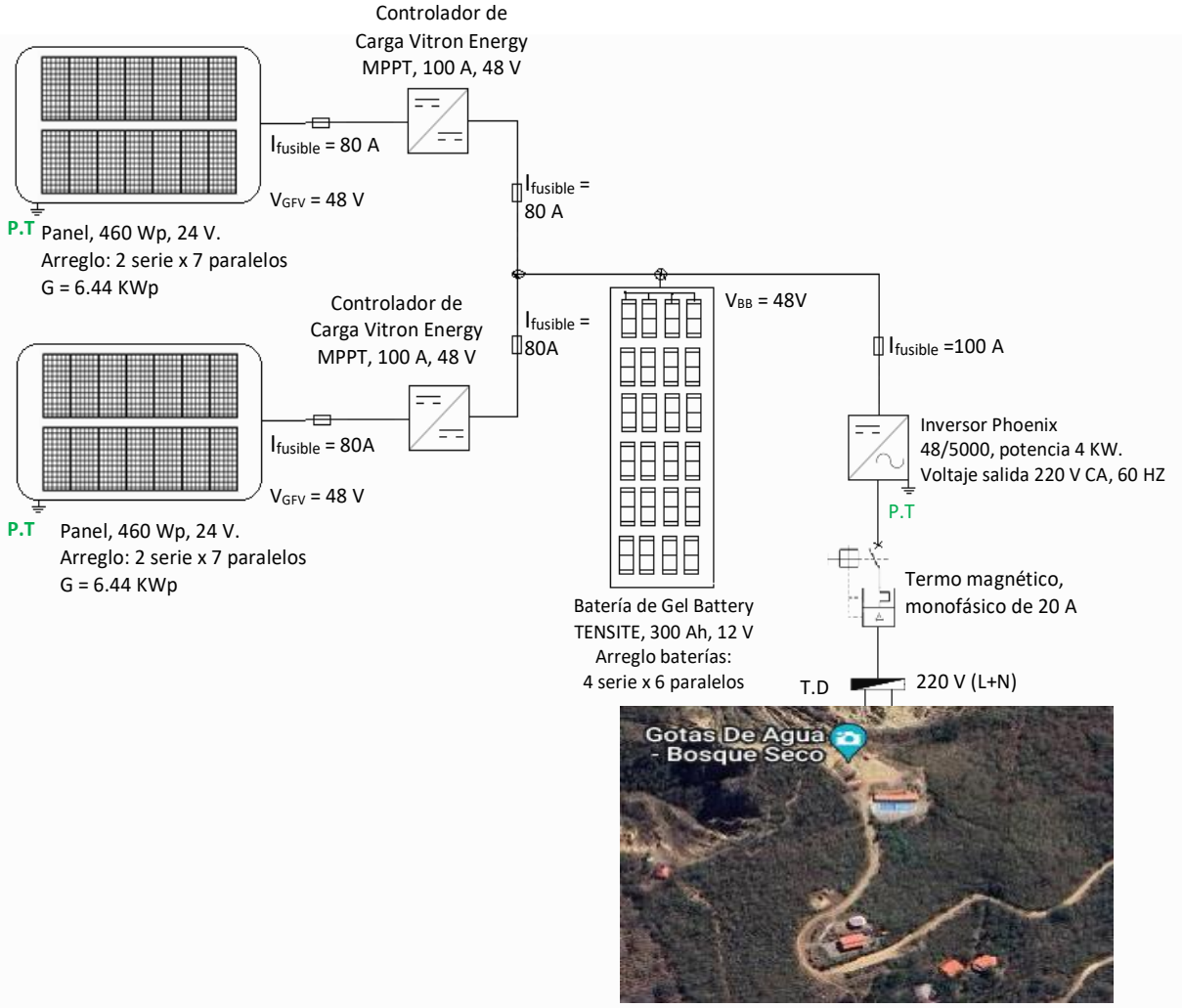


Nota. Estructura coplanar de aluminio para 07 paneles fotovoltaicos.

3.3.11 Esquema topológico del sistema fotovoltaico autónomo

Figura 4

Esquema topológico del sistema fotovoltaico autónomo



Nota. Propuesta del SFA para el Área de Conservación Privada Gotas de Agua.

3.4 Evaluación técnica y económicamente el diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para suministro eléctrico en el Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén

Tabla 18

Presupuesto de materiales, equipos e instalación fotovoltaica

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (S/.)	Sub total (S/.)
I	**Suministro de materiales y equipos**				**86081.00**
1.1	Panel monocristalino Americasolar, modelo AS-6M144-HC, de 460 Wp.	Und.	28	950.00	26600.00
1.2	Regulador de carga Vitron Energy MPPT 250/100, 48 V.	Und.	2	5652.00	11304.00
1.3	Inversor Phoenix 48/5000, potencia 4 kW, voltaje 220 V CA, 60 Hz.	Und.	1	5945.00	5945.00
1.4	Batería TENSITE, 300Ah, 12 V.	Und.	24	1500.00	36000.00
1.5	Cable 2/0 AWG.	m	100	8.00	800.00
1.6	Cable 1 AWG.	m	60	8.70	522.00
1.7	Cable 12 AWG.	m	20	7.00	140.00
1.8	Conectores MC4.	Glb.	1	200.00	200.00
1.9	Porta fusibles cilíndrico gl, 80 A.	Und.	4	75.00	300.00
1.10	Porta fusibles cilíndrico gl, 100 A.	Und.	1	90.00	90.00
1.11	Termomagnético 20 A, monofásico.	Und.	1	120.00	120.00
1.12	Tablero de distribución F°G° para inversor y termomagnético	Und.	1	280.00	280.00
1.13	Kit estructura coplanar de aluminio para 07 paneles fotovoltaicos	Und.	4	780.00	3120.00
1.14	Puesta a tierra de acuerdo a CNE, incluye accesorios y conductor de cobre.	Glb.	1	660.00	660.00
II	**Instalación y pruebas**				**27608.35**
2.1	Montaje del sistema fotovoltaico, y pruebas eléctricas.	Glb.	1	27608.35	27608.35
	Total costo directo				**S/. 113689.35**
	Transporte de materiales				**S/. 2662.23**
	Gastos generales				**S/. 9084.00**
	Total				**S/. 125435.58**

Tabla 19

Desagregado de gastos generales

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (S/.)	Sub total (S/.)
1.0	Ingeniero Electromecánico	Mes	1	6000.00	6000.00
2.0	Seguro de riesgo	Mes	1	500.00	500.00
3.0	Administrador de proyecto	Mes	1	2000.00	2000.00
4.0	Alquiler de almacén/oficina	Mes	1	584.00	584.00
	Total				**9084.00**

Nota. Elaboración propia

Tabla 20

Costos anuales de mantenimiento del sistema fotovoltaico

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (S/.)	Sub total (S/.)
1.0	Personal				
1.1	Operario	h-h	3	55.00	165.00
1.2	Peón	h-h	3	35.00	105.00
2.0	Materiales, equipos y herramientas manuales	Glb	1	200.00	200.00
3.0	Alquiler de camioneta	h-m	2	170.00	340.00
	Total				**S/. 810.0**

Nota. Elaboración propia

Tabla 21

Costos de reinversión sistema fotovoltaico

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (S/.)	Sub total (S/.)
1.0	Regulador de carga Vitron Energy MPPT 250/100, 48 V.	Und.	2	5652.00	11304.00
2.0	Inversor Phoenix 48/5000, potencia 4 kW, voltaje 220 V CA, 60 Hz.	Und.	1	5945.00	5945.00
3.0	Batería TENSITE, 300Ah, 12 V.	Und.	24	1500.00	36000.00
	Total				**S/. 53249.00**

3.5 Costo nivelado de energía (LCOE)

Tabla 22

Resultados de cálculo del LCOE para la instalación fotovoltaica

Año	Inversión (S/.)	Producción Energía (kWh)	Costos O&M (S/.)	Costos recurrentes (S/.)	Costos anuales totales (S/.)	Producción a valor presente (kWh)	Costos anuales a valor presente (S/.)
0	125435.58				125435.58		125435.58
1		9303.85	810.00		810.00	8535.64	743.12
2		9303.85	810.00		810.00	7830.86	681.76
3		9303.85	810.00		810.00	7184.28	625.47
4		9303.85	810.00		810.00	6591.08	573.82
5		9303.85	810.00	36000.00	36810.00	6046.86	23923.97
6		9303.85	810.00		810.00	5547.58	482.98
7		9303.85	810.00		810.00	5089.52	443.10
8		9303.85	810.00		810.00	4669.29	406.51
9		9303.85	810.00		810.00	4283.75	372.95
10		9303.85	810.00	53249.00	54059.00	3930.05	22835.11
11		9303.85	810.00		810.00	3605.55	313.90
12		9303.85	810.00		810.00	3307.84	287.98
13		9303.85	810.00		810.00	3034.72	264.20
14		9303.85	810.00		810.00	2784.14	242.39
15		9303.85	810.00	36000.00	36810.00	2554.26	10105.75
16		9303.85	810.00		810.00	2343.36	204.01
17		9303.85	810.00		810.00	2149.87	187.17
18		9303.85	810.00		810.00	1972.36	171.71
19		9303.85	810.00		810.00	1809.50	157.54
20		9303.85	810.00		810.00	1660.09	144.53
					Totales:	**84930.62**	**188603.55**
				Costo nivelado de energía LCOE (S/./kWh)		**2.221**	

Nota. Elaboración propia

3.6 Indicadores económicos

Tabla 23

Resultados de cálculo de indicadores económicos

Año	Inversión	Energía		Resultados					
		Producción Energía	LCOE	Ingresos	Pagos	Flujo Neto Caja	FNC Actualizado (Cálculo del VAN)	Flujo Neto Caja Acumulado	Tiempo Recuperación (TR)
	(S/.)	(kWh)	(S/./kWh)	(S/.)	(S/.)	(S/.)	(S/.)	(S/.)	(Años)
0	125435.58					-125435.58	-125435.58	-125435.58	
1		9303.85	2.248	20915.05	810.00	20105.05	18789.77	-106645.81	
2		9303.85	2.248	20915.05	810.00	20105.05	17560.53	-89085.28	
3		9303.85	2.248	20915.05	810.00	20105.05	16411.71	-72673.56	
4		9303.85	2.248	20915.05	810.00	20105.05	15338.05	-57335.51	
5	36000.00	9303.85	2.248	20915.05	36810.00	-15894.95	-11332.88	-68668.39	
6		9303.85	2.248	20915.05	810.00	20105.05	13396.85	-55271.54	
7		9303.85	2.248	20915.05	810.00	20105.05	12520.42	-42751.12	
8		9303.85	2.248	20915.05	810.00	20105.05	11701.32	-31049.80	
9		9303.85	2.248	20915.05	810.00	20105.05	10935.82	-20113.98	
10	53249.00	9303.85	2.248	20915.05	53249.00	-32333.95	-16436.94	-36550.92	
11		9303.85	2.248	20915.05	810.00	20105.05	9551.77	-26999.15	
12		9303.85	2.248	20915.05	810.00	20105.05	8926.88	-18072.27	
13		9303.85	2.248	20915.05	810.00	20105.05	8342.88	-9729.38	
14		9303.85	2.248	20915.05	810.00	20105.05	7797.09	-1932.30	
15	36000.00	9303.85	2.248	20915.05	36810.00	-15894.95	-5761.06	-7693.36	
16		9303.85	2.248	20915.05	810.00	20105.05	6810.28	-883.08	
17		9303.85	2.248	20915.05	810.00	20105.05	6364.75	5481.67	17.13
18		9303.85	2.248	20915.05	810.00	20105.05	5948.36	11430.03	
19		9303.85	2.248	20915.05	810.00	20105.05	5559.22	16989.24	
20		9303.85	2.248	20915.05	810.00	15083.15	3897.77	20887.01	
					TIR	**9%**	**S/. 20887.01**		
					TR (años)	**17.13**			
					Interés para VAN	**7%**			
					VAN	**S/. 20887.01**			

Nota. Elaboración propia

IV DISCUSIÓN

De acuerdo a evaluación de la radiación solar en el Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén, con datos de la NASA, resultó que el ángulo óptimo calculado es 7.62°. Debido a que los meses con menor radiación para ángulos cercanos al óptimo ocurren en meses diferentes, se realizó una interpolación. Para el ángulo óptimo determinado de 7.62°, el mes más desfavorable fue febrero, con una radiación de 3.12 kWh/m²/día para un periodo de evaluación de cinco años (2018-2022). De acuerdo con la metodología de Díaz (2022) se estableció un ángulo ideal de 7.95º, luego hizo una interpolación entre los ángulos de 6.17º, que corresponde a la latitud de la zona, y 8.83º, que se obtuvo de la aplicación de la NASA; esto se tradujo en 3.84 kWh/m^2/día en marzo, el mes menos favorable. También hay coincidencias con Mejía (2019), con datos de la NASA consiguió una radiación mensual de 3.88 kWh/m^2/día, y el ángulo de inclinación de 5º. La cantidad de radiación solar está sujeta a diversos factores, tales como la metodología empleada para calcular el ángulo óptimo de inclinación, el período de evaluación, la ubicación geográfica, y otros elementos influyentes.

Para la demanda de energía eléctrica del Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén, se determinó una potencia instalada de 2.82 kW, y una demanda de energía eléctrica estimada de 25.49 kWh. Se tomó un factor de simultaneidad de 0.5, y para cargas como el refrigerador de mayor consumo de electricidad donde el motor eléctrico que mueve el compresor necesita de una corriente máxima para el arranque se consideró un factor de simultaneidad de uno. Asimismo todos los equipos tienen un voltaje nominal de operación de 220 V CA monofásico. Díaz (2022) estableció que el gasto de energía eléctrica en la casa unifamiliar es de 4.06 kWh/día, considerando un factor de simultaneidad de uno y una potencia nominal de 3.2 kW. Este consumo eléctrico abarca las necesidades de iluminación interna, las cargas eléctricas relacionadas con el proceso de despulpado de café (motor eléctrico monofásico) y las demandas de equipos electrónicos y de telecomunicaciones. Mejía (2019) determinó una demanda de energía eléctrica total estimada de 7.056 kWh/día. Por otra parte Derbie y Gont (2019) la selección y creación del sistema fotovoltaico (PV) se basa en las necesidades eléctricas específicas del hogar. El proceso comienza con una descripción detallada, abordando desde la demanda hasta el diseño. El consumo de electricidad se verá influenciado por las cargas eléctricas presentes, así como por la metodología de cálculo utilizada. Se toman en cuenta factores como el factor de simultaneidad y el factor de utilización para ajustar la demanda de energía, logrando así una representación más precisa de la realidad.

Para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico autónomo en el Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén, en primer lugar, el cálculo muestra que el sistema fotovoltaico tiene un rendimiento de 64.07%. Se calculan para la generación 28 paneles, modelo AS-6M144-HC, de 460 Wp, con una potencia de generación de 12.88 kWp. Se seleccionaron dos reguladores de carga Vitron Energy MPPT 250/100, 48 V, 24 baterías TENSITE, 300Ah, 12 V; y para el subsistema de potencia se seleccionó un inversor Phoenix 48/5000, potencia 4 kW, voltaje 220 V CA, 60 Hz. Por otra parte se dimensionaron y se seleccionaron cuatro fusibles estandarizados del tipo gl cilíndricos de 80 A, y otro de 100 A, y un termo magnético monofásico de 20 A del inversor al tablero eléctrico. Quiles et al. (2020) presentaron un método para calcular con precisión sistemas de generación fotovoltaica residenciales aislados con un nivel predeterminado de confiabilidad. La base de este método es la aplicación de la simulación aleatoria secuencial de Monte Carlo al modelo del sistema, considerando simultáneamente la radiación solar, la demanda de energía y las incertidumbres asociadas a fallos de componentes, empleó un diseño determinista (DD), que establece un diseño PVp con una potencia máxima consumida de 4 kW. La metodología concuerda con Díaz (2022), que dimensionó los componentes del sistema solar, se seleccionaron para su producción 12 paneles IBERIAN SOLAR (modelo IBS72P, 340 Wp, 24 V). Para la regulación se eligió un controlador de carga Vitron Energy MPPT 250/70, 48 V. Para la alimentación se eligió un inversor Phoenix 48/5000 con una potencia aparente de 5 kVA, un voltaje de salida de 220 V CA y una frecuencia de 60 Hz. Para el banco de baterias se eligieron 16 baterías Gel Battery TENSITE de 300 Ah y 12 V. Asimismo Mejía (2019) dimensionó el sistema fotovoltaico obteniendo 28 paneles fotovoltaicos de 135Wp, 24 baterías de 85Ah para dos días de autonomía, un regulador de 85A/48V CD y un inversor monofásico de 48V CD/ 230V CA de 4kW y 60Hz. El diseño y la elección de los equipos para el Sistema Fotovoltaico (SFV) se verán influenciados por la topología específica del sistema a desarrollar, la naturaleza del sistema (autónomo o conectado a la red) y el voltaje operativo de la carga eléctrica, entre diversos factores adicionales.

Para la en la evaluación técnica y económica, se procedió inicialmente a calcular el LCOE, que resultó en 2.221 S/./kWh con una tasa de descuento del 9%. El proyecto se evaluó con una tasa de interés del 7%, se obtuvo un resultado positivo de S/.20887.01. Además, con una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 9%, el proyecto se vuelve rentable al largo plazo, con un tiempo de recuperación de 17.13 años, asumiendo una vida útil del sistema de 20 años. Hiron et al. (2021) en un sistema híbrido (PV-Diésel) para una isla turística, realiza un análisis de viabilidad económica al tiempo que valida los enfoques del costo nivelado de la electricidad

(LCOE) y del costo de producción eléctrica (EPC). Derbie y Gont (2019) utiliza la métrica de dólares por kilovatio-hora (USD/kWh) para calcular el costo de la electricidad. Los resultados de la investigación indican que la configuración ideal para electrificar una vivienda. A pesar del alto costo inicial de instalación, alrededor de USD 15,976.34, el sistema fotovoltaico autónomo demuestra ser ventajoso y apropiado para inversiones a largo plazo, dada su vida útil de 25 años. Existe conicidencias con Díaz (2022), aplicando un descuento del 7% a la electricidad, el LCOE calculado fue de 1.433 S/./kWh. A una tasa de interés para el VAN del 10%, el proyecto demostró ser no rentable (VAN S/. -16275.30). Sin embargo, a largo plazo, con un interés del 6% para el VAN, el proyecto resultó rentable (VAN S/. 7274.85 positivo), con un retorno de inversión proyectado a 22 años y una vida útil del proyecto de 25 años. Rebhan y Wahnström (2020) diseñan seis sistemas energéticos, incluyendo opciones únicas e híbridas. Optimizaron el LCOE con HOMER Pro, logrando 0.516 USD/kWh para un sistema híbrido (biomasa, solar, eólica, baterías) con un CAPEX de 480500 USD. La evalaución económica estará fuertemente influenciado por la estructura del diseño propuesto, los costos asociados a la energía, la tasa de interés aplicada en el cálculo del VAN y el plazo considerado durante la evaluación.

V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se evaluó la radiación solar en el Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén, con datos de la NASA, resultando que el ángulo óptimo calculado es 7.62°. Debido a que los meses con menor radiación para ángulos cercanos al óptimo ocurren en meses diferentes, se realizó una interpolación. Para el ángulo óptimo determinado de 7.62°, el mes más desfavorable fue febrero, con una radiación de 3.12 kWh/m²/día.

Se determinó la demanda de energía eléctrica del Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén, para una potencia instalada de 2.82 kW, y una demanda de energía eléctrica de 25.49 kWh/día. Asimismo todos los equipos tienen un voltaje nominal de operación de 220 V CA monofásico.

Se dimensionó el sistema fotovoltaico autónomo en el Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén, en primer lugar, los cálculos muestra que el sistema fotovoltaico tiene un rendimiento de 64.07%. Se calculan para la generación 28 paneles de 460 Wp, con una potencia de generación de 12.88 kWp. Se seleccionó dos reguladores de carga Vitron Energy MPPT 250/100, 48 V, 24 baterías TENSITE, 300 Ah, 12 V; y para el subsistema de potencia se seleccionó un inversor Phoenix 48/5000, potencia 4 kW, voltaje 220 V CA, 60 Hz.

En la evaluación técnica y económica, se calculó un LCOE de 2.221 S/./kWh. Con una tasa de interés del 7%, se obtuvo un resultado positivo de S/.20887.01. La TIR del 9% confirma la rentabilidad a largo plazo, con un período de recuperación de 17.13 años dentro de una vida útil de 20 años. Este estudio fomenta la mejora de la eficiencia y rentabilidad de los sistemas fotovoltaicos, adaptándolos para satisfacer las demandas energéticas de manera sostenible.

.

Recomendaciones

Analizar la demanda energética máxima y determinar las horas de mayor consumo diario en el Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén. Para ello, se recomienda realizar mediciones utilizando un analizador de redes eléctricas o una pinza amperimétrica y elaborar un diagrama de carga diario que refleje el comportamiento real del consumo.

Realizar un análisis económico del sistema que contempla diferentes tasas de descuento para calcular el costo nivelado de la electricidad (LCOE), lo que permitirá evaluar con mayor precisión su viabilidad financiera.

El propietario del centro turístico Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén debería gestionar fuentes de financiamiento para la ejecución del proyecto. Desde una perspectiva ambiental, estos proyectos son sostenibles, y desde el ámbito económico, resultan viables a largo plazo. Además, ofrecen la ventaja de operar de manera independiente de la red eléctrica del concesionario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Datsios, Z. G., y Mikropoulos, P. N. (2012). *Safe grounding system design for a photovoltaic power station*. *May 2014*. https://doi.org/10.1049/cp.2012.2041

Derbie, S. (2019). Design of a Standalone Photovoltaic System for a Typical Household around Dessie City-Ethiopia. *American Journal of Electrical and Electronic Engineering*, *7*(1), 1-7. https://doi.org/10.12691/ajeee-7-1-1

Derbie, S., y Gont, S. D. (2019). Design of a Standalone Photovoltaic System for a Typical Household around Dessie City-Ethiopia ASSESSMENT OF POWER RELIABILITY AND IMPROVEMENT POTENTIAL BY USING SMART RECLOSERS View project Design of a Standalone Photovoltaic System for a Typical Househo. *American Journal of Electrical and Electronic Engineering*, *7*(1), 1-7. https://doi.org/10.12691/ajeee-7-1-1

Díaz, E. (2022). *Diseño de un sistema fotovoltaico aislado para suministro eléctrico a una vivienda unifamiliar en el caserío Nuevo Valle, Distrito Soritor, Provincia Moyobamba – San Martín* [Universidad Politecnica Amazónica]. http://hdl.handle.net/20.500.12897/141

Gonzales, J. A. (2021). *Técnicas e instrumentos de investigación científica* (ENFOQUES CONSULTING EIRL (ed.); 1 era Edic). https://www.researchgate.net/publication/350072286%0ATÉCNICAS

Guillen, O. (2015). *Energía eólica para generación eléctrica* (Editorial Trillas (ed.); 1era Ed.).

Hiron, N., Busaeri, N., Sutisna, S., Nurmela, N., y Sambas, A. (2021). Design of Hybrid (PV-Diesel) System for Tourist Island in Karimunjawa Indonesia. *Energies*. https://doi.org/doi.org/10.3390/en14248311

International Energy Agency-IEA. (2014). PV Systems for Rural Health Facilities in Developing Areas. En *Researchgate.Net*. https://www.researchgate.net/publication/273762878

Kumar, D. (2015). Economic Assessment of Photovoltaic Energy Production Prospects in India. *Procedia Earth and Planetary Science*, *11*, 425-436. https://doi.org/10.1016/j.proeps.2015.06.042

Mejía, E. (2018). *Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica* [Universidad Politécnica Amazónica]. https://repositorio.upa.edu.pe/handle/20.500.12897/19

Mejía, E. (2019). Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica. *Revista Científica Pakamuros*, *7(2)*, 73-88. https://doi.org//10.37787/9psac759

Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., y Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de la tesis* (Ediciones de la U (ed.); Quinta edi). www.edicionesdelau.com

Pareja, M. (2016). *Energía Solar Fotovoltaica. Cálculo de una Instalación Aislada.* (Marcombo (ed.); 3era Ed.).

Quiles, E., Roldán, C., Escrivá, G., y Roldán, C. (2020). Accurate sizing of residential stand-alone photovoltaic systems considering system reliability. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(3), 1-18. https://doi.org/10.3390/su12031274

Rebhan, E., y Wahnström, E. (2020). *Renewable power generation for developing societies on a remote island in Fiji - A case study* [KTH Royal Institute of Technology]. https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1474256/FULLTEXT01.pdf

Riazul, U., Eiva, J., Fahim, T. M., y Islam, S. S. (2023). *Design , performance , and techno-economic analysis of a rooftop grid-tied PV system for a remotely located building*. *May*, 1-17. https://doi.org/10.1049/rpg2.12793

Roy, P., y Talukdar, B. K. (2022). Design and analysis of a stand-alone PV system for a rural area using homer pro software. *International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT) www.ijcrt.org*, *10*(7), 597-609.

Ruiz, R. (2007). *El Método Científico y sus Etapas*. http://www.index-f.com/lascasas/documentos/lc0256.pdf

Samaila, B., David D, Shehu A.A, y Yahaya M.N. (2022). Solar Photovoltaic System Design and Cost Estimations for Electrification of selected Primary Health Centres in Maiyama Local Government, Kebbi State. *Journal of Technology Innovations and Energy*, *1*(3), 16-27. https://doi.org/10.56556/jtie.v1i3.250

Tianze, L., Hengwei, L., Chuan, J., Luan, H., y Xia, Z. (2011). Application and design of solar photovoltaic system Application. *Journal of Physics: Conference Series Application*. https://doi.org/10.1088/1742-6596/276/1/012175

AGRADECIMIENTO

En primero agradecemos a Dios por habernos ayudado a culminar una meta más en nuestras vidas. También queremos agradecer a la Universidad Nacional de Jaén y sus distinguidos maestros que formaron parte de nuestra vida universitaria y que nos brindaron los conocimientos para formarnos como profesionales.

Agradecemos a nuestro asesor el Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez, que ha sido nuestro guía durante el proceso formulación y ejecución de la tesis y por el tiempo brindado hasta su culminación.

Por último, agradecer al Mg. Luciano Troyes Rivera, por brindarnos su apoyo para realizar nuestra tesis en el Área de Conservación Privada Gotas de Agua Jaén, permitiendo concretar nuestro proyecto.

Los autores.

DEDICATORIA

A mi madre Herminia Silva que siempre contribuyó de varias formas en mis estudios, mi padre Alberto Solís que desde el cielo me está ayudando para culminar esta tesis y mi hermana Thalía Isique que siempre ha estado a mi lado.

Luis Alberto.

A mi madre Cinthia Roxana Velásquez, a mi padre Elmer Hernán Ticlla que por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los cuales incluye este y por la motivación constante para alcanzar mis anhelos.

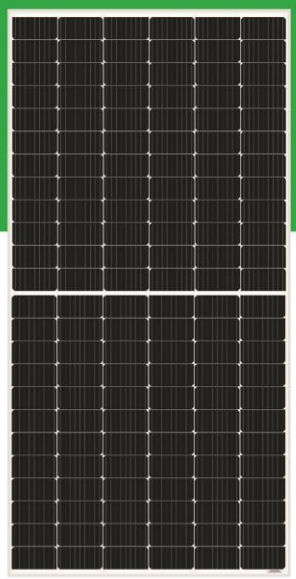
A todas las personas que me han apoyado y han hecho que esta investigación se realice.

Eduardo Raymundo.

ANEXOS

Anexo 01. Fichas técnicas de equipos seleccionados

Amerisolar | New Energy New World®



AS-6M144-HC
435W~465W
MONOCRYSTALLINE MODULE

ADVANCED PERFORMANCE & PROVEN ADVANTAGES

- High module conversion efficiency up to 21.27% by using innovative Half-cell design and Multi-busbar(MBB) cell technology.
- Low temperature coefficient and excellent performance under high temperature and low light conditions.
- Robust aluminum frame ensures the modules to withstand wind loads up to 2400Pa and snow loads up to 5400Pa.
- High reliability against extreme environmental conditions (passing salt mist, ammonia and hail tests).
- Potential induced degradation (PID) resistance.

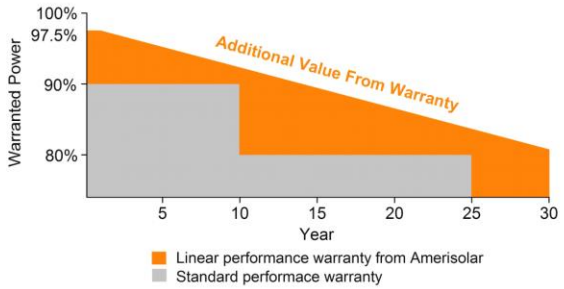
CERTIFICATIONS

- IEC 61215, IEC 61730, UL 1703, IEC 62716, IEC 61701, IEC TS 62804, CE, CQC
- ISO 9001:2015: Quality management system
- ISO 14001:2015: Environmental management system
- ISO 45001:2018: Occupational health and safety management system

SPECIAL WARRANTY

- 20 years product warranty
- 30 years linear power output warranty

Passionately committed to delivering innovative energy solution



Worldwide Energy and Manufacturing USA Co., Ltd.
www.weamerisolar.com, sales@weamerisolar.com

EN-V2.1-2020

ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT STC

Maximum Power (P_{max})	435W	440W	445W	450W	455W	460W	465W
Open Circuit Voltage (V_{OC})	49.6V	49.8V	50.0V	50.2V	50.4V	50.6V	50.8V
Short Circuit Current (I_{SC})	11.10A	11.16A	11.22A	11.28A	11.34A	11.40A	11.46A
Voltage at Maximum Power (V_{mp})	41.2V	41.4V	41.6V	41.8V	42.0V	42.2V	42.4V
Current at Maximum Power (I_{mp})	10.56A	10.63A	10.70A	10.77A	10.84A	10.91A	10.97A
Module Efficiency (%)	19.90	20.13	20.36	20.58	20.81	21.04	21.27
Operating Temperature	-40°C to +85°C						
Maximum System Voltage	1000V DC/1500V DC						
Fire Resistance Rating	Type 1(in accordance with UL1703)/Class C(IEC61730)						
Maximum Series Fuse Rating	20A						

STC: Irradiance 1000W/m^2, Cell temperature 25°C, AM1.5; Tolerance of Pmax: ±3%; Measurement Tolerance: ±3%

ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT NOCT

Maximum Power (P_{max})	323W	327W	331W	335W	339W	343W	347W
Open Circuit Voltage (V_{OC})	45.6V	45.8V	46.0V	46.2V	46.4V	46.6V	46.8V
Short Circuit Current (I_{SC})	8.99A	9.04A	9.09A	9.14A	9.19A	9.24A	9.29A
Voltage at Maximum Power (V_{mp})	37.4V	37.6V	37.8V	38.0V	38.2V	38.4V	38.6V
Current at Maximum Power (I_{mp})	8.64A	8.70A	8.76A	8.82A	8.88A	8.94A	8.99A

NOCT: Irradiance 800W/m^2, Ambient temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s

MECHANICAL CHARACTERISTICS

Cell type	Monocrystalline PERC 166*83mm
Number of cells	144 (6x24)
Module dimensions	2102x1040x35mm (82.76x40.94x1.38inches)
Weight	24kg (52.9lbs)
Front cover	3.2mm (0.13inches) tempered glass with AR coating
Frame	Anodized aluminum alloy
Junction box	IP68, 3 diodes
Cable	4mm^2 (0.006inches^2), Length: Portrait: 300mm (11.81inches); Landscape: 1400mm (55.12inches)
Connector	MC4 or MC4 compatible

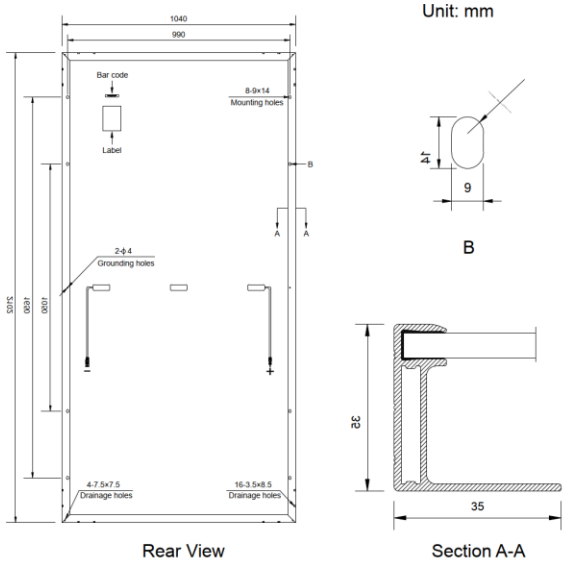
TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	43°C±2°C
Temperature Coefficients of P_{max}	-0.36%/°C
Temperature Coefficients of V_{OC}	-0.28%/°C
Temperature Coefficients of I_{SC}	0.05%/°C

PACKAGING

Standard packaging	31pcs/pallet
Module quantity per 20' container	155pcs
Module quantity per 40' container	715pcs

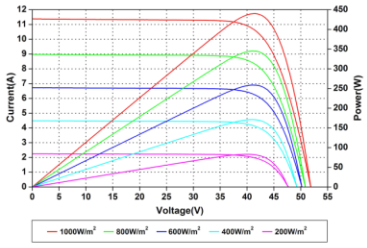
ENGINEERING DRAWINGS



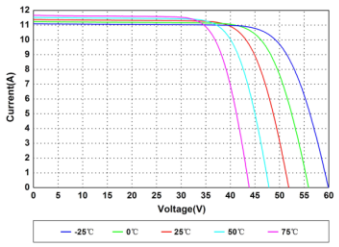
Rear View

Section A-A

IV CURVES



Current-Voltage and Power-Voltage Curves at Different Irradiances



Current-Voltage Curves at Different Temperatures

Specifications in this datasheet are subject to change without prior notice.

Amerisolar and Amerisolar logo denoted with ® are registered trademarks of Worldwide Energy and Manufacturing USA Co., Ltd.

SIEMENS

Product data sheet 3NA3830-7

Similar to image

LV HRC FUSE LINK GL/GG WITH NON-INSULATED GRIP LUGS WITH FRONT INDICATOR SIZE 00, 100A, AC 500V/DC 250V

Technical data:		
Current / for AC / rated value	A	100
Operating class of the fuse link		gG
Size of the fallback-system / acc. to DIN EN 60269-1		NH00
Supply voltage		
• for AC / rated value	V	500
• for DC	V	250
Switching capacity current		
• in accordance with IEC 60947-2 / rated value	kA	120
• with DC / in accordance with IEC 60947-2 / rated value	kA	25
Design of an identification indicator		Front indicators
Ambient temperature		
• minimum	°C	-5
• maximum	°C	40

Certificates/approvals:

Controladores de carga SmartSolar 250V y 99% de eficiencia
MPPT 250/60, 250/70, 250/85 & 250/100

Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT)
Especialmente con cielos nubosos, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

Detección avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial
En casos de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.
Los MPPT convencionales suelen seleccionar un MPP local, que no necesariamente es el MPP óptimo.
El innovador algoritmo de SmartSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

Excepcional eficiencia de conversión
Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

Algoritmo de carga flexible
Un algoritmo de carga totalmente programable (consulte la página de *software* de nuestra página web) y ocho algoritmos de carga preprogramados, que se pueden elegir con un selector giratorio (consulte más información en el manual).

Amplia protección electrónica
Protección de sobretemperatura y reducción de potencia en caso de alta temperatura.
Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.
Protección de corriente inversa FV.

Sensor de temperatura interna
Compensa la tensión de carga de absorción y flotación. en función de la temperatura.

Bluetooth Smart integrado: no necesita mochila
La solución inalámbrica para configurar, supervisar y actualizar el controlador con un teléfono inteligente, una tableta u otro dispositivo Apple o Android.

VE.Direct
Para una conexión de datos con cable a un Color Control GX, otros productos GX, PC u otros dispositivos.

On/Off remoto
Para conectarse a un VE.BUS BMS, por ejemplo.

Relé programable
Se puede programar (entre otros, con un teléfono inteligente)
para activar una alarma u otros eventos.

Opcional: pantalla LCD conectable
Simplemente retire el protector de goma del enchufe de la parte frontal del controlador y conecte la pantalla.

Controlador de carga SmartSolar	MPPT 250/60	MPPT 250/70	MPPT 250/85	MPPT 250/100
Tensión de la batería	Ajuste automático a12, 24 ó 48V (Se precisa una herramienta de *software* para ajustar el sistema en 36V)			
Corriente de carga nominal	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal, 12 V 1a,b)	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV nominal, 24 V 1a,b)	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV nominal, 48 V 1a,b)	3440W	4000W	4900W	5800W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	35A (máx. 30A x con. MC4)		70A (max 30A x MC4 con.)	
Tensión máxima del circuito abierto FV	250V máximo absoluto en las condiciones más frías 245V en arranque y funcionando al máximo			
Eficacia máxima	99%			
Autoconsumo	Menos de 35mA a 12V / 20mA a 48V			
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)			
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)			
Algoritmo de carga	adaptativo multifase			
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C			
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretemperatura			
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)			
Humedad	95%, sin condensación			
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct o Bluetooth			
Interruptor on/off remoto	Sí (conector bifásico)			
Relé programable	DPST Capacidad nominal CA 240 V AC / 4 A Capacidad nominal CC 4 A hasta 35 V CC, 1 A hasta 60 V CC			
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)			
CARCASA				
Color	Azul (RAL 5012)			
Terminales FV 3)	35mm² / AWG2 (modelos Tr), Dos pares de conectores MC4 (modelos MC4 de 250/60 y 250/70) Tres pares de conectores MC4 (modelos MC4 de 250/85 y 250/100)			
Bornes de batería	35mm² / AWG2			
Grado de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)			
Peso	3 kg		4,5 kg	
Dimensiones (al x an x p) en mm	Modelos Tr: 185 x 250 x 95 mm Modelos MC4: 215x250x95 mm		Modelos Tr: 216 x 295 x 103 mm Modelos MC4: 246x295x103 mm	
NORMATIVAS				
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2			

1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la potencia de entrada al máximo estipulado.
1b) La tensión FV debe exceder en 5 V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador.
Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1 V.
2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador.
3) Modelos MC4: se podrían necesitar varios separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares.
Corriente máximo por conector MC4: 30A (los conectores MC4 están conectados en paralelo a un rastreador MPPT)

Controlador de carga SmartSolar
MPPT 250/100-Tr
Con pantalla conectable opcional.

Controlador de carga SmartSolar
MPPT 250/100-MC4
Sin pantalla

Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | Países Bajos
Centralita: +31 (0)36 535 97 00 | E-mail: sales@victronenergy.com
www.victronenergy.com

Inversor Phoenix	C12/1200 C24/1200	C12/1600 C24/1600	C12/2000 C24/2000	12/3000 24/3000 48/3000	24/5000 48/5000
Funcionamiento en paralelo y en trifásico	Si				
INVERSOR					
Rango de tensión de entrada (V DC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Salida	Salida: 230V ± 2% / 50/60Hz ± 0,1% (1)				
Potencia cont. de salida 25°C (VA) (2)	1200	1600	2000	3000	5000
Potencia cont. de salida 25°C (W)	1000	1300	1600	2400	4000
Potencia cont. de salida 40°C (W)	900	1200	1450	2200	3700
Potencia cont. de salida 65°C (W)	600	800	1000	1700	3000
Pico de potencia (W)	2400	3000	4000	6000	10000
Eficacia máx. 12/ 24 /48 V (%)	92 / 94 / 94	92 / 94 / 94	92 / 92	93 / 94 / 95	94 / 95
Consumo en vacío 12 / 24 / 48 V (W)	8 / 10 / 12	8 / 10 / 12	9 / 11	20 / 20 / 25	30 / 35
Consumo en vacío en modo AES (W)	5 / 8 / 10	5 / 8 / 10	7 / 9	15 / 15 / 20	25 / 30
Consumo en vacío modo Search (W)	2 / 3 / 4	2 / 3 / 4	3 / 4	8 / 10 / 12	10 / 15
GENERAL					
Relé programable (3)	Si				
Protección (4)	a – g				
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema				
On/Off remoto	Si				
Características comunes	Temperatura de funcionamiento: -40 a +65°C (refrigerado por ventilador) Humedad (sin condensación): Máx. 95%				
CARCASA					
Características comunes	Material y color: aluminio (azul RAL 5012) Tipo de protección: IP 21				
Conexiones de la batería	cables de batería de 1,5 metros se incluye		Pernos M8	2+2 Pernos M8	
Conexiones 230 V CA	Enchufe G-ST18i		Abrazadera-resorte	Bornes atornillados	
Peso (kg)	10		12	18	30
Dimensiones (al x an x p en mm.)	375x214x110		520x255x125	362x258x218	444x328x240
NORMATIVAS					
Seguridad	EN 60335-1				
Emisiones / Inmunidad	EN 55014-1 / EN 55014-2				
Directiva de automoción	2004/104/EC	2004/104/EC		2004/104/EC	

1) Puede ajustarse a 60 Hz, y a 240 V.
2) Carga no lineal, factor de cresta 3:1
3) Relé programable que puede configurarse en alarma general, subtensión de CD o como señal de arranque de un generador (es necesario el interfaz MK2 y el software VEConfigure)
Capacidad nominal CA 230V / 4A
Capacidad nominal CC 4 A hasta 35VDC, 1 A hasta 60VDC
4) Protección:
a) Cortocircuito de salida
b) Sobrecarga
c) Tensión de la batería demasiado alta
d) Tensión de la batería demasiado baja
e) Temperatura demasiado alta
f) 230 V CA en la salida del inversor
g) Ondulación de la tensión de entrada demasiado alta

Panel de Control para Inversor Phoenix
También puede utilizarse en un inversor/cargador MultiPlus cuando se desea disponer de un conmutador de transferencia automático, pero no de la función como cargador. La luminosidad de los LED se reduce automáticamente durante la noche.

Funcionamiento y supervisión controlados por ordenador
Hay varias interfaces disponibles:

Color Control GX
Proporciona monitorização e controlo, de forma local e remota, no Portal VRM.

Interfaz MK3-USB VE.Bus a USB
Se conecta a un puerto USB (ver Guía para el VEConfigure*)

Interfaz VE.Bus a NMEA 2000
Liga o dispositivo a uma rede eletrónica marinha NMEA2000. Consulte o guia de integração NMEA2000 e MFD

Monitor de baterías BMV-700
El monitor de baterías BMV-700 dispone de un avanzado sistema de control por microprocesador combinado con un sistema de medición de alta resolución de la tensión de la batería y de la carga/descarga de corriente. Aparte de esto, el software incluye unos complejos algoritmos de cálculo, como la fórmula Peukert, para determinar exactamente el estado de la carga de la batería. El BMV muestra de manera selectiva la tensión, corriente, Ah consumidos o tiempo restante de carga de la batería. El monitor también almacena una multitud de datos relacionados con el rendimiento y uso de la batería.

Hay varios modelos disponibles (ver la documentación del monitor de baterías).

Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | The Netherlands
General phone: +31 (0)36 535 97 00 | Fax: +31 (0)36 535 97 40
E-mail: sales@victronenergy.com | **www.victronenergy.com**

BATERÍA DE GEL
12V 300 AH

BATERÍA SERIE GEL

Las baterías de la serie GEL incorporan la nueva tecnología CCDR de placa estampada en laminación continua, que permite soportar aplicaciones cíclicas de carga y descarga profundas.
Las baterías utilizan gel de sílice coloidal que inmoviliza el electrolito y elimina la estratificación, diseñadas para una vida útil en flotación de 15 años a 20ºC.
Cumple con los estándares IEC, BS, JIS y Eurobat.

APLICACIÓN

- Sistema de energía de emergencia.
- Equipos de comunicación.
- Sistemas de telecomunicaciones.
- Fuentes de alimentación ininterrumpida.
- Sillas de ruedas eléctricas.
- Juguetes, coches y motos eléctricas.
- Herramientas eléctricas.
- Carros de golf y buggies.
- Equipo marino.
- Equipo médico.
- Sistema de energía solar y eólica.

CARACTERÍSTICAS GENERALES

- Sellado de seguridad.
- Tecnología antiderrames.
- Alta densidad de potencia.
- Excelente recuperación de descarga profunda.
- Placas gruesas y materiales altamente activos.
- Mayor vida útil y diseño de baja autodescarga.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

MODELO DE BATERÍA	**Voltaje nominal**		12 V	
	Capacidad nominal (100 Horas)		300 Ah	
	Celdas por batería		6	
DIMENSIONES	**Longitud**	**Ancho**	**Altura**	**Altura total**
	520 mm	268 mm	220 mm	225 mm
PESO APROXIMADO	67 kg ± 3%			
CAPACIDAD @ 25ºC	**10 horas**	**5 horas**	**3 horas**	**1 hora**
	250 Ah	219 Ah	199 Ah	162 Ah
CORRIENTE DE DESCARGA MÁXIMA	2500 A (5 seg.)			
CORRIENTE DE CARGA MÁXIMA	75 A			
RESISTENCIA INTERNA	Cargado por completo a 25°C: Apróximadamente 2,0 mΩ			
CAPACIDAD VS TEMPERATURA	**40°C**	**25°C**	**0°C**	**-15°C**
	102%	100%	85%	65%
AUTODESCARGA @ 25ºC	**Después de 3 meses en almacenamiento**		**Tras 6 meses**	**Tras 12 meses**
	91%		82%	64%
MÉTODO DE CARGA @ 25ºC	**Rango de Tensión de Carga uso en Ciclos (Bulk)**		**Rango de Tensión de Carga uso en Flotación (Float)**	
	14,30 - 14,60 V		13,60- 13,80 V	

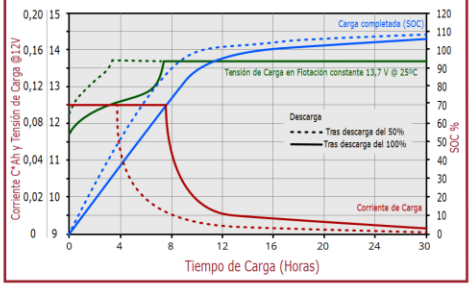
TABLA DE DESCARGA DE BATERÍA

CORRIENTE CONSTANTE (A) Y POTENCIA CONSTANTE (W) TABLA DE DESCARGA A 25ºC									
F.V / TIME		10 min	15 min	30 min	1 hr	3 hrs	5 hrs	10hrs	20 hrs
1.60	A	560.00	422.10	262.60	184.80	74.10	47.70	26.00	13.63
	W	1044.40	787.20	489.80	344.70	138.20	89.00	48.50	26.80
1.65	A	516.30	404.50	255.60	179.90	72.80	47.00	25.75	13.55
	W	962.80	754.40	476.70	335.40	135.70	87.70	48.00	26.70
1.70	A	525.00	386.90	248.60	174.90	71.40	46.40	25.50	13.38
	W	979.10	721.60	463.60	326.20	133.20	86.40	47.60	26.40
1.75	A	463.80	369.30	241.50	170.00	69.70	45.70	25.25	13.13
	W	864.90	688.80	450.50	317.00	130.00	85.20	47.10	25.90
1.80	A	437.50	351.80	234.50	165.00	68.00	45.00	25.00	13.00
	W	815.90	656.00	437.30	307.70	126.80	83.90	46.60	25.70

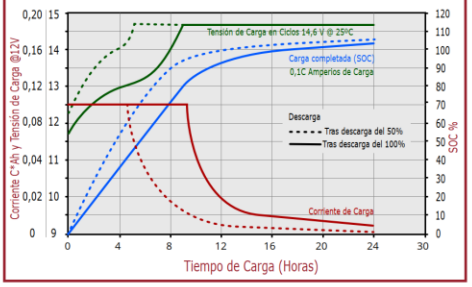
USO EN FLOTACIÓN: La batería está conectada al cargador de forma continua manteniendo la carga al 100% dispuestas para descargas en momentos puntuales. Es el caso de las alarmas, los sistemas de SAI o UPS, sistemas de respaldo, backup en telecomunicaciones.

USO EN CICLOS: La batería se carga y se descarga, repitiendo este ciclo habitualmente. Es el caso de las instalaciones fotovoltaicas de uso residencial (día/noche), los coches eléctricos y en aplicaciones que se consume cuando no hay disponibilidad de carga. El arranque de motores de combustión sería una aplicación que combina ambos tipos de uso.

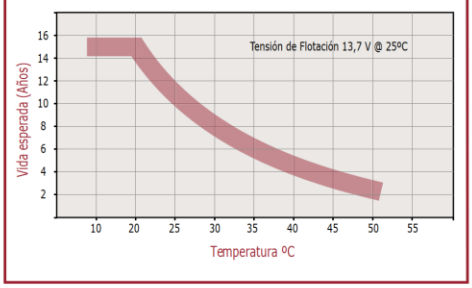
Uso en Flotación: Curvas Características de Carga



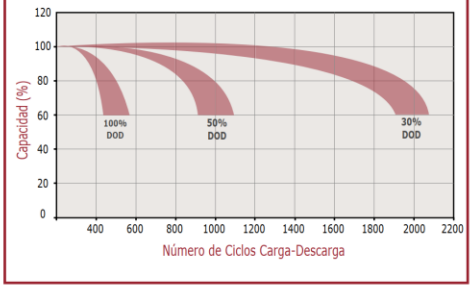
Uso en Ciclos: Curvas Características de Carga



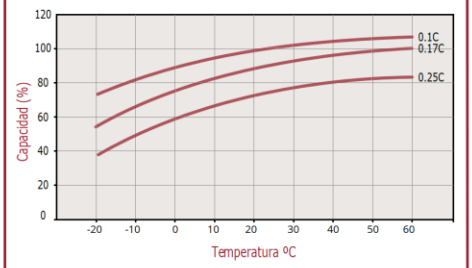
Vida esperada en Flotación y Temperatura



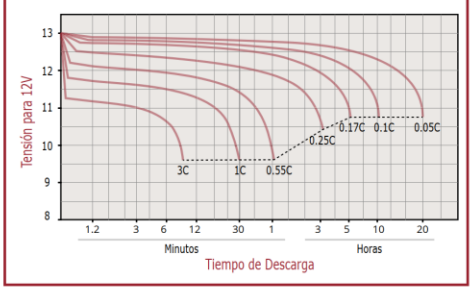
Ciclos vida útil y profundidad Descarga (DOD)



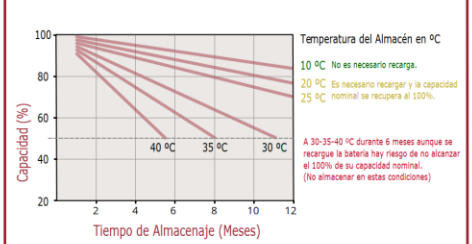
Relación entre Temperatura y Capacidad



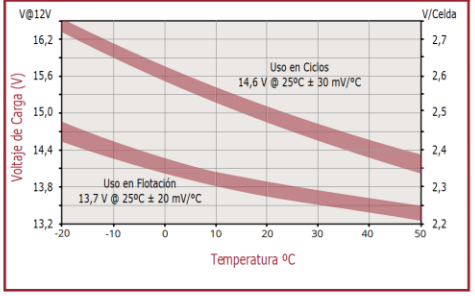
Curvas de Descarga a 25ºC



Características de Autodescarga con la Temperatura



Voltaje Carga y Temperatura



Cotizaciones

FERRETERIA & CONSTRUCCIONES
MEGAVOLT
JAEN S.A.C

VENTA DE ACCESORIOS ELECTRICOS PARA BAJA, MEDIA, ELABORACIÓN DE PROYECTOS Y CONSULTORIA, EJECUCION DE OBRA ELECTRICAS, SUPERVISION DE OBRAS, ASESORIA EN INSPECCIONES DE DEFENSA CIVIL, MANTENIMIENTO Y REPARACION DE MAQUINARIA INDUSTRIAL, ALQUILER DE MAQUINARIA LIVIANA Y VENTA DE REPUESTOS, SERVICIO DE

JR. TAHUANTINSUYO No 344 - JAEN
TLF: 990 918 138 - 931 074 799 - 999394135
RUC: 2060 400 2894

JAEN, 06 de Junio del 2025

COTIZACION Nº 029 - 2025

CLIENTE AREA DE CONSERVACION PRIVADA GOTAS DE AGUA
RUC 20487905853
DIRECCIÓN KILOMETRO 7 CARRETERA EL PONGO

Presupuesto de materiales, equipos e instalación fotovoltaica							
Ítem	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio (S/.)**		**Sub total (S/.)**	
I	**Suministro de materiales y equipos**					**S/**	**86,081.00**
1.1	Panel monocristalino Americasolar, modelo AS-6M144-HC, de 460 Wp	Und.	28	S/	950.00	S/	26,600.00
1.2	Regulador de carga Vitron Energy MPPT 250/100, 48 V.	Und.	2	S/	5,652.00	S/	11,304.00
1.3	Inversor Phoenix 48/5000, potencia 4 kW, voltaje 220 V CA, 60 Hz	Und.	1	S/	5,945.00	S/	5,945.00
1.4	Batería TENSITE, 300Ah, 12 V.	Und.	24	S/	1,500.00	S/	36,000.00
1.5	Cable 2/0 AWG.	m	100	S/	8.00	S/	800.00
1.6	Cable 1 AWG	m	60	S/	8.70	S/	522.00
1.7	Cable 12 AWG	m	20	S/	7.00	S/	140.00
1.8	Conectores MC4.	Glb.	1	S/	200.00	S/	200.00
1.9	Porta fusibles cilíndrico gl, 80 A.	Und.	4	S/	75.00	S/	300.00
1.10	Porta fusibles cilíndrico gl, 80 A.	Und.	1	S/	90.00	S/	90.00
1.11	Termomagnético 20 A, monofásico.	Und.	1	S/	120.00	S/	120.00
1.12	Tablero de distribución F°G° para inversor y termomagnético.	Und.	1	S/	280.00	S/	280.00
1.13	Kit estructura coplanar de aluminio para 07 paneles fotovoltaicos.	Und.	4	S/	780.00	S/	3,120.00
1.14	Puesta a tierra de acuerdo a CNE, incluye accesorios y conductor de cobre.	Glb.	1	S/	660.00	S/	660.00
II	**Instalación y pruebas**					**S/**	**27,608.35**
2.1	Montaje del sistema fotovoltaico, y pruebas eléctricas.	Glb.	1	S/	27,608.35	S/	27,608.35
	Total costo directo					**S/**	**113,689.35**
	Transporte de materiales					**S/**	**2,662.23**
	Gastos generales					**S/**	**9,084.00**
	Total					**S/**	**125,435.58**

MEGAVOLT JAÉN S.A.C.
Neyser J. Mu[illegible] Huatangari
SUBGERENTE

FERRETERIA & CONSTRUCCIONES
MEGAVOLT
JAEN S.A.C

JR. TAHUANTINSUYO No 344 - JAEN
TLF: 990 918 138 - 931 074 799 - 999394135
RUC: 2060 400 2894

VENTA DE ACCESORIOS ELECTRICOS PARA BAJA, MEDIA, ELABORACIÓN DE PROYECTOS Y CONSULTORIA, EJECUCION DE OBRA ELECTRICAS, SUPERVISION DE OBRAS, ASESORIA EN INSPECCIONES DE DEFENSA CIVIL, MANTENIMIENTO Y REPARACION DE MAQUINARIA INDUSTRIAL, ALQUILER DE

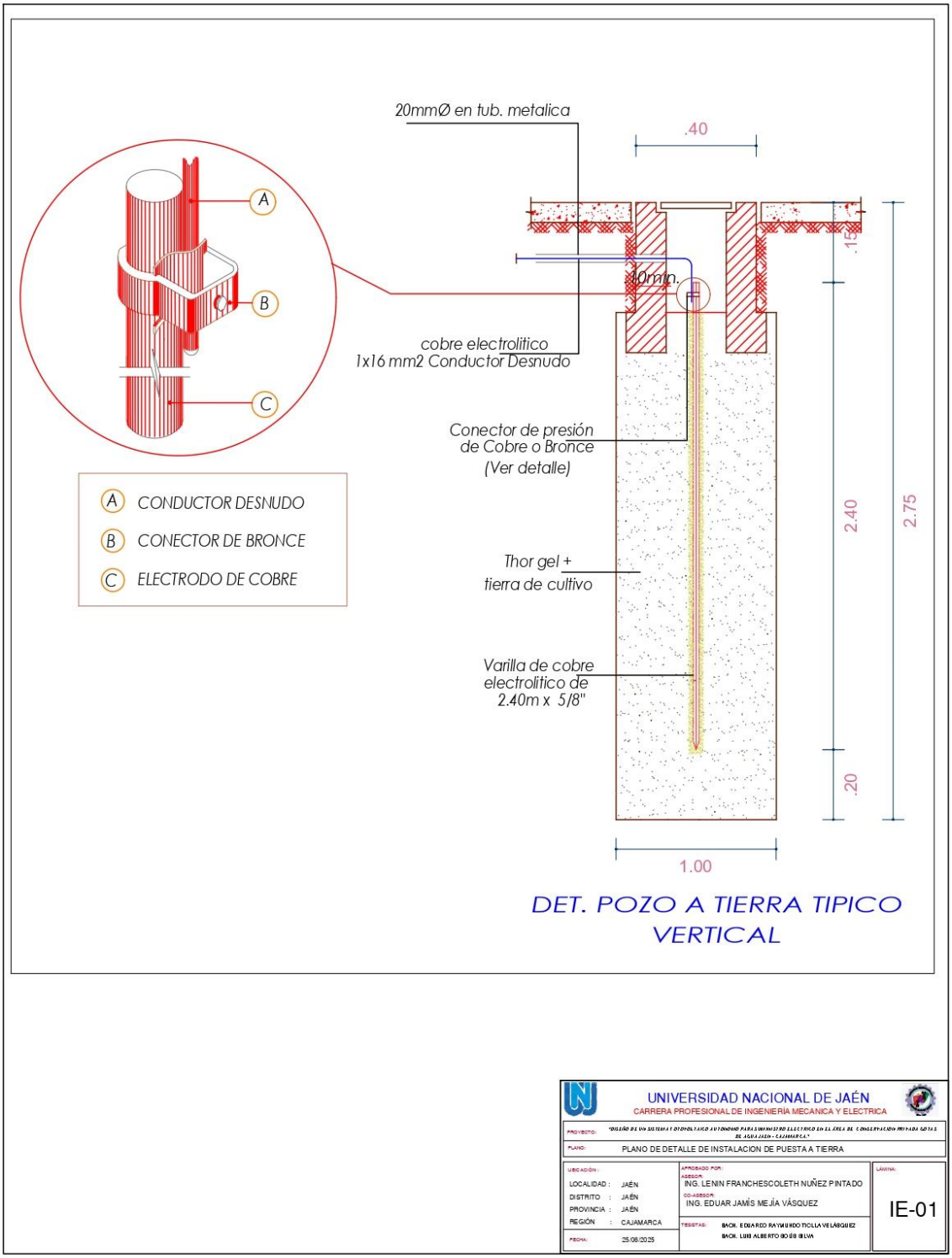
JAEN, 06 de Junio del 2025

COTIZACION Nº 030 - 2025

CLIENTE AREA DE CONSERVACION PRIVADA GOTAS DE AGUA
RUC 20487905853
DIRECCIÓN KILOMETRO 7 CARRETERA EL PONGO

Costos anuales de mantenimiento del sistema fotovoltaico					
Ítem	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio (S/.)**	**Sub total (S/.)**
1.0	Personal				
1.1	Operario	h-h	3	S/ 55.00	S/ 165.00
1.2	Peón	h-h	3	S/ 35.00	S/ 105.00
2.0	Materiales, equipos y herramientas manuales	Glb.	1	S/ 200.00	S/ 200.00
3.0	Alquiler de camioneta	h-m	2	S/ 170.00	S/ 340.00
Total					**S/ 810.00**

MEGAVOLT - JAEN S.A.C.
Neyser J. Martín x Huatangari
SUB GERENTE



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECANICA Y ELECTRICA

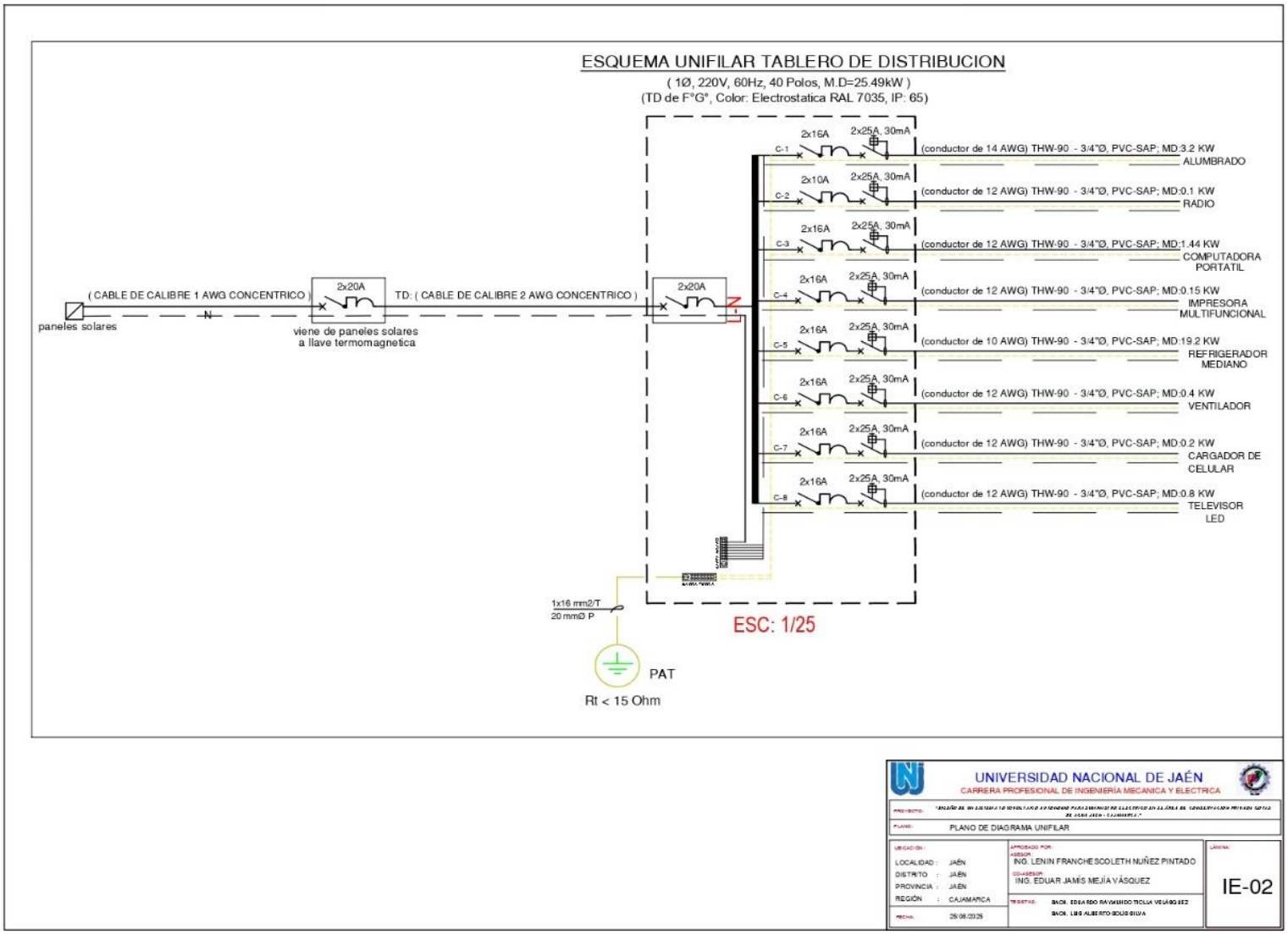
PROYECTO: "DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTONOMO PARA SUMINISTRO ELECTRICO EN EL ÁREA DE CONSERVACION PRIVADA GOTAS DE AGUA JAEN - CAJAMARCA."

PLANO: PLANO DE DETALLE DE INSTALACION DE PUESTA A TIERRA

UBICACIÓN:
LOCALIDAD : JAÉN
DISTRITO : JAÉN
PROVINCIA : JAÉN
REGIÓN : CAJAMARCA
FECHA: 25/08/2025

APROBADO POR:
ASESOR: ING. LENIN FRANCHESCOLETH NUÑEZ PINTADO
CO-ASESOR: ING. EDUAR JAMÍS MEJÍA VÁSQUEZ
TESISTAS: BACH. EDUARDO RAYMUNDO TICLLA VELÁSQUEZ
BACH. LUIS ALBERTO BOÑÓN SILVA

LÁMINA: IE-01


ESQUEMA UNIFILAR TABLERO DE DISTRIBUCION
(1Ø, 220V, 60Hz, 40 Polos, M.D=25.49kW)
(TD de F°G°, Color: Electrostatica RAL 7035, IP: 65)
(CABLE DE CALIBRE 1 AWG CONCENTRICO)
2x20A
TD: (CABLE DE CALIBRE 2 AWG CONCENTRICO)
2x20A
paneles solares
N
viene de paneles solares
a llave termomagnetica
C-1
2x16A
2x25A, 30mA
(conductor de 14 AWG) THW-90 - 3/4"Ø, PVC-SAP; MD:3.2 KW
ALUMBRADO
C-2
2x10A
2x25A, 30mA
(conductor de 12 AWG) THW-90 - 3/4"Ø, PVC-SAP; MD:0.1 KW
RADIO
C-3
2x16A
2x25A, 30mA
(conductor de 12 AWG) THW-90 - 3/4"Ø, PVC-SAP; MD:1.44 KW
COMPUTADORA PORTATIL
C-4
2x16A
2x25A, 30mA
(conductor de 12 AWG) THW-90 - 3/4"Ø, PVC-SAP; MD:0.15 KW
IMPRESORA MULTIFUNCIONAL
C-5
2x16A
2x25A, 30mA
(conductor de 10 AWG) THW-90 - 3/4"Ø, PVC-SAP; MD:19.2 KW
REFRIGERADOR MEDIANO
C-6
2x16A
2x25A, 30mA
(conductor de 12 AWG) THW-90 - 3/4"Ø, PVC-SAP; MD:0.4 KW
VENTILADOR
C-7
2x16A
2x25A, 30mA
(conductor de 12 AWG) THW-90 - 3/4"Ø, PVC-SAP; MD:0.2 KW
CARGADOR DE CELULAR
C-8
2x16A
2x25A, 30mA
(conductor de 12 AWG) THW-90 - 3/4"Ø, PVC-SAP; MD:0.8 KW
TELEVISOR LED
1x16 mm2/T
20 mmØ P
ESC: 1/25
PAT
Rt < 15 Ohm
UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECANICA Y ELECTRICA
PLANO: PLANO DE DIAGRAMA UNIFILAR
LOCALIDAD : JAÉN
DISTRITO : JAÉN
PROVINCIA : JAÉN
REGIÓN : CAJAMARCA
ASESOR: ING. LENIN FRANCHESCO LETH NUÑEZ PINTADO
CO-ASESOR: ING. EDUAR JAMÍS MEJÍA VÁSQUEZ
TESISTAS: BACH. EDUARDO RAYMUNDO TICLLIA VELÁSQUEZ
BACH. LUIS ALBERTO SOLÍS SILVA
LÁMINA: IE-02