



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS
RENOVABLES



**“ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE
ENERGÍA DEL SISTEMA AISLADO HÍBRIDO SOLAR-
EÓLICO DE 1.0 kW EN LA SEDE AYABAÇAS DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA”**

**Elias Yucra Yanqui
Evelin Danitza Apaza Zela**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES**

**Asesor:
M.Sc. Reynaldo Condori Yucra**

**Co – asesora:
M.Sc. Luz Elizabeth Huanchi Mamani**



JULIACA - PERÚ

2025



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS
RENOVABLES



**“ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE
ENERGÍA DEL SISTEMA AISLADO HÍBRIDO SOLAR-
EÓLICO DE 1.0 kW EN LA SEDE AYABACAS DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA”**

Elias Yucra Yanqui
Evelin Danitza Apaza Zela

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES**

Asesor:
M.Sc. Reynaldo Condori Yucra

Co – asesora:
M.Sc. Luz Elizabeth Huanchi Mamani



JULIACA - PERÚ

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS
RENOVABLES



“ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE
ENERGÍA DEL SISTEMA AISLADO HÍBRIDO SOLAR-
EÓLICO DE 1.0 kW EN LA SEDE AYABACAS DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA”

Bach. Elias Yucra Yanqui

Bach. Evelin Danitza Apaza Zela

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES

Asesor:

M.Sc. Reynaldo Condori Yucra

Co – asesora:

M.Sc. Luz Elizabeth Huanchi Mamani

Juliaca, 2025

Ficha Catalográfica

Yucra, E. & Apaza, E. (2024). Análisis y evaluación de la producción de energía del sistema aislado híbrido solar-eólico de 1.0 kw en la sede Ayabacas de la Universidad Nacional de Juliaca. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Juliaca

AUTORES: Elias Yucra Yanqui

Evelin Danitza Apaza Zela

TÍTULO: Análisis y evaluación de la producción de energía del sistema aislado híbrido solar-eólico de 1.0 kw en la sede Ayabacas de la Universidad Nacional de Juliaca.

PUBLICACIÓN: Juliaca, 2025.

DESCRIPCIÓN: Cantidad de páginas (103pp).

NOTA: Tesis la Escuela profesional de Ingeniería en energías Renovables – Universidad Nacional de Juliaca.

CÓDIGO: 02-000038-02/A64

NOTA: Incluye bibliografía

ASESOR: M.Sc. Reynaldo Condori Yucra

PALABRAS CLAVE: Evaluación económica, potencial eólico, potencial fotovoltaico, producción de energía, sistema aislado híbrido.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS
RENOVABLES**

**“ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE
ENERGÍA DEL SISTEMA AISLADO HÍBRIDO SOLAR-
EÓLICO DE 1.0 kW EN LA SEDE AYABACAS DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN ENERGÍAS
RENOVABLES**

Presentada por:

Bach. Elias Yucra Yanqui

Bach. Evelin Danitza Apaza Zela

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dra. Vilma Sarmiento Mamani

PRESIDENTE DEL JURADO


1° MIEMBRO

Dr. Henry Pizarro Viveros

JURADO (Secretario)


2° MIEMBRO

M.Sc. Alex Mario Lerma Coaquira

JURADO (Vocal)


3° MIEMBRO


M.Sc. Reynaldo Condori Yucra

(ASESOR)


M.Sc. Luz Elizabeth Huanchi Mamani

(CO-ASESORA)

Elias Yucra Yanqui // Evelin Danitza Apaza Zela

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA DEL SISTEMA AISLADO HIBRIDO SOLAR-EOLICO DE 1.0KW

 Universidad Nacional de Juliaca

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:456279992

103 Páginas

Fecha de entrega

6 may 2025, 12:04 p.m. GMT-5

21.611 Palabras

Fecha de descarga

6 may 2025, 12:08 p.m. GMT-5

114.625 Caracteres

Nombre de archivo

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA DEL SISTEMA AISLADO HIBRIDO SOLA....pdf

Tamaño de archivo

5.5 MB



M. Sc. REYNALDO CONDORI YUCRA
ASESOR




11% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text
- Cited Text
- Small Matches (less than 12 words)

Top Sources

- 10%  Internet sources
- 1%  Publications
- 7%  Submitted works (Student Papers)

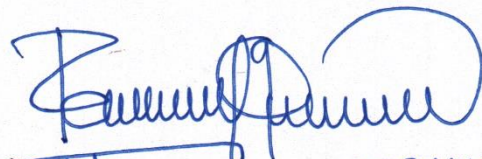
Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.



M.Sc. REYNALDO CONDORI YUCEA
ASESOR

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo, en primer lugar, a nuestros padres, cuyo amor, esfuerzo y apoyo han sido la base de nuestra formación y el impulso para alcanzar nuestras metas. A ellos, que con sacrificio y dedicación han hecho posible este logro, les expresamos nuestra eterna gratitud.

A las personas que ya no están en este mundo, pero que en vida nos brindaron su ejemplo, cariño y enseñanzas, y cuyo recuerdo nos motiva a seguir adelante, les dedicamos también este esfuerzo.

Y a nuestros seres queridos, quienes con su comprensión y apoyo incondicional han sido una fuente constante de ánimo y fortaleza a lo largo de este camino. A todos ellos, va nuestro más sincero agradecimiento y dedicatoria.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento a Dios, quien nos ha guiado y dado fuerzas en cada etapa de este proyecto de investigación. Sin Su guía y apoyo, no habríamos alcanzado este logro tan significativo en nuestras vidas.

Agradecemos de corazón a nuestros padres, cuyo amor, comprensión y sacrificio han sido fundamentales para nuestro desarrollo personal y académico. Su apoyo incondicional ha sido el pilar en cada paso de este proceso.

Nuestro sincero agradecimiento a nuestro asesor el Ing. Reynaldo Condori Yucra y nuestra co-asesora la Lic. Luz E. Huanchi Mamani por sus invaluable orientaciones, paciencia y dedicación a lo largo de este proyecto. Su conocimiento y compromiso han sido esenciales para el desarrollo de esta investigación.

A nuestros jurados, quienes con su experiencia y observaciones enriquecieron nuestro trabajo, permitiéndonos alcanzar un mayor nivel de calidad y precisión en nuestra investigación. Su contribución ha sido invaluable.

A nuestro querido amigo Víctor R.C. V., quien estuvo a nuestro lado en cada momento, brindándonos su apoyo y ánimo cuando más lo necesitábamos. Su amistad ha sido un estímulo constante durante este proceso.

Finalmente, extendemos nuestro agradecimiento a todas las personas que, de una u otra forma, contribuyeron a la realización de este proyecto de investigación. Su ayuda, consejo y apoyo nos motivaron a seguir adelante y culminar esta etapa.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	xiv
INTRODUCCIÓN	16
CAPÍTULO I.....	18
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.1. Descripción del problema.....	18
1.2. Preguntas de la investigación.....	20
1.2.1. Pregunta general.....	20
1.2.2. Preguntas específicas.....	20
1.3. Objetivos de la investigación.....	20
1.3.1. Objetivo general.....	20
1.3.2. Objetivos específicos.....	21
1.4. Justificación.....	21
1.4.1. Justificación Social.....	21
1.4.2. Justificación Teórica.....	21
1.4.3. Justificación Ambiental.....	22
1.4.4. Justificación Metodológica.....	22
CAPÍTULO II.....	23
REVISIÓN DE LITERATURA.....	23
2.1. Antecedentes de la investigación.....	23
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	23
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	24
2.1.3. Antecedentes locales.....	28
2.2. Marco teórico.....	29
2.2.1. Recurso Solar.....	29
2.2.2. Energía Solar.....	30
2.2.3. Radiación Solar.....	30

2.2.4.	Sistema fotovoltaico aislado.....	31
2.2.5.	Criterios generales de dimensionamiento.....	31
2.2.6.	Recurso eólico	32
2.2.7.	Energía eólica	33
2.2.8.	Sistema hibrido solar y eólica.....	33
2.2.9.	Factores del análisis económico	34
2.3.	Marco conceptual.....	36
2.3.1.	Sistema fotovoltaico	36
2.3.2.	Panel solar.....	37
2.3.3.	Controlador de carga	37
2.3.4.	Sistema de almacenamiento de energía.....	37
2.3.5.	Demanda energética	37
2.3.6.	El análisis económico	38
CAPÍTULO III		39
MATERIALES Y MÉTODOS.....		39
3.1.	Hipótesis de la investigación	39
3.1.1.	Hipótesis general	39
3.1.2.	Hipótesis específicos	39
3.2.	Metodología.....	40
3.2.1.	Ambito de estudio.....	40
3.2.2.	Diseño de investigacion.....	40
3.2.3.	Poblacion y muestra.....	41
3.2.4.	Materiales y Equipos	41
3.3.	Metodología para el análisis de generación del sistema fotovoltaico.....	41
3.3.1.	Panel solar.....	42
3.3.2.	Controlador de carga	43
3.3.3.	Inversor.....	44

3.3.4.	Bateria.....	45
3.4.	Metodología para el análisis de generación del sistema eólico	47
3.4.1.	Aerogenerador	47
3.4.2.	Diodo rectificador.....	48
3.4.3.	Controlador de carga	49
3.5.	Sistema de monitorización e instrumentación	50
3.5.1.	Cerbo GX.....	50
3.5.2.	Monitor de batería (smartshunt)	52
3.6.	Recolección de datos y uso computacional	54
3.7.	Metodología para evaluar la viabilidad económica del sistema	55
3.7.1.	Cálculo de la viabilidad económica:.....	56
3.7.2.	La energía total generada anual del sistema híbrido solar-eólico.....	57
3.7.3.	Cálculo del ahorro económico de la demanda de energía anual.....	58
3.7.4.	Cálculo del VAN	60
3.7.5.	Cálculo del TIR	61
3.7.6.	Cálculo del PRS.....	61
3.7.7.	Calculo del B/C	61
CAPÍTULO IV		62
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		62
4.1.	Resultados	62
4.1.1.	Demanda por zona	62
4.1.2.	Determinación de la necesidad energética.....	62
4.1.3.	Determinación de la demanda energética	64
4.1.4.	Representación de la necesidad energética.....	65
4.1.5.	Generación de energía del sistema	66
4.1.6.	Resultado del analisis economico.....	74
4.2.	Discusión.....	76

4.2.1.	Producción de energía del sistema híbrido	76
4.2.2.	Aportación porcentual energética del sistema fotovoltaico.....	77
4.2.3.	Aportación porcentual energética del sistema eólico	77
CAPÍTULO V.....		79
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		79
5.1.	Conclusiones	79
5.2.	Recomendaciones	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		81
ANEXOS		85

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Especificaciones técnicas del panel solar 360W	43
Tabla 2 Especificaciones técnicas del controlador	44
Tabla 3 Especificaciones técnicas del inversor	45
Tabla 4 Especificaciones técnicas de la batería Ritar DG (Gel) 12v/150Ah.....	46
Tabla 5 Especificaciones técnicas del aerogenerador eólico	48
Tabla 6 Especificaciones técnicas del controlador	50
Tabla 7 Especificaciones técnicas del Cerbo GX	51
Tabla 8 Especificaciones técnicas del monitor de baterías: BMV – 712 Smart. Bluetooth integrado.....	53
Tabla 9 Inversión del sistema hibrido solar-eólico.....	56
Tabla 10 La energía promedio generada mensual del sistema hibrido solar-eolico.....	57
Tabla 11 La energía generada anual del sistema	57
Tabla 12 Costo de energía anual de acuerdo al pliego tarifario	58
Tabla 13 Ahorro de energía anual	58
Tabla 14 Parámetros para la determinación de los escenarios 1,2 y 3	59
Tabla 15 Se muestra el comportamiento del flujo de caja en 25 años.....	60
Tabla 16 Demanda energética diaria por unidad de análisis	62
Tabla 17 Distribución horaria de carga por aparato de la demanda proyectada.....	63
Tabla 18 Distribución horaria de carga por aparato en el banco de cargas	65
Tabla 19 Promedios de generación horaria durante el mes de julio del 2023	67
Tabla 20 Promedios de generación horaria durante el mes de agosto del 2023	69
Tabla 21 Promedios de generación horaria durante el mes de setiembre del 2023	71
Tabla 22 Promedios de generación horaria durante el mes de octubre del 2023	73

Tabla 23 Resultado de la determinación de los factores económico para el escenario 1 ... 74

Tabla 24 Resultado de la determinación de los factores económico para el escenario 2... 75

Tabla 25 Resultado de la determinación de los factores económico para el escenario 3. .. 75

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Componentes existentes del sistema aislado implementado en la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables sede Ayabacas.....	19
Figura 2. Curva característica de un módulo fotovoltaico	32
Figura 3. Ubicación de la zona de estudio.....	40
Figura 4 Panel Solar Monocristalino SP360M6-72 de 360W.....	42
Figura 5. Controlador de carga Victron Energy SmartSolar MPPT 150/60-Tr.	43
Figura 6. Batería Ritar DG (Gel) 12v 150 Ah	45
Figura 7. Aerogenerador de modelo 300W	47
Figura 8 Puente rectificador de diodos monofásico.	49
Figura 9. Controlador MPPT marca Victron Energy.	49
Figura 10. Control de monitorización Cerbo GX.....	51
Figura 11. Smart Chunt y derivador BMV	52
Figura 12 Montaje de los componentes del sistema hibrido solar-eólico	54
Figura 13. Monitoreo avanzado del sistema fotovoltaico mediante la plataforma VRM de Victron Energy	55
Figura 14. Monitoreo en tiempo real del sistema híbrido mediante VictronConnect	55
Figura 15. Diagrama de carga horaria de la demanda proyectada	64
Figura 16. Diagrama de carga horaria para el banco de cargas.....	66
Figura 17. Generación de energía del sistema híbrido durante el mes de julio.....	68
Figura 18. Generación de energía del sistema híbrido durante el mes de agosto.....	70
Figura 19. Generación de energía del sistema híbrido durante el mes de setiembre.....	72
Figura 20. Generación de energía del sistema híbrido durante el mes de octubre	74

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Diagrama de instalación del sistema hibrido	85
Anexo 2. Montaje de estructura	86
Anexo 3. Montaje de los módulos fotovoltaicos	86
Anexo 4. Montaje de los componentes del sistema.....	87
Anexo 5. Gabinete de control.....	87
Anexo 6. Banco de cargas	88
Anexo 7. Implementación de caseta de control.....	88
Anexo 8. El montaje del sistema hibrido solar-eolico instalado en la universidad nacional de juliaca.....	89
Anexo 9. Ficha técnica del módulo fotovoltaico 340W-360W.....	90
Anexo 10 . Ficha técnica controladora de carga BlueSolar MPPT 100/15	92
Anexo 11. Ficha técnica controladora de carga BlueSolar MTTP 150/100.....	93
Anexo 12. Ficha técnica de la batería RITAR DG12-150Ah.....	94
Anexo 13. Ficha técnica Cerbo GX Touch 50	96
Anexo 14. Ficha técnica BMW- 712 Smart:bluetooth integrado.....	98
Anexo 15. Ficha técnica del inversor 12v/3000W	100
Anexo 16. Tabla del Flujo Económico anual para el escenario 2	102
Anexo 17. Tabla del Flujo Económico anual para el escenario 3	103

RESUMEN

En la región de Puno, a pesar de contar con un significativo potencial de recursos renovables, como el solar y eólico, siendo limitada su un aprovechamiento eficiente de la hibridación de estas fuentes de energía, debido a la carencia de investigaciones específicas sobre su comportamiento, su viabilidad y sus aplicaciones prácticas en las áreas rurales. Es indispensable analizar y evaluar la producción de energía de un sistema solar-eólico aislado de 1.0 kW. en relación con la demanda energética de una vivienda unifamiliar rural, representada mediante un banco de cargas en la sede Ayabacas de la Universidad Nacional de Juliaca. Este estudio se desarrolló a partir de una evaluación sistemática del potencial energético de los recursos solar y eólico y su evaluación económica del sistema en relación con la tasa de descuento de la tarifa eléctrica rural. Para lograr esto, se implementó la instrumentación necesaria que garantizó la hibridación de los sistemas aislados y el Cerbo GX se utilizó para el monitoreo y control de la producción de energía. Finalmente se logró satisfacer completamente la demanda energética diaria de una vivienda rural, estimada en 2016 Wh/día que se representó su consumo mediante un banco de cargas compuesto por luminarias led y se identificó que la radiación solar constituye la principal fuente de generación, con un aporte del 98.23%, mientras que el recurso eólico contribuyó con el 1.76% restante, En cuanto al análisis económico del sistema resultó viable, aunque con rentabilidad moderada, alcanzando una TIR del 11.3% superior a la tasa de interés aplicada y un VAN S/.9214.52 , esto confirma la preponderancia del recurso solar sobre el recurso eólico, evidenciando las características favorables para su aplicación en la región y fomentar investigaciones del aprovechamiento eólico para mejorar su eficiencia.

Palabras clave: Evaluación económica, potencial eólico, potencial fotovoltaico, producción de energía, sistema aislado híbrido.

ABSTRAC

In the Puno region, despite having significant potential for renewable resources such as solar and wind, efficient use of hybridized energy sources is limited due to the lack of specific research on their performance, viability, and practical applications in rural areas. It is essential to analyze and evaluate the energy production of a 1.0 kW isolated solar-wind system in relation to the energy demand of a rural single-family home, represented by a load bank at the Ayabacas campus of the National University of Juliaca. This study was developed from a systematic evaluation of the energy potential of solar and wind resources and its economic evaluation of the system in relation to the rural electricity tariff discount rate. To achieve this, the necessary instrumentation was implemented to guarantee the hybridization of the isolated systems, and the Cerbo GX was used to monitor and control energy production. Finally, it was possible to fully satisfy the daily energy demand of a rural home, estimated at 2016 Wh / day, whose consumption was represented by a load bank composed of LED luminaires and it was identified that solar radiation constitutes the main source of generation, with a contribution of 98.23%, while the wind resource contributed the remaining 1.76%. Regarding the economic analysis of the system, it was viable, although with moderate profitability, reaching an TIR of 11.3% higher than the applied interest rate and an VAN of S / .9214.52, this confirms the preponderance of the solar resource over the wind resource, evidencing the favorable characteristics for its application in the region and promoting research on wind power to improve its efficiency.

Key words: Economic evaluation, wind potential, photovoltaic potential, energy production, isolated hybrid system.

INTRODUCCIÓN

La creciente preocupación por los efectos ambientales del cambio climático y la dependencia de los combustibles fósiles ha impulsado el desarrollo y la adopción de fuentes de energía renovable en todo el mundo. Esta transición es particularmente relevante en áreas rurales y aisladas donde el acceso a la energía es limitado o inexistente debido a la falta de infraestructura y a las grandes distancias de las redes de distribución convencionales. La búsqueda de soluciones energéticas sostenibles y asequibles para estos lugares ha llevado a explorar sistemas de generación híbridos, que combinan diferentes fuentes renovables para cubrir las demandas energéticas de manera continua y eficiente.

La energía solar y la energía eólica son recursos renovables abundantes y, en muchos casos, complementarios. En zonas como Ayabacas, ubicada en la región de Puno, las condiciones climáticas presentan un alto índice de radiación solar y una disponibilidad moderada de vientos. Esto convierte a la zona en un sitio ideal para la implementación de un sistema híbrido solar-eólico, que puede aprovechar las ventajas de ambos recursos y compensar sus intermitencias naturales. Un sistema híbrido permite utilizar la energía solar durante el día, mientras que la energía eólica puede complementar la generación en las horas de menor radiación o en períodos nocturnos, maximizando así el aprovechamiento energético y garantizando una mayor estabilidad en el suministro.

El presente proyecto de investigación tiene como propósito analizar y evaluar la producción de energía de un sistema híbrido solar-eólico aislado de 1.0 kW en la sede Ayabacas de la Universidad Nacional de Juliaca, diseñado para abastecer la demanda energética de una vivienda unifamiliar rural. Este proyecto responde a una problemática energética y social significativa, ya que busca ofrecer una solución práctica y sostenible a las necesidades energéticas de poblaciones rurales en la región, donde la cobertura de la red eléctrica es limitada y, en muchos casos, inexistente.

En la actualidad, la sede Ayabacas de la Universidad Nacional de Juliaca cuenta con una infraestructura parcial de un sistema híbrido, el cual no está optimizado para un funcionamiento conjunto y no permite una medición detallada de la contribución de cada fuente. La falta de una instrumentación adecuada limita el análisis del rendimiento del sistema y dificulta su optimización para adaptarse a la demanda proyectada. Este proyecto

se propone complementar el sistema existente mediante la implementación de la instrumentación necesaria, que permitirá una monitorización y control precisos de la producción de energía tanto de la fuente solar como de la eólica.

La metodología de la investigación se basará en la recopilación y análisis de datos energéticos obtenidos de los recursos solar y eólico en Ayabacas. Mediante el uso de sensores de irradiancia solar, medidores de viento, controladores de carga, y un sistema de almacenamiento en baterías, se realizará un seguimiento detallado de la producción energética de cada componente y su capacidad para cubrir la demanda energética establecida para una vivienda rural. Además, el análisis incluirá una evaluación económica que permitirá comparar los costos de implementación y mantenimiento del sistema híbrido en relación con las tarifas eléctricas de la zona, evaluando su viabilidad a largo plazo y su impacto en el ahorro de energía y en la reducción de emisiones contaminantes.

Los resultados de esta investigación proporcionarán información valiosa sobre el rendimiento de sistemas híbridos en condiciones de alta radiación solar y baja a moderada disponibilidad de viento, ofreciendo un caso de estudio que podrá ser replicado en otras zonas con características similares. Además, el análisis económico permitirá entender las implicancias financieras de adoptar estos sistemas en áreas rurales, proporcionando una base para futuras inversiones y políticas de energía renovable en el Perú.

En conclusión, esta investigación plantea como una alternativa tecnológica y sostenible para el abastecimiento energético en áreas rurales, aprovechando los recursos renovables disponibles en la región de Puno y promoviendo la autonomía energética de comunidades aisladas. Los hallazgos y conclusiones que se obtendrán contribuirán al avance de la tecnología de generación híbrida y proporcionarán una base sólida para el desarrollo de proyectos de energías renovables en contextos similares.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema.

El actual contexto energético-ambiental ha calificado al sistema convencional de captación, transformación y distribución de energía como contaminante y perjudicial en escalas alarmantes de emisiones de CO₂; sin embargo, el constante incremento de la demanda energética hace imperiosa la necesidad de esta sinergia nociva para el desarrollo humano. Es por ello que, en la actualidad existen políticas globales para la implementación y desarrollo de alternativas renovables eficientes para garantizar un suministro de energía sostenible (Ge et al., 2022).

En el Perú, la política energética renovable se declaró como interés nacional y necesidad pública desde hace más de una década, promoviéndose el desarrollo y aprovechamiento de este tipo de recursos (OSINERGMIN, 2008). En este contexto, la matriz energética nacional, según el tipo de central, está compuesta por hidroeléctrica (50.80%), termoeléctrica (44.30%), solar (1.46%) y eólico (3.44%), observándose para los dos últimos un incremento porcentual anual de 2.40% y 7.19% respectivamente (COES, 2022). El aprovechamiento de recurso solar depende de las horas de sol y las condiciones climáticas favorables locales de la zona de aplicación durante el día, asimismo, el recurso eólico es codependiente de la variación térmica del ambiente (Schallenberg et al., 2008).

Para la ciudad de Juliaca, el potencial solar presenta mayores índices en las estaciones de primavera y verano con valores máximos durante el día en horas 11:00 y 12:00, de la misma forma, el recurso eólico presenta mayor incidencia en las estaciones de otoño e invierno, con mayor incidencia en horas de la noche y muy variable en dirección y en magnitud durante el día (Quiñonez, 2019; Huanca, 2017). En ese sentido se puede afirmar que las características intermitentes y dependientes climáticamente dificultan el desarrollo continuo deseado para el aprovechamiento del recurso solar y eólico; es así como el avance tecnológico presenta alternativas híbridas de generación aprovechando las características complementarias y codependientes del sol y el viento, siendo este generado por la variación irregular de temperatura de la superficie terrestre, apareciendo en mayor intensidad precisamente en ausencia del recurso solar, y, en consecuencia, este fenómeno también se propicia en sentido
64 inverso (Herrera, 2011).

En la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables sede Ayabacas existe la implementación incompleta de un sistema híbrido solar-eólico que no funciona codependientemente y además no permite la correcta extracción particular y conjunta de datos para poder analizar su funcionamiento, en la Figura 1 se describen los elementos existentes y el conexionado preliminar de dicho sistema.

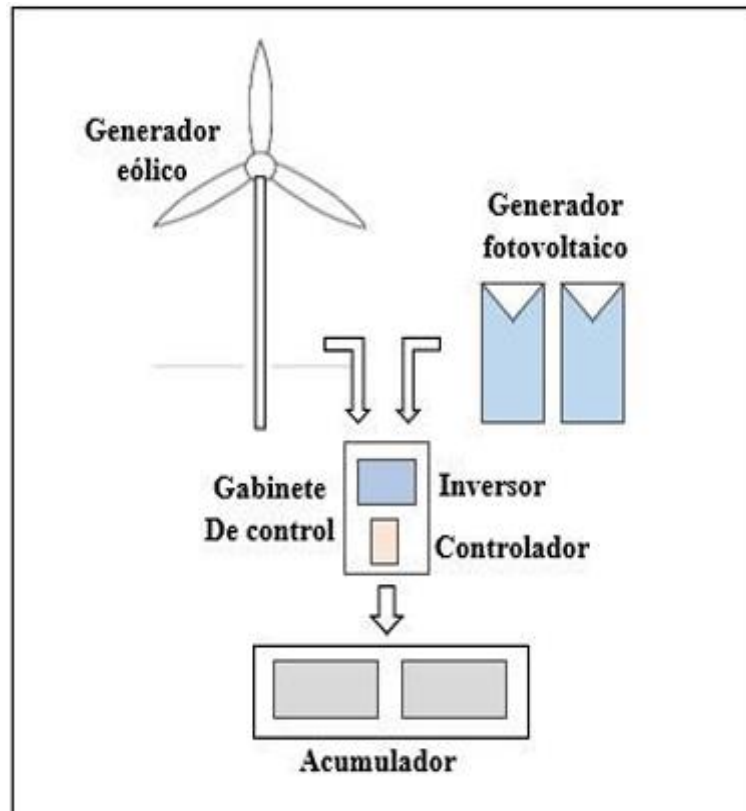


Figura 1 Componentes existentes del sistema aislado implementado en la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables sede Ayabacas.

Nota. Fuente elaboración propia

En este contexto, surge la necesidad de complementar de manera eficiente el sistema aislado híbrido existente en la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables implementando la instrumentación y el control necesario para abastecer la demanda energética a una vivienda unifamiliar rural representada mediante un banco de cargas en la sede Ayabacas de la Universidad Nacional de Juliaca, en función de la evaluación y análisis sistemático del potencial energético de cada recurso y la evaluación económica del sistema híbrido en función a la tasa de descuento de la tarifa eléctrica rural, esto con fines aplicativos futuros del sistema.

1.2. Preguntas de la investigación

1.2.1. Pregunta general

¿Cómo analizar y evaluar la producción de energía en función del potencial solar y eólico para un sistema aislado híbrido de 1.0 kW que abastezca la demanda energética de una vivienda unifamiliar rural representada mediante un banco de cargas en la sede Ayabacas de la Universidad Nacional de Juliaca?

1.2.2. Preguntas específicas

- ¿Cómo aportaría el potencial solar en la producción porcentual de energía de un sistema aislado híbrido de 1.0 kW respecto a la demanda energética de una vivienda unifamiliar rural representada mediante un banco de cargas en la sede Ayabacas de la Universidad Nacional de Juliaca?
- ¿Cómo aportaría el potencial eólico en la producción porcentual de energía de un sistema aislado híbrido de 1.0 kW respecto a la demanda energética de una vivienda unifamiliar rural representada mediante un banco de cargas en la sede Ayabacas de la Universidad Nacional de Juliaca?
- ¿Cómo influirá la evaluación económica del sistema híbrido de 1.0 kW con respecto a la tasa de descuento de la tarifa eléctrica rural de una vivienda unifamiliar representada mediante un banco de cargas en la sede Ayabacas de la Universidad Nacional de Juliaca?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Analizar y evaluar la producción de energía de un sistema aislado híbrido de 1.0 kW en función del potencial solar y eólico para abastecer la demanda energética de una vivienda unifamiliar rural representada mediante un banco de cargas en la sede Ayabacas de la Universidad Nacional de Juliaca.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar el potencial solar en el sistema aislado híbrido de 1.0 kW mediante el análisis del sistema de generación fotovoltaico, para determinar su aportación porcentual respecto a la demanda energética de una vivienda unifamiliar rural representada mediante un banco de cargas en la sede Ayabacas de la Universidad Nacional de Juliaca.
- Evaluar el potencial eólico en el sistema aislado híbrido de 1.0 kW mediante el análisis del sistema de generación eólico, para determinar su aportación porcentual respecto a la demanda energética de una vivienda unifamiliar rural representada mediante un banco de cargas en la sede Ayabacas de la Universidad Nacional de Juliaca.
- Evaluar económicamente el sistema híbrido de 1.0 kW en función a la tasa de descuento de la tarifa eléctrica rural de una vivienda unifamiliar representada mediante un banco de cargas en la sede Ayabacas de la Universidad Nacional de Juliaca.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación Social

El presente proyecto justifica su razón social en la mejora de la calidad de vida de las personas; que, tiene un concepto de amplio alcance que vincula, entre otros aspectos, la relación que tiene con su entorno para el desarrollo adecuado cada una de sus actividades, siendo inherente el acceso a la energía eléctrica en lugares donde existe indisponibilidad de suministro de la red de distribución pública por razones geográficas, específicamente en la zonas rurales de la región Puno como una alternativa técnica-económica focalizada; dando lugar a expectativas de progreso y desarrollo conjunto de la comunidad.

1.4.2. Justificación Teórica

El proyecto propuesto permitirá obtener mayor conocimiento sobre el dimensionamiento de sistemas aislados y sistemas híbridos de generación eléctrica, como también, se obtendrá datos energéticos sustanciales de disponibilidad de los recursos solar y eólico en la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables – Sede Ayabacas. Asimismo, el

monitoreo, procesamiento de datos y análisis económico aportará conocimiento de primera mano sobre la generación de energía en la zona de estudio y la producción de energía en la simulación de cargas. Además, se profundizará y desarrollará métodos de análisis económico en sistemas aislados de generación eléctrica con respecto a la tasa de descuento de la tarifa eléctrica rural aplicada en un contexto local y con normativa nacional vigente.

1.4.3. Justificación Ambiental

Las políticas globales en la actualidad incentivan al desarrollo e implementación de sistemas de suministro eléctrico con recursos renovables para así reducir de manera considerable las emisiones de gases contaminantes (Ge et al., 2022). Específicamente en el Perú, la política energética renovable se califica como una necesidad pública de interés nacional es por ello que el presente proyecto se plantea a la vanguardia del desarrollo energético sostenible medioambientalmente. Además, en el perfil profesional de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables se expone que el profesional efectúa proyectos que permiten la integración de fuentes convencionales con fuentes renovables disponibles en la región, para disminuir el impacto ambiental y el costo de facturación de un proyecto.

1.4.4. Justificación Metodológica

En la misma línea, el presente proyecto de investigación evidenciará la coherencia experimental de los datos procesados de la producción de energía, con respecto a una demanda promedio determinada con métodos descriptivos; además de validar los mismos con un análisis económico del sistema. Asimismo, se determinará descriptivamente el aporte porcentual de energía cada sistema aislado aplicando una instrumentación que permita un control y procesamiento de datos válidos y sujetos a análisis y evaluación.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Bautista (2022), investigó la implementación de una herramienta de monitorización y control para un sistema híbrido eólico-fotovoltaico con integración a la red eléctrica en Ibarra, Ecuador. Con el objetivo de instalar la instrumentación para monitorear y controlar un sistema híbrido solar-eólico integrado a la red eléctrica. Se utilizó componentes basados en Arduino, por cuestiones de disponibilidad y economía, destacándose la medición de los parámetros de voltaje, corriente y potencia del sistema. Se ha obtenido como resultado que el aporte máximo de generación del sistema fotovoltaico se dio predictivamente al medio día generando así un voltaje de 33 V, corriente de 20.55 A y una potencia de 678 W; sin embargo, el sistema eólico presentó aportes variables dependientes de la disponibilidad del recurso, empero mostró un aumento de incidencia en periodos de ausencia del recurso solar, teniendo como valor medio de voltaje de 17 V, corriente de 8.85 A y una potencia de 150 W.

Kumar et al. (2024) realizaron una investigación que consistió en el desarrollo y evaluación de un Convertidor Híbrido Luo integrado con un Seguimiento de Punto de Máxima Potencia (MPPT) unificado para sistemas tanto de red como independientes. El objetivo principal de este sistema híbrido es aprovechar de manera eficiente la energía de fuentes renovables intermitentes y variables mientras se elevan las entradas de energía de baja tensión a niveles aptos para la red eléctrica. Con el fin de poder maximizar la generación de energía de todas las fuentes renovables, se desarrolló un algoritmo MPPT unificado. El sistema híbrido desarrollado está compuesto por sistemas eólicos de 500 W y fotovoltaicos de 560 W, el convertidor Luo y el controlador MPPT incorporado. De esta forma, se presentó un análisis comparativo entre el rendimiento del sistema híbrido con el de algoritmos de control tradicionales. Finalmente, los autores demostraron que el prototipo del convertidor llega a validar la practicidad del enfoque propuesto.

Alshamri et al. (2024) realizaron un estudio de la eficiencia de los Sistemas de Energía Renovable Híbrida (HRES), que incluyen componentes eólicos, solares y de almacenamiento de baterías, con el fin de garantizar un rendimiento confiable a un costo accesible. Para lograr la eficiencia, los autores utilizaron una metodología HRES On-Off-grid implementada mediante MATLAB, la cual se apoya en un enfoque iterativo para alcanzar múltiples objetivos, equilibrando las restricciones económicas y de fiabilidad. Asimismo, la configuración óptima de los HRES se determinó mediante la evaluación de diversos escenarios relacionados con la gestión del flujo de energía y los precios de la electricidad.

Por otra parte, se desarrolló un modelo de batería para capturar el intercambio dinámico de energía entre las fuentes renovables solar y eólica, almacenamiento de baterías y la demanda energética. Un estudio de caso detallado en quince ubicaciones en Iraq, que incluye áreas de agua, desierto y urbanas, resalta la influencia significativa de la velocidad del viento local en la viabilidad y eficiencia de los HRES. Esta estrategia pudo reducir el tiempo de recuperación de 20.1 a 7.8 años, al disminuir la frecuencia de los ciclos de carga y descarga y mitigar la necesidad de reemplazar las baterías. El desarrollo de la presente tesis está alineado con los objetivos de la investigación mencionada, debido a que se tiene como objetivo lograr una capacidad del sistema híbrido que sea tanto técnica como económicamente viable, buscando maximizar la vida útil de las baterías en sinergia con las fuentes energéticas solar y eólica.

2.1.2. Antecedentes nacionales

En el contexto nacional, Chavez y Solis (2021) diseñaron un sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado para electrificación rural en el anexo quebrada Honda, distrito de Catache en la provincia de Cajamarca, cuyo propósito fue el de diseñar el mencionado sistema aislado a la red para así suministrar energía eléctrica a la zona de estudio aprovechando los recursos renovables eólico y solar; para ello utilizaron la revisión bibliográfica para determinar la irradiación y la velocidad del viento de la zona, asimismo se determinó una demanda energética basada en una potencia total de 4.64 kW para doce viviendas, procediéndose a dimensionar el sistema híbrido. Se obtuvo una demanda energética global de 33.22 kW/día (incluidas las pérdidas: 2768.88 Wh/día/vivienda), obteniéndose 01 panel fotovoltaico de 200 W, 01

aerogenerador de 500 W y 02 baterías de 138Ah y 12V para cada vivienda de análisis; asimismo, se tiene una energía generada del sistema fotovoltaico de 292.05 kWh/año lo que representa un 13.86% de la energía total y con respecto al sistema eólico se tiene una energía generada de 1,815.23 kWh/año representando el 86.14%. Cabe mencionar que la investigación, también realizó el análisis económico correspondiente determinándose al proyecto como viable y obteniéndose un VAN de S/3370.90 y un TIR de 12%.

Del mismo modo, Chercca (2014) investigó el aprovechamiento del recurso eólico y solar en la generación de energía eléctrica y la reducción de emisiones de CO₂ en el poblado rural la Gramita de Casma, con la finalidad de aprovechar los mencionados recursos y reducir las emisiones contaminantes para mejorar la calidad de vida y disminuir la contaminación ambiental, mediante la combinación óptima del sistema híbrido, para la realización del mencionado estudio se calculó la demanda energética a partir de la demanda máxima consumida, teniendo en cuenta la potencia instalada, la distinción de cargas de uso y los factores de simultaneidad; obteniéndose una demanda de 49.25 kWh/día, la cual fue satisfecha mediante la instalación de 28 paneles de 240W con una aporte porcentual de energía de 64% para la alternativa más destacada y un aerogenerador de 2 kW con un aporte porcentual del 36%.

En una fecha de aplicación anterior, Serván (2014) realizó un análisis técnico económico de un sistema híbrido de baja potencia eólico solar conectado a la red, cuyo objetivo fue de desarrollar un procedimiento metodológico de análisis técnico y económico del mencionado sistema de generación conectado a la red eléctrica. En ese sentido determinó la demanda energética promedio de 9.44 kWh/día para una vivienda de tres niveles de 280 m², ubicada en la playa Cangrejos, Piura, luego realizó un análisis estacionario del potencial energético de cada recurso utilizando datos meteorológicos proporcionados por la Universidad de Piura, dimensionando el sistema en cinco combinaciones, destacando la segunda con una potencia instalada de 2960 W, con 4 paneles Exiom Solution EX-240P de 960W y un aerogenerador Zonhan ZH-2000 de 20kW. Según los resultados se tiene que la energía solar representa el 39% de la energía total producida, mientras que, y la energía eólica representa el 61% restante y el valor de la energía y potencia, con respecto al costo de adquisición son de S/ 5.85 soles por kWh y S/ 8.00 soles por kW respectivamente,

que en virtud del análisis financiero concluye que se debería vender la energía producida por el sistema a S/ 1.72 por kWh para obtener una TIR de 3.58%.

Asimismo, Granados (2019) propuso un sistema de generación híbrido eólico fotovoltaico conectado a red para suministrar con energía eléctrica a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque, con el objetivo de abastecer la demanda total de energía eléctrica de la mencionada facultad, demostrando técnicamente la factibilidad del uso de energías renovables no convencionales aplicadas en la zona de estudio. Se aplicó la siguiente metodología: se analizaron las cargas y se obtuvo el valor de la demanda, para luego determinar los recursos eólicos y solares de la zona de estudio de la data proporcionada por la estación meteorológica semiprofesional ubicada en la zona de estudio, seguidamente se realizó seis análisis casuísticos combinatorios de diseño, de los cuales se discriminó la mejor opción para ser instalado y se determinó la viabilidad económica de la propuesta seleccionada. Obteniéndose como resultados una demanda energética promedio de 57.09 kWh/día, y para la mejor combinación seleccionada una potencia instalada de 6820 W, lo cual configura 02 aerogeneradores de 2500 W para un aporte porcentual de energía del 37.21% y 34 módulos fotovoltaicos cristalinos de 270W con un aporte porcentual energético de 62.79%, asimismo se determinó un VAN de S/ 9,287.50 y una TIR de 2.89%.

De manera transversal, Santa (2018) diseñó un sistema híbrido eólico-fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica del centro poblado Nueva Esperanza ubicado en el distrito de Catache Santa Cruz - Cajamarca. Cuyo propósito fue el de dimensionar un sistema híbrido eólico-fotovoltaico para suministrar energía eléctrica al centro poblado Nueva Esperanza en Cajamarca. Realizó la revisión bibliográfica respecto al dimensionamiento de los sistemas aislados y su conjunción en un sistema híbrido, el cual fue determinado de acuerdo a la demanda calculada sistemáticamente para la muestra de estudio y al análisis de los recursos energéticos disponibles en la zona de estudios. Como resultado obtuvo una demanda promedio de energía diaria de 12.84 kWh considerando para el diseño una radiación diaria de 4.47 kWh/m², y una velocidad y dirección de viento variable obtenidas de la estación meteorológica más cercana; respecto al diseño del sistema híbrido se tuvo la necesidad de 01 aerogenerador ENAIR 70 PRO, 18 paneles fotovoltaicos de 190 Wp, 08 baterías de

acumuladores 503 Ah, 01 reguladores de carga y 01 inversor 48/5000-230 V. Además, se obtuvo un costo referencial de S/ 250,748.74.

Así mismo Vasquez (2019) diseñó un sistema eléctrico híbrido eólico-solar simulado con Homer para atender la demanda eléctrica del caserío Lancheonchos -Chota-Cajamarca. Siendo su finalidad determinar el porcentaje de cuanto a su aporte de energía eólica y solar el cual satisfaga en el consumo energético y el costo de inversión de dicho del sistema híbrido. El procedimiento fue la obtención de información sobre el recursos renovable existente en la zona y procesamiento de datos meteorológicos obtenidos por la Nasa para dicho sistema . obteniendo una demanda de 31.840kWh para lo cual la velocidad del viento varía de 5,68 m/s a 7.80m/s y la irradiación solar de 4.61Kwh/m² y sus componentes del sistema es 01 aerogenerador ZONHAN de 1,5 kW ,28 paneles fotovoltaicos de 330 Wp, 24 baterías. En conclusión la contribución del aerogenerador es del 21,40 % y el generación solar 78,60 % y el presupuesto del sistema propuesto es de S/ 204 781,70.

Según el estudio de Gamarra (2019) en la que nos muestra un diseño de un sistema de generación de energía eléctrica híbrido eólico – solar para el fundo Huasache de la U.C.S.M. el motivo de esta investigación es la determinación de los recursos energéticos de dicho lugar de la Universidad de Santa María de Arequipa asimismo la determinación del costo del sistema híbrido. En la cual se hizo recopilación de los datos de clima del lugar, de los recursos energéticos como el viento y la irradiación solar. Por ende se pretende la implementación con tres aerogeneradores de 3 kW que son de eje horizontal BORNAY, y 32 paneles fotovoltaicos de 330Wp, p para cubrir un consumo energético de 13.420KW existente en el fundo de Huasacache, En fin el sistema híbrido en su aportación porcentual tiene Eólico, tiene el 52.2906% del sistema solar, y un 44.7094% para el sistema eólico y mostrando la rentabilidad económica en su inversión y mayor confiabilidad del servicio eléctrico con un costo de instalación de \$ 57,809.38.

López y Moscoso (2023) realizaron una investigación con fines educativos en el laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería de la Universidad Católica Santa María, que consistió en la implementación de un módulo de sistema híbrido de

generación eólica compuesta por una turbina de viento de 550W de potencia y 1.15 m de diámetro en álabes. Además, el sistema incluye un panel solar 150 W de potencia y una batería de tipo gel de 65 Ah. En base a las condiciones de radiación y viento de Arequipa, se obtuvo una proporción de 70% de energía solar fotovoltaica y un 30% de energía eólica. Como conclusión se pudo determinar que con la implementación del módulo se puede lograr diversos beneficios tanto en la reducción de gastos energéticos, como de forma académica debido a que se pudo demostrar experimentalmente lo previsto teóricamente de forma precisa y económica.

2.1.3. Antecedentes locales

En el contexto local, Chagua y Valdivia (2015) estudiaron experimentalmente la eficiencia de un módulo de generación eléctrica híbrida solar-eólica para la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica en Puno. El objetivo de dicho estudio fue de estudiar la eficiencia de manera experimental de un módulo de generación eléctrica híbrida solar-eólica, en la mencionada zona de estudio. Para lo cual, se realizó la recolección de la toma de datos en campo en las zonas escogidas de Salcedo, Ventanilla, Yanamayo y Llavini, utilizando como anemómetro, solarímetro y un multímetro, cada uno de características digitales. Luego se realizó el montaje del módulo híbrido de potencia nominal igual a 640 W representados por 02 paneles de 120 W y un aerogenerador de 400 W, utilizando los instrumentos de medición y el módulo se realizaron las pruebas de campo, obteniéndose que la velocidad del viento promedio de 5.10 m/s, radiación solar promedio de 1082.68 W/m², potencia generada promedio de 258.55 W, utilizando estos datos se hizo el tratamiento estadístico y cálculos de la eficiencia. Se demostró que en promedio, bajo las condiciones dadas y las zonas de estudio se obtuvo un aporte porcentual del sistema fotovoltaico de 71 % y del sistema eólico de 29%. Concluyéndose que la velocidad del viento, la radiación solar y la ubicación geográfica influyen en la eficiencia del módulo.

En el mismo contexto, Quiñonez et al. (2019) caracterizaron el recurso eólico en la ciudad de Juliaca, con el propósito de caracterizar el potencial explotable del mencionado recurso en la zona de estudio. El procedimiento metodológico describe una evaluación cuantitativa y cualitativa del recurso eólico para analizar las velocidades medias mensuales proporcionados del SENAMHI de los años 2013-

2014 y se relacionaron con la base de datos de la NASA, el análisis cualitativo del potencial eólico el cual se aplicó la distribución de Weibull. Se obtuvo como resultado que los valores de la velocidad media de la caracterización realizada con los datos de la NASA y del SENAMHI son similares, además existe mayor presencia de vientos en los meses de primavera y verano, además, la velocidad promedio mensual del viento está entre 2 y 3 m/s para una altura de 10 m del suelo, se alcanzó la máxima velocidad del viento que es de 6.56 m/s; concluyéndose que en la ciudad de Juliaca se pueden implementar generadores eólicos de pequeña potencia.

Además, Callata (2017) investigó la caracterización de los recursos eólico y solar de la ciudad de Juliaca, cuyo objetivo fue el de caracterizar el potencial aprovechable de los recursos eólico y solar de la ciudad de Juliaca. En este estudio se realizó la evaluación cuantitativa y cualitativa de los recursos eólico y solar con la revisión de los datos proporcionados SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología) - Puno y de la NASA, empleando un método estadístico de distribución de Weibull para el análisis del viento y para el análisis de la radiación solar en Juliaca se utilizó el método de Liu y Jordan. Encontró que el recurso eólico presenta mayor potencial en las estaciones de primavera-verano con una velocidad promedio representativa de 3 m/s a una altura de 25 m de altura, por otro lado, el recurso solar es abundante para una superficie inclinada de instalación a 15° aproximadamente, consiguiendo un promedio de insolación solar igual a 7087 kWh/m²/día.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Recurso Solar

El recurso se origina por la radiación solar, la energía solar es una fuente de energía de origen renovable, obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol.

La radiación solar que alcanza la Tierra ha sido aprovechada por el ser humano desde la Antigüedad, mediante diferentes tecnologías que han ido evolucionando con el tiempo desde su concepción. En la actualidad, el calor y la luz del Sol puede aprovecharse por medio de captadores como células fotovoltaicas, helióstatos o colectores térmicos, que pueden transformarla en energía eléctrica o térmica eléctrica (Chercca, 2014; Schallenberg et al., 2008). Por otro lado, la Irradiancia Solar es la

potencia solar incidente en una superficie por unidad de área (RISOL, 1999). Sus unidades son W/m².

2.2.2. Energía Solar

El sol es una fuente de energía formidable, como todas las estrellas, el Sol es un gigantesco reactor nuclear (su masa es del orden de 330000 veces la de la Tierra) en el que la masa se convierte en energía radiante continuamente. Está formada por diversos elementos en estado gaseoso (hidrógeno principalmente). Tiene un diámetro de 1,4 millones de km. En su interior existen elevadas presiones, y temperaturas de varios millones de grados, que hace que en el seno del Sol se produzcan, de manera continua, reacciones nucleares mediante las cuales dos átomos de hidrógeno se fusionan dando lugar al átomo de helio liberando una gran cantidad de potencia, del orden de 3891024 W, este es el origen de la energía solar. Esta energía por encontrarse a 150 millones de Km. llega en forma de radiación a la Tierra, la potencia que llega es de unas 10.000 veces mayor que la que proporciona todas las fuentes energéticas que el hombre emplea.

2.2.3. Radiación Solar

Es la energía electromagnética (del sol) emitida, transmitida o recibida (RISOL 1999), podemos considerarla también como una lluvia de pequeñas partículas llamadas fotones. Los fotones viajan a la velocidad de la luz ($c=3.108m/s$), independientemente de su longitud de onda λ , el comportamiento de la radiación solar está determinado por la ecuación $\lambda=c/v$, donde v es la frecuencia de la propagación de los fotones.

La radiación solar terrestre, como en la atmósfera se refleja parte de la radiación que llega del sol, y otra parte se absorbe, a la superficie de la tierra llega, lógicamente una cantidad menor que la que se tiene en el exterior de la atmósfera. Viene a ser de unos 900 W/m², la cual cambia dependiendo de la hora del día, del día del mes y del mes del año.

La radiación solar extraterrestre, es la cantidad de energía solar recibida por unidad de superficie y por unidad de tiempo (por término medio) sobre una superficie enfrentada al Sol (perpendicular a los rayos solares), situada en el límite de la

atmósfera, a la distancia media entre la tierra y el Sol cuyo valor medio es 1353 W/m^2 , esta radiación está formada aproximadamente en: 47% por el espectro visible, 46% por el espectro infrarrojo y 7% por el espectro ultravioleta Condori et al., 2019; Castejón y Santamaría, 2010).

2.2.4. Sistema fotovoltaico aislado

En cuanto al tipo de sistema conjunto de instalación de módulos fotovoltaicos para el suministro de energía, existe el sistema fotovoltaico aislado que cobra vital importancia cuando la necesidad radica en la indisponibilidad de suministro de la red de distribución pública ya sea por razones geográficas y/o económicas (Condori et al., 2019; Schallenberg et al., 2008).

Es característico de este tipo de sistema ostenta la necesidad de almacenar energía eléctrica en un periodo de tiempo definido para garantizar la continuidad del funcionamiento principalmente en la ausencia del recurso solar haciendo uso de baterías (Condori et al., 2019), cabe mencionar que este aspecto es el que ha encarecido y, en consecuencia, dificultado su implementación y accesibilidad a diferentes usuarios potencial como principal alternativa energética. Además, al igual que los sistemas conectados a red es imperioso el uso de inversores debido a las características de funcionamiento de la mayoría de aparatos electrodomésticos; es por ello, que el estudio y la implementación de ambos elementos es indispensable para dimensionar un adecuado sistema fotovoltaico.

2.2.5. Criterios generales de dimensionamiento

El propósito general del dimensionamiento de un sistema fotovoltaico es la determinación de la cantidad y características necesarias de cada uno de los componentes de dicho sistema (Abella et al., 2001). Cada cálculo está orientado y determinado de acuerdo a la demanda energética y condiciones climáticas de la zona de estudio. Entonces, es consecuente afirmar que han existido amplios y numerosos estudios respecto al dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos, uno de los más aceptados y extendidos por sus características didácticas y secuenciales es el método amperios-hora, el cual en esencia calcula la cantidad de energía necesaria que tiene que ser suministrada por el sistema fotovoltaico, teniendo en cuenta las pérdidas y

rendimientos de cada componente por separado y de manera sucesiva (Abella et al., 2001).

Además, existen diferentes parámetros que derivan del estudio de un módulo fotovoltaico, sin embargo, en el interés del dimensionamiento se analiza principalmente la intensidad de corriente, tensión, potencia y eficiencia bajo condiciones estándares establecidas de irradiación, temperatura del módulo y masa de aire que son de 1000 W/m^2 , 25°C y 1.5 respectivamente; éstos parámetros se caracterizan en curvas específicas de corriente vs tensión (I-V) y potencia vs tensión (P-V) las cuales se pueden visualizar en la Figura 2.

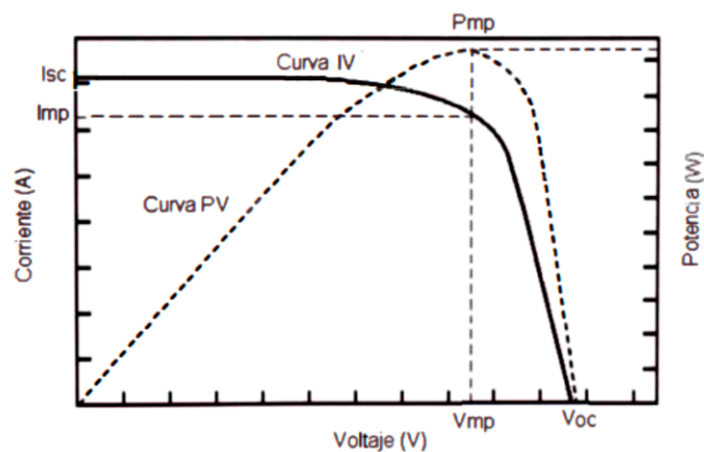


Figura 2. Curva característica de un módulo fotovoltaico

Nota: La imagen ha sido extraída de Gonzales (2015)

2.2.6. Recurso eólico

El recurso eólico hace referencia a la disponibilidad y características del viento en una ubicación específica, y es un factor determinante en la viabilidad de proyectos de energía eólica. La evaluación del recurso eólico considera aspectos como la velocidad promedio del viento, la variabilidad diaria y estacional, la dirección predominante y la altura a la que se produce el viento, factores que influyen directamente en el diseño y eficiencia de los sistemas eólicos. Un análisis detallado de este recurso permite identificar sitios óptimos para la instalación de aerogeneradores y maximizar su capacidad de generación de energía (Islam, Mekhilef, Saidur, Rahim, & Solangi, 2021).

La medición del recurso eólico suele realizarse mediante anemómetros y torres de medición a diferentes alturas, lo que permite recopilar datos representativos de las condiciones locales del viento. Estos datos son fundamentales para crear modelos que predicen la generación de energía en función de las condiciones climáticas, minimizando riesgos y optimizando la inversión en proyectos eólicos (Zhao et al., 2022).

2.2.7. Energía eólica

Peddapelli y Virtic (2023) la energía eólica se destaca como una de las opciones de energía renovable más preferidas debido a sus aspectos positivos, que incluyen, su abundancia, su incapacidad para generar gases dañinos y de producir energía a precios muy competitivos. Además, la generación de energía a partir de fuentes eólicas se puede lograr mediante el uso de turbinas eólicas que pueden ubicarse ya sea en regiones costeras o mar adentro.

Por otra parte, los autores señalan que generalmente, en ubicaciones marinas, los recursos eólicos presentan niveles más bajos de turbulencia y menos variaciones en la velocidad del viento. Esta disminución en la turbulencia permite que los aerogeneradores capturen más eficazmente la energía del viento y también reduce el desgaste de los aerogeneradores, lo que resulta en un aumento en su vida útil.

2.2.8. Sistema híbrido solar y eólica

Un sistema híbrido solar-eólico es una combinación de dos o más fuentes de energía renovable, en este caso, energía solar y eólica, diseñada para proporcionar un suministro de energía más confiable y continuo. La complementariedad entre ambas fuentes permite que el sistema compense la intermitencia de cada una: mientras que la energía solar es generada principalmente durante el día y en condiciones de alta radiación solar, la energía eólica puede producir electricidad en horarios nocturnos y en días nublados, siempre que existan condiciones de viento adecuadas (Ahmad et al., 2021).

Estos sistemas híbridos son particularmente útiles en áreas remotas o aisladas donde el acceso a la red eléctrica es limitado o inexistente. Al integrar ambas fuentes de energía, el sistema puede reducir la dependencia de los generadores diésel, disminuir

las emisiones de gases de efecto invernadero y proporcionar una solución de energía limpia y sostenible. La hibridación también permite un uso más eficiente de los recursos naturales disponibles, mejorando la estabilidad del suministro energético y reduciendo los costos de operación y mantenimiento a largo plazo (Ullah et al., 2022).

2.2.9. Factores del análisis económico

a. Valor Actual Neto (VAN)

En definitiva, podemos mencionar que la inversión será rentable si $VAN > 0$, y si $VAN < 0$, el proyecto no será muy confiable, así mismos interpretamos que el VAN nos mide la ganancia adicional que el proyecto genera para su dueño, comparada con la que habría conseguido sin el proyecto. (Mete, 2014; López R. 2020)

Según (Beltran y Salcedo 2016), para su determinación de los valores se utiliza la siguiente ecuación:

$$VAN = -I + \sum_{i=1}^n \frac{Qn}{(1+r)^n} \quad (1)$$

Donde:

Qn : Representa los flujos efectivos.

I : es el valor inicial de la inversión.

n : es el número de periodos

r : es la tasa de descuento de los flujos efectivos.

b. Tasa interna de rentabilidad (TIR)

En términos matemáticos, el TIR es aquella tasa de inversión que se igual a cero por lo tanto $VAN=0$ (Serván y Aldana 2013)

Para la determinación de aplica la siguiente ecuación según (Beltran y Salcedo 2016):

$$-I + \sum_{i=1}^n \frac{Qn}{(1+TIR)^n} = 0 \quad (2)$$

Por lo tanto

TIR: Donde representa la rentabilidad para el financista.

Qn: Representa los flujos efectivos.

I: Es el valor inicial de la inversión.

n: Es el número de periodos

r: Es la tasa de descuento de los flujos efectivos.

c. Periodo de recuperación simple (PRS)

Se observa en la ecuación el periodo de recuperación simple, siendo la cantidad de años que demora el flujo de efectivos para la reintegración de la capital más lo invertido en el proyecto (Beltrán y Salcedo 2016).

$$PRS = \frac{C - IG}{(Ce + CCap + Cren + Cgei) - (Co\&m + Celec)} \quad (3)$$

Por consiguiente:

C: es el costo inicial total del proyecto.

IG: el valor de los incentivos y subvenciones.

Ce: es el ahorro anual de energía y/o ingresos.

CCap: es la capacidad anual de ahorro y/o ingresos.

Cren: ingresos del crédito de producción anual de energía renovables.

Cgei: son los ingresos por la reducción de los gases de efecto invernadero.

Co&m: son los costos contraídos para mantenimiento-operación del proyecto.

Celec: es el costo anual de electricidad.

d. Relación beneficio costo (B/C)

Se determina la rentabilidad del proyecto con el criterio de beneficios reducidos entre los costos reducidos, para lograr la aceptación se seleccionan tres criterios en relación más optima de beneficio a costos con respecto a la unidad (Benito y Ruiz,2018).

$$BC = \frac{VAI}{VAC} \quad (4)$$

Donde:

VAI: Es el valor actual de los ingresos totales netos o beneficios netos

VAC: Es el valor actual de los costos de inversión o costos totales

Así mismo si:

$B/C < 1$: Los costos son mayores que los beneficios, por lo cual no se considerar el proyecto de investigación como algo rentable.

$B/C = 1$: Los beneficios son iguales a los costos, por lo que concluimos que no se logran ganancias.

$B/C > 1$: Los beneficios superan los costos, por general el proyecto es rentable.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Sistema fotovoltaico

Es una agrupación de elementos, también denominados componentes básicos, que incluyen paneles fotovoltaicos, regulador, baterías eléctricas e inversor, así como también las instalaciones y conductores, dichos elementos funcionan en conjunto con la finalidad de suministrar energía eléctrica para satisfacer la demanda energética planteada a partir de la conversión de la energía procedente del sol (Bautista, 2022; Chercca, 2014).

2.3.2. Panel solar

También llamado módulo fotovoltaico es el ordenamiento agrupado de células fotovoltaicas que colectan la radiación solar y que genera el flujo de electrones bajo el efecto fotovoltaico para obtener energía eléctrica (Chercca, 2014; Schallenberg et al., 2008). Además, dicho arreglo debe suministrar valores adecuados de corriente y tensión, ya que una sola célula fotovoltaica no posee características aplicables a la industria, asimismo, de forma mecánica, debe proporcionar aislamiento, manejabilidad y rigidez necesaria para ser aplicados en la industria eléctrica (Condori et al., 2019; Castejón y Santamaría, 2010).

2.3.3. Controlador de carga

Es aquel instrumento que se posiciona entre el arreglo fotovoltaico, la batería y el suministro, instalado con la finalidad de asegurar el acople adecuado entre los mismos y garantizar el funcionamiento a escalas pertinentes, asegurando el proceso de carga y descarga de la batería, y así su uso prolongado; así como también el suministro de energía en el momento necesario (Mertens, 2014).

2.3.4. Sistema de almacenamiento de energía

Es un conjunto de baterías donde se producen reacciones químicas reversibles que hacen posible el almacenamiento de energía con el objetivo de suministrarla en momentos de baja o nula insolación. Este proceso ocurre en la transformación de energía eléctrica proporcionada por los módulos fotovoltaicos en energía química (carga), para luego propiciar la transformación inversa (descarga), esto cuando los requerimientos energéticos no son satisfechos, traduciéndose en un constante ciclo durante su vida útil.

2.3.5. Demanda energética

Es la estimación de la energía media diaria requerida del sistema, requerida para el funcionamiento de los aparatos eléctricos, esta se obtiene a partir de las especificaciones técnicas y de la delimitación temporal de uso de los mismos; adicionando el nivel de seguridad deseado respecto a la autonomía proyectada del sistema (Castejón y Santamaría, 2010).

Sistema eólico

Lu y Zhou (2018) definen al sistema eólico como aquel sistema que convierte la energía cinética del viento capturada por los aerogeneradores en energía mecánica rotativa. Esta energía es luego transferida al eje del generador mediante un dispositivo de transmisión, donde el generador la convierte en energía eléctrica. Además de los aerogeneradores y generadores, el sistema de generación de energía eólica incluye componentes como dispositivos de control, almacenamiento de energía, fuentes de alimentación de respaldo y otros sistemas auxiliares.

2.3.6. El análisis económico

Es un Indicador que nos ayuda a analizar a lo largo del tiempo la rentabilidad de los proyectos, que son financiados por los inversionistas. (Armando Serván Sócola - y Marcelo Aldana 2013)

a. El Valor Actual Neto (VAN)

Es la presentación de los flujos efectivos netos de una propuesta de inversión, donde se actualiza una tasa alternativa de descuento, basándose en la medición de la tasa mínima de rendimiento requerida para que un proyecto recupere la inversión, financie los costos y logre beneficios.

b. Tasa interna de rentabilidad (TIR)

Es una tasa de descuento que muestra la rentabilidad promedio porcentual de un período que resulta por las inversiones que perduran en el proyecto.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Hipótesis de la investigación

3.1.1. Hipótesis general

En función del potencial solar y eólico del sistema híbrido de 1.0 kW se determinará la producción total de energía que abastecerá la demanda energética de una vivienda unifamiliar rural representada mediante un banco de cargas en la sede Ayabacas de la Universidad Nacional de Juliaca.

3.1.2. Hipótesis específicos

- La Mediante el análisis del sistema de generación fotovoltaico se evaluará el potencial solar en el sistema aislado híbrido de 1.0 kW y así se determinará su aportación porcentual respecto a la demanda energética de una vivienda unifamiliar rural representada mediante un banco de cargas en la sede Ayabacas de la Universidad Nacional de Juliaca.
- Mediante el análisis del sistema de generación eólico se evaluará el potencial eólico en el sistema aislado híbrido de 1.0 kW y así se determinará su aportación porcentual respecto a la demanda energética de una vivienda unifamiliar rural representada mediante un banco de cargas en la sede Ayabacas de la Universidad Nacional de Juliaca.
- El sistema híbrido de un 1.0 kW será rentable respecto a la tasa de descuento de la tarifa eléctrica rural de una vivienda unifamiliar representada mediante un banco de cargas en la sede Ayabacas de la Universidad Nacional de Juliaca.

3.2. Metodología

3.2.1. Ambito de estudio

El ámbito de estudio se realizó en la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables – Sede Ayabacas de la Universidad Nacional de Juliaca, San Román, Puno, Perú. La cual este situado en las coordenadas 15°24'34'' S, 70°05'26'' W y 3833 m de altitud, cuya ubicación geográfica se muestra en la Figura 3.



Figura 3. *Ubicación de la zona de estudio*

Nota. Extraída del Google earth

3.2.2. Diseño de investigacion

El tipo de investigación de este proyecto es aplicada, debido a que se consideraron aspectos conceptuales y teóricos de generación y producción de energía donde se utilizó la instrumentación correspondiente para medir los parámetros necesarios y se determinó la viabilidad económica del sistema propuesto. teniendo un nivel de investigación es experimental, transversal y prospectivo. En la cual, se describió y establecido la relación, mediante la recolección de datos experimentales, de la implementación de los sistemas aislados eólico y fotovoltaico con la producción de

energía respecto a la demanda promedio de una vivienda unifamiliar ubicada en la sede Ayabacas de la Universidad Nacional de Juliaca, donde se realizó la recolección de los datos de manera controlada y en un periodo de tiempo determinado según el cronograma.

3.2.3. Poblacion y muestra

De acuerdo a un muestreo no probabilístico de carácter intencional se identifica la población igual a la muestra que componen el sistema híbrido solar-eólico que satisface a la demanda promedio de una vivienda unifamiliar de 1.0 kW ubicada en la sede Ayabacas de la Universidad Nacional de Juliaca.

3.2.4. Materiales y Equipos

- Panel solar
- Controladores de carga
- Inversor
- Batería
- Aerogenerador
- Diodo rectificador
- Cerbo GX
- Smartshunt
- Tableros
- Banco de cargas

Utilización de software: Portal Vrm victron, office Excel, sketchup

3.3. Metodología para el análisis de generación del sistema fotovoltaico

Para analizar la generación de energía fotovoltaica en el sistema híbrido aislado sé consideró dos pasos muy importantes:

- **Ubicación e instalación del sistema fotovoltaico.** - Los módulos fotovoltaicos están instalados en la azotea de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías

Renovables y Eficiencia Energética (EPIER), sede Ayabacas. Estos módulos se encuentran montados sobre una estructura de soporte metálico con una inclinación de 15° y orientación al norte geográfico, optimizando así la captación de radiación solar.

- **Configuración del sistema fotovoltaico.** – el módulo fotovoltaico está conectado a un controlador de carga, el cual regula la energía generada antes de almacenarla en un banco de baterías. Además, el sistema cuenta con un Cerbo GX, encargado de la adquisición y monitoreo de datos en tiempo real, registrando valores de tensión y corriente. Los componentes del sistema fotovoltaico son:

3.3.1. Panel solar

En el lugar de estudio, se han incorporado dos paneles solares monocristalinos modelo SP360M6-72, así como se muestra en la Figura 4, cada uno con una potencia máxima de 360 W. Este módulo fotovoltaico, es un dispositivo que convierte la energía de la radiación solar en electricidad mediante el efecto fotovoltaico. Está compuesto por varias células fotovoltaicas que generan electricidad al estar expuestas a la luz solar (Mertens, 2014). La eficiencia de los paneles solares depende de factores como la calidad de las células, la intensidad de la radiación solar y la temperatura (Chercca, 2014). En la Tabla 1 se muestran las especificaciones técnicas.

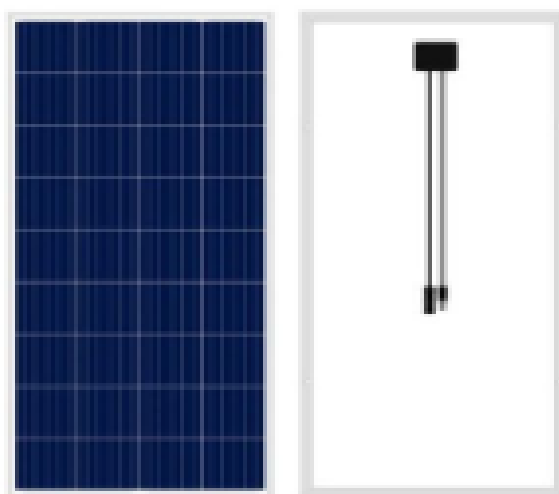


Figura 4 Panel Solar Monocristalino SP360M6-72 de 360W.

Nota. La imagen fue extraída de SpolarPV Technology (2023)

Tabla 1

Especificaciones técnicas del panel solar 360W

Datos eléctricos	
Modelo	SP360M6-72
Potencia máxima (Pmax/ W)	360W
Voltaje de potencia máxima (VmpN)	39V
Corriente de potencia máxima (Imp/A)	9.23 ^a
Voltaje de circuito abierto (Voc/V)	47.6V
Corriente de cortocircuito (Isc/A)	9.74 ^a
Eficiencia del módulo (%)	18.5

Nota. La tabla muestra los Especificaciones técnicas del panel solar.

3.3.2. Controlador de carga

En la Figura 5, se muestra un controlador de carga fotovoltaico de la marca Victron Energy modelo SmartSolar MPPT 150/60-Tr. El cual ha sido utilizado para la parte de generación fotovoltaico, este dispositivo permite trabajar con sistemas de 12V o 24V en corriente continua.

Según el fabricante de controladores e inversores Victron Energy B.V. (2020) define el controlador MPPT como aquel capaz de elegir el punto de máxima potencia con el fin de obtener el máximo rendimiento de un panel fotovoltaico y su ficha tecnica se muestra en la Tabla 2.



Figura 5. Controlador de carga Victron Energy SmartSolar MPPT 150/60-Tr.

Nota. La imagen ha sido extraída de Victron Energy (2022).

Tabla 2*Especificaciones técnicas del controlador*

Parámetros eléctricos	Valores
Controlador de carga solar	MPPT 100/15
Tension de la batería	Selección automática: 12/24V
Corriente de carga nominal	15A
Potencia FV nominal	220W
Max. Corriente de cortocircuito	15A
Tension maxima del circuito abierto FV	100v
Autoconsumo	12v: 20mA 24v: 10mA
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal hasta 40°C)
Humedad	95%, sin condensación

Nota. La tabla muestra las especificaciones técnicas del controlador.

3.3.3. Inversor

En la Tabla 3 se muestra las especificaciones del inversor que hemos utilizado para este proyecto de investigación, de modelo BS-3000P, el cual cumple la función de convertir la energía almacenada en corriente continua (CC) a corriente alterna (CA), permitiendo así el suministro eléctrico para la simulación del banco de cargas que se ha considerado para el presente estudio.

El autor (Víctor et al., 2021) define el concepto del inversor como un dispositivo que convierte la corriente continua (CC) almacenada en las baterías en corriente alterna (CA), que es la forma de electricidad utilizada por la mayoría de los electrodomésticos y dispositivos eléctricos. La eficiencia del inversor es crucial para minimizar las pérdidas durante la conversión de energía.

Tabla 3*Especificaciones técnicas del inversor*

Modelo	BS-3000P
Potencia continua	3000W
Potencia pico	120% < Carga < 150% de potencia nominal por 10s / 150% < Carga < 200% de potencia nominal por 2 segundos
Dimensiones	360x220x150
Voltaje de entrada CC	10.5V - 16Vcc (Modelo 12V)
Voltaje salida	220V-240 VAC +1%
Frecuencia salida	50 /60 Hz + 1% o (baja frecuencia)
Eficiencia	> 85%
Forma de onda	Onda senoidal pura

Nota. La tabla muestra los Especificaciones técnicas del inversor.

3.3.4. Batería

Se ha utilizado una única batería de gel modelo Ritar DG, con una tensión nominal de 12V y una capacidad de 150 Ah. Tal como se muestra en la Figura 6. la cual ya se encontraba previamente instalada en el lugar de estudio. Esta batería fue aprovechada para su almacenamiento de energía del sistema híbrido solar-eólico, su ficha técnica se muestra en la Tabla 4 . Su función es el almacenamiento de energía que permite acumular la electricidad generada para su uso en momentos en los que la generación no es suficiente para cubrir la demanda. En sistemas híbridos, las baterías son esenciales para asegurar un suministro continuo de energía, especialmente en periodos de baja producción solar o eólica (Burkhard et al., 2021; Mertens, 2014).

**Figura 6.** *Batería Ritar DG (Gel) 12v 150 Ah*

Nota. Extraída de Victron Energy (2022)

Tabla 4*Especificaciones técnicas de la batería Ritar DG (Gel) 12v/150Ah*

Especificaciones	valores
Celda por unidad	6
Voltaje por unidad	12
Capacidad	150Ah
Peso	Aprox. 44.5Kg (tolerancia $\pm 1.5\%$)
Resistencia interna	Aprox. 6.0 m ω
Terminal	F12 (M8)/F5(M8)
Corriente de descarga máxima	1500A
Vida útil	15 años (carga flotante)
Corriente de carga máxima	30.0A
Capacidad de referencia	C3 102.3AH
	C5 113.5AH
	C10 130.0AH
	C20 150.0AH
Voltaje de carga flotante	13.6 Temperatura Compensativo: - 3mV/°C/CellV~13.8 V @ 25°C 14.2 V~14.4 V @ 25°C
Voltaje de uso de ciclo	Temperatura Compensativo: - 4mV/°C/Cell Descarga: -40°C~60°C
Rango de temperatura de funcionamiento	Carga: -20°C~50°C Almacenamiento: -40°C~60°C
Temperatura normal	25°C \pm 5°C
Autodescarga	Las baterías de ácido de plomo reguladas por válvula (VRLA) de RITAR pueden ser almacenado por hasta 6 meses a 25°C, y luego recargar es recomendado. La tasa de auto descarga mensual es menor del 3 % a 25 °C. Cargue las baterías antes de usarlas.

Nota. La tabla muestra los Especificaciones técnicas de la batería.

3.4. Metodología para el análisis de generación del sistema eólico

El aerogenerador del sistema híbrido aislado está instalado en la azotea de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables y Eficiencia Energética (EPIER), sede Ayabacas, junto a los módulos fotovoltaicos. Para garantizar un mejor aprovechamiento del recurso eólico, el aerogenerador está montado sobre una estructura de soporte con un tubo circular de 3 pulgadas de diámetro y una altura aproximadamente de 10 metros, permitiendo minimizar interferencias y maximizar la captura del viento disponible en la zona, los componentes para sistema eólico son:

3.4.1. Aerogenerador

Para el presente proyecto de investigación como se observa en la Figura 7 se ha utilizado un aerogenerador modelo Black 300W, sus especificaciones técnicas se muestran en la Tabla 5 el cual ya se encontraba previamente instalado en el sitio de estudio.

Según el autor (Manwell, McGowan, & Rogers, 2010). Define el aerogenerador como un dispositivo que transforma la energía cinética del viento en energía eléctrica. Funciona mediante palas conectadas a un generador, el cual convierte la energía mecánica del movimiento rotacional en electricidad utilizable. La eficiencia de un aerogenerador depende de la velocidad del viento y de la ubicación de la instalación (Serván, 2014).



Figura 7. *Aerogenerador de modelo 300W*

Nota. Elaboración propia.

Tabla 5*Especificaciones técnicas del aerogenerador eólico*

Características del aerogenerador	Black 300w
Hélice	3 hojas
Material	Carbón nylon
Diámetro del rotor	1.22 m
Generador	Permanente, direct drive
Voltaje	12V DC (24V, 48V disponible)
Rendimiento a 9.36 m/s	343W (máx. 450 a 12 m/s)
Velocidad mínima de carga	1.8 m/s
Peso de generador	15 kg
Medidas y peso del paquete	70cm*40cm*21cm (18kg)
Área	1.7m ²
Potencia nominal	343 W

Nota. La tabla muestra los Especificaciones técnicas del aerogenerador.

3.4.2. Diodo rectificador

El aerogenerador produce una energía en corriente alterna (AC) trifásico, para lo cual utilizamos tres diodos rectificadores monofásicos que se muestra en la Figura 8. Estos dispositivos electrónicos permiten rectificar la señal alterna (AC), proporcionando una salida de corriente continua (DC). Están compuestos por cuatro terminales, donde las entradas marcadas como “AC” se conectan a la salida del aerogenerador, y las salidas marcadas como “+” y “-” proporcionan una señal continua que es dirigida al controlador fotovoltaico Victron Energy MPPT 12/24V, permitiendo así la regulación y el almacenamiento de la energía generada del sistema.



Figura 8 Puente rectificador de diodos monofásico.

Nota. La imagen a sido extraída de Mouser Electronics (2024).

3.4.3. Controlador de carga

En la Figura 9, se muestra un controlador de carga fotovoltaico de la marca Victron Energy, modelo MPPT 100/15. El cual a sido utilizado para la parte de generación eólico, este dispositivo permite trabajar con sistemas de 12V o 24V en corriente continua y su ficha técnica se muestra en la Tabla 6.

Según el fabricante de controladores e inversores Victron Energy B.V. (2020) define al controlador MPPT como aquel capaz de elegir el punto de máxima potencia con el fin de obtener el máximo rendimiento de un panel fotovoltaico. Este equipo ajusta su voltaje de entrada para recolectar la máxima potencia y luego transformará esta potencia para suministrar el requerimiento de voltaje variable de la batería.



Figura 9. Controlador MPPT marca Victron Energy.

Nota. La imagen ha sido extraída de Victron Energy (2022).

Tabla 6*Especificaciones técnicas del controlador*

Parametros eléctricos	Valores
Controlador de carga solar	MPPT 100/15
Tension de la batería	selección automática: 12/24V
Corriente de carga nominal	15A
Potencia FV nominal	220W
Max. Corriente de cortocircuito	15A
Tension maxima del circuito abierto FV	100v
Autoconsumo	12v: 20mA 24v: 10mA
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal hasta 40°C)
Humedad	95%, sin condensación

Nota. La tabla muestra las especificaciones técnicas del controlador.

3.5. Sistema de monitorización e instrumentación

En la Figura 10 se muestra control de monitorización Cerbo GX este dispositivo se utilizó para la monitorización del sistema híbrido solar-eólico, que permite la visualización y gestión de los datos operativos en tiempo real. La información recopilada por el sistema se sincroniza y almacena en la plataforma web VRM (Victron Remote Management) de Victron Energy, donde es posible acceder a registros históricos, monitorear la producción de energía en tiempo real y descargar los datos para su posterior análisis. Esto permite evaluar el porcentaje de la producción de energía del sistema y optimizar su rendimiento.

3.5.1. Cerbo GX

El autor Victron Energy (2022) indica que el Cerbo GX es un dispositivo de monitoreo y control centralizado para sistemas híbridos, que permite supervisar en tiempo real la producción de energía, el estado de las baterías y el consumo. También ofrece acceso

remoto mediante pantalla o aplicación móvil, lo que facilita la optimización y gestión eficiente de sistemas aislados su ficha técnica se muestra en la Tabla 7 .



Figura 10.Control de monitorización Cerbo GX.

Nota. Extraída de Victron Energy (2022)

Tabla 7

Especificaciones técnicas del Cerbo GX

Especificaciones	Valores
Tensión de alimentación	8 -70V DC
Montura	Pared o carril
VE. Bus (siempre aislado)	2 zócalos RJ45 en paralelo
Rango de temperatura de funcionamiento	De -20 a +50°C
Dimensiones exteriores	87*128*12.4 mm
Longitud de cable	2 metros

Nota. La tabla muestra los Especificaciones técnicas del cerbo GX.

3.5.2. Monitor de batería (smartshunt)

En la Figura 11 se muestra monitor de batería Victron Energy BMV-712 Smart, cuya función principal es supervisar de forma precisa el estado de carga y descarga de la batería, así como otros parámetros eléctricos fundamentales para el control del sistema híbrido. Voltaje (V) Corriente (A) Potencia (W) Energía acumulada (Ah) y Estado de carga (SOC, en %) y su ficha técnica se muestra en la Tabla 8.

Así mismo, el autor (Victron Energy, 2022). El monitor de batería permite medir en tiempo real el estado de carga, voltaje y corriente de la batería. Su uso en sistemas híbridos es esencial para evitar descargas profundas y alargar la vida útil del banco de baterías. El modelo utilizado, Victron BMV-712 Smart, incluye Bluetooth para monitoreo desde dispositivos móviles.

Su implementación dentro del sistema híbrido ha sido clave para realizar un seguimiento constante del comportamiento de la batería Ritar DG 12V 150Ah, facilitando tanto la operación como la toma de decisiones respecto al uso eficiente de la energía almacenada.



Figura 11. Smart Chunt y derivador BMV

Nota. Extraída de Victron Energy (2022)

Tabla 8

Especificaciones técnicas del monitor de baterías: BMV – 712 Smart. Bluetooth integrado

Tensión de alimentación	6,5 -70VCC
Drenaje de corriente; luz trasera apagada	< 1mA
Rango de tensión de entrada, batería auxiliar	6,5 – 70VCC
Capacidad de la batería Ah	1 - 9999Ah
Temperatura de trabajo	-40 +50°C (-40 - 120°F)
Mide la tensión de una segunda batería, o la temperatura o el punto medio	Si
Rango de medición de la temperatura	-20 +50°C
Puerto de comunicación VE. Direct	Si
Relé biestable	60V/1A normalmente abierto (la función puede invertirse)
Corriente	± 0,01A
Tensión	± 0,01V
Amperios/hora	± 0,1 Ah
Estado de carga (0-100%)	± 0,1%

Nota. La tabla muestra las especificaciones técnicas del monitor de batería.

Los materiales y equipos mencionados se encuentran instalados en la caseta de control y monitoreo tales como: panel solar, aerogenerador, controladores de carga, banco de batería, sistemas de protección, inversor, banco de cargas y Cerbo GX para la adquisición de datos como tensión y corriente. Así como se muestra en la siguiente Figura 12.

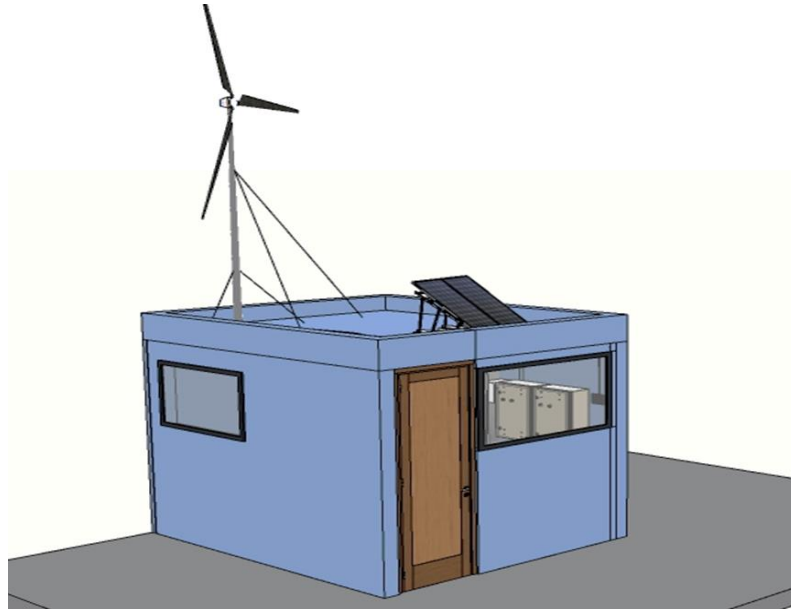


Figura 12 Montaje de los componentes del sistema híbrido solar-eólico

Nota. La imagen fue elaboración propia

3.6. Recolección de datos y uso computacional

Para la recolección de datos se realizó mediante la plataforma Victron Remote Management (VRM) como se muestra en la Figura 13, la cual permitió supervisar en tiempo real la producción de energía solar y eólica, el estado de carga de la batería y el consumo del sistema. Esta información fue clave para evaluar el rendimiento del sistema en condiciones reales. Los datos obtenidos en tiempo real del sistema híbrido mediante VictronConnect fueron exportados y analizados mediante gráficas en Microsoft Excel, lo que permitió interpretar el comportamiento energético e identificar el aporte porcentual de cada fuente de generación dentro del sistema híbrido.

Además, para el diseño físico y estructural del sistema, se utilizó el software SketchUp, mediante el cual se elaboraron modelos tridimensionales de la caseta de control, distribución de equipos e instalación completa del sistema híbrido, brindando una visión detallada de la disposición técnica y espacial de los componentes.

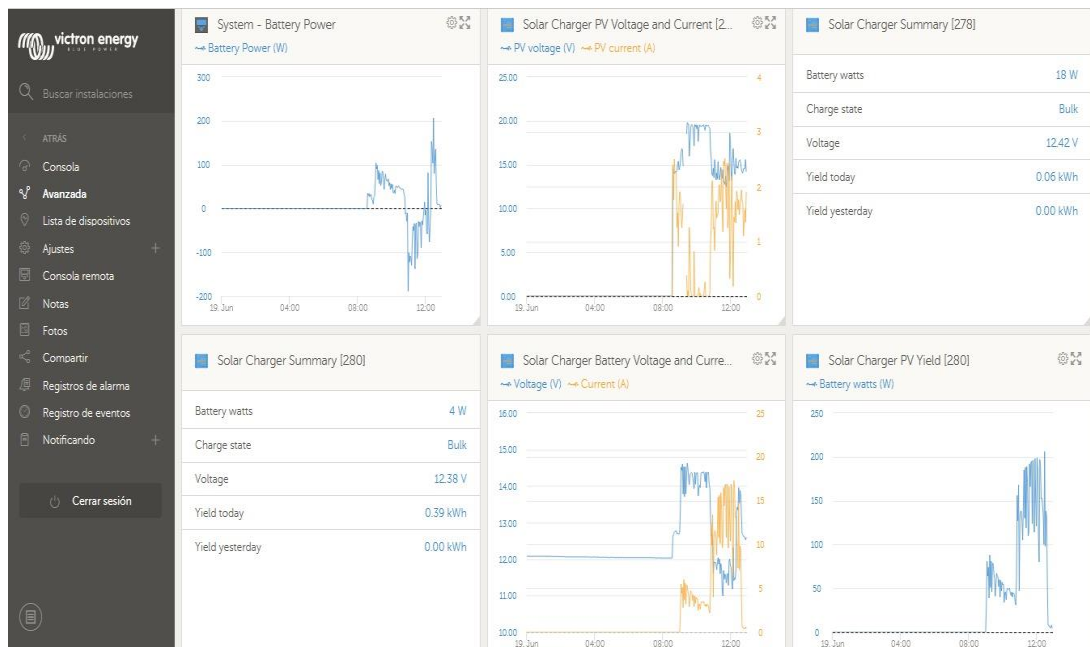


Figura 13. Monitoreo avanzado del sistema fotovoltaico mediante la plataforma VRM de Victron Energy

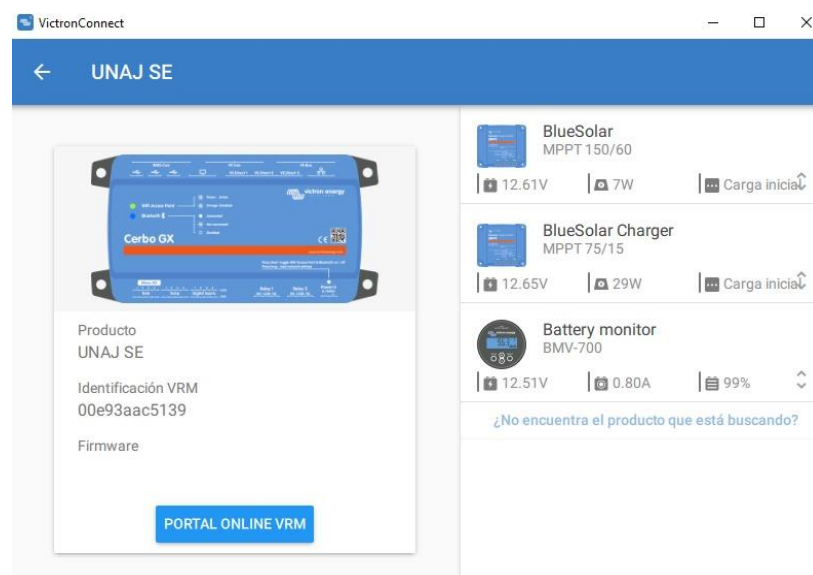


Figura 14. Monitoreo en tiempo real del sistema híbrido mediante VictronConnect

3.7. Metodología para evaluar la viabilidad económica del sistema

La viabilidad económica del sistema híbrido solar-eólico se evalúa a través de un análisis financiero detallado, considerando los costos de inversión, operación y mantenimiento, así como los beneficios económicos derivados de la generación de energía. Para ello, se emplean los siguientes procedimientos:

3.7.1. Cálculo de la viabilidad económica:

Utilizando los instrumentos para medir la producción de energía del sistema híbrido nos proporciona parámetros para evaluar la viabilidad a largo plazo del proyecto, con la finalidad evaluar en valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR), el periodo de recuperación simple (PRS) y así mismo la relación del beneficio/costo(B/C), en la cual influirán algunos datos como la inversión inicial del sistema híbrido como se muestra en la Tabla 9, la energía generada mensual del sistema, el pliego de la tarifa para el cliente que se observa en la Tabla 12, la tasa de descuento entre otros.

Tabla 9

Inversión del sistema híbrido solar-eólico.

Item	Descripción	Und.	Cant.	Precio Unitario S/.	Precio de costo s/.
1	Materiales				
1.1	Modulo solar 340W-360 W	Und	2	520.00	1040.00
1.2	Aerogenerador 300W	Und	1	763.50	763.50
1.3	Controlador de 60A	Und	1	2123.32	2123.32
1.4	Controlador de 15A	Und	1	286.14	286.14
1.5	Rectificador de diodo	Und	1	40.00	40.00
1.6	Inversor 1500W-3000W	Und	1	815.65	815.65
1.7	Gabinete 40*60*20cm	Und	1	150.00	150.00
1.8	Cable ve direct	Und	1	75.00	75.00
1.9	Cable fotovoltaico	Und	5	9.00	45.00
1.1	Accesorios eléctricos	Und	1	100.00	100.00
1.11	Batería RITAR DG12-150	Und	1	1010.67	1010.67
2	Servicios				
	Mano de obra				
2.1	Instalación	Glb	-	30.00	30.00
2.2	transporte	Glb	-	50.00	50.00
				Total	6529.28

3.7.2. La energía total generada anual del sistema híbrido solar-eólico

Utilización del promedio para la determinar la producción de energía generada anual primero determinamos el promedio de energía diaria de los cuatro meses como se observa en la Tabla 10 y por lo tanto se determinó la energía generada de anual como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 10

La energía promedio generada mensual del sistema híbrido solar-eólico

Meses	Energía generada (Wh/día)
Julio	2392.22
Agosto	2419.76
Setiembre	2607.86
Octubre	2534.72
Promedio	2488.64

Tabla 11

La energía generada anual del sistema

Producción de energía	kWh
Día	2.488
Mes	74.64
Año	895.68

El costo según los pliegos tarifarios para los clientes finales con vigencia desde el 04 de noviembre del 2023, se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12.*Costo de energía anual de acuerdo al pliego tarifario.*

Resolución tarifaria de gerencia comercial N° 016-2023-ELPU/GC		Juliaca
Incluye FOSE, incluye MCTR, no incluye I.G.V.	unidad	12
Tarifa para suministro en media tensión		
BT5B: Medición simple de energía activa		
a) Residencial con consumo menor o igual a 30 kWh por mes		
Cargo fijo 1: Lectura mensual	S/. /cliente	3.87
Cargo fijo 2: Lectura semestral	S/. /cliente	
Cargo de energía activa	Cent.S/. /kWh	55.14
b) Residencial con consumo mayor a 30 y menor o igual a 100kWh por mes		
Cargo fijo 1: Lectura mensual	S/. /cliente	3.87
Cargo fijo 2: Lectura semestral	S/. /cliente	
Cargo por energía activa - Primeros 30kWh	S/. /cliente	16.54
Cargo por energía activa - Excesos de 30kWh	Cent.S/. /kWh	78.77
c) Residencial con consumo mayor a 140 kWh por mes		
Cargo fijo 1: Lectura mensual	S/. /cliente	3.97
Cargo fijo 2: Lectura semestral	S/. /cliente	
Cargo de energía activa	Cent.S/. /kWh	80.82
d) No residencial		
Cargo fijo 1: lectura mensual	S/. /cliente	4.64
Cargo fijo 2: lectura mensual	S/. /cliente	
Cargo de energía activa	Cent.S/. /kWh	95.36

3.7.3. Cálculo del ahorro económico de la demanda de energía anual

$$\text{ahorro de energia} = \text{Energia total anual} \times \text{Costo de energia anual} \quad (5)$$

Para el cálculo del ahorro de energía anual se utilizó según (1), y se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13.*Ahorro de energía anual*

	Costo tarifario kWh(S/.)	Energia kwh/anual	Total de energía
Energía electica	0.5514	895.68	493.877
		IGV(18%)	88.898
		Anual unitario	582.775

Por lo cual se hará un análisis económico tomando tres escenarios que se muestra a continuación:

- **Escenario 1:** Considerar los costos reales de la inversión del sistema, instalación, transporté una tasa de crecimiento de la tarifa eléctrica 0% que no varié.
- **Escenario 2:** Considerar los costos reales de la inversión del sistema, instalación, transporte con una tasa de crecimiento de la tarifa eléctrica 5%
- **Escenario 3:** Considerar los costos reales de la inversión del sistema menor al 60% del valor real de la instalación, transporte y mantenimiento con una tasa de crecimiento de la tarifa eléctrica 0%.

Para la aplicación de los tres escenarios se desarrollará primero el primer escenario como se muestra a continuación los pasos a seguir y de igual forma se desarrollan el escenario 2 tomando en cuenta el incremento del servicio eléctrico en las viviendas que será del 5%, de acuerdo al Osinergmin ya que se consideró por datos históricos del 2008 al 2022 y por último se determinará en el escenario 3, de acuerdo a los parámetros dados en la Tabla 14. Y el costo de mantenimiento del sistema híbrido es el 1% anual del total de la inversión inicial. Así mismo el flujo de caja en un periodo en el que se garantiza es de 25 años por la vida útil de los paneles FV, y con una tasa de interés de 3.5% según el MIDAGRI.

Tabla 14.

Parámetros para la determinación de los escenarios 1,2 y 3

Escenarios	Inversión (S/.)	Tasa de crecimiento (%)
Escenario 1	6529.28	0
Escenario 2	6529.28	5
Escenario 3	3917.568	0

Para el primer escenario: Se muestra el comportamiento del flujo de caja en la Tabla 15.

Tabla 15.*Se muestra el comportamiento del flujo de caja en 25 años*

Año	Inversión S/.	Ingresos (Ahorro de Energía)	Egresos (Costo de mantenimiento y operación)	Flujo de caja
0	6529.28			-6529.28
1		582.7759834	65.2928	517.4831834
2		582.7759834	65.2928	517.4831834
3		582.7759834	65.2928	517.4831834
4		582.7759834	65.2928	517.4831834
5		582.7759834	65.2928	517.4831834
6		582.7759834	65.2928	517.4831834
7		582.7759834	65.2928	517.4831834
8		582.7759834	65.2928	517.4831834
9		582.7759834	65.2928	517.4831834
10		582.7759834	65.2928	517.4831834
11		582.7759834	65.2928	517.4831834
12		582.7759834	65.2928	517.4831834
13		582.7759834	65.2928	517.4831834
14		582.7759834	65.2928	517.4831834
15		582.7759834	65.2928	517.4831834
16		582.7759834	65.2928	517.4831834
17		582.7759834	65.2928	517.4831834
18		582.7759834	65.2928	517.4831834
19		582.7759834	65.2928	517.4831834
20		582.7759834	65.2928	517.4831834
21		582.7759834	65.2928	517.4831834
22		582.7759834	65.2928	517.4831834
23		582.7759834	65.2928	517.4831834
24		582.7759834	65.2928	517.4831834
25		582.7759834	65.2928	517.4831834

Se determinará los índices económicos para el primer escenario.

3.7.4. Cálculo del VAN

$$VAN = -I + \sum_{i=1}^n \frac{Q_n}{(1+r)^n} \quad (6)$$

VAN = 1999.63 S/.

La determinación del VAN es positiva obteniendo un valor de 1999.63 S/. donde se tomó un flujo de tasa de descuento a 3.5% según el Decreto supremo que aprueba la estructuración del fondo Agroperú, que preciso el Midagri, siendo positiva el VAN podemos indicar que el proyecto es rentable.

3.7.5. Cálculo del TIR

$$-I + \sum_{i=1}^n \frac{Q_n}{(1+TIR)^n} = 0 \quad (7)$$

$$TIR = 6.14\%$$

Determinando en TIR obteniendo un valor de tasa de rendimiento al 6.14% que casi el doble de la tasa de descuento de 3.5% podemos afirmar que este proyecto podría ser viable su inversión.

3.7.6. Cálculo del PRS

$$PRS = \frac{C-IG}{(Ce+CCap+Cren+Cgei)-(Co\&m+Celec)} \quad (8)$$

$$PRS = 12.38 \text{ años}$$

Determinando el periodo de recuperación decimos que en 12 años y 4 meses se estaría recuperando la inversión del sistema instalado.

3.7.7. Calculo del B/C

$$BC = \frac{VAI}{VAC} \quad (9)$$

$$BC = 1.31$$

Determinando el BC nos indica que es mayor que 1 por lo que indicamos es 1.33 soles de retorno.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Demanda por zona

El Ministerio de Economía y Finanzas (MEF, 2011) afirma que para la zona de estudio, de acuerdo a su discriminación geográfica, tamaño, nivel de dispersión, entre otros, se puede estimar un consumo de energía por vivienda (abonado) en promedio de 712.25 Wh/día, asumiendo una tasa de crecimiento energético de 1.75%, todo ello tomando en consideración que la zona de estudio presenta una configuración urbana definida y con un nivel de desarrollo intermedio.

4.1.2. Determinación de la necesidad energética

Tabla 16

Demanda energética diaria por unidad de análisis

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	POTENCIA (W)	POTENCIA TOTAL (W)	FS	POTENCIA PICO (W)	HORAS /DÍA	ENERGÍA (Wh/día)
1	LUMINARIAS LED (INTERIOR)	3	10	30	1.00	30.00	5	150.00
2	LUMINARIAS LED (EXTERIOR)	2	10	20	1.00	20.00	3	60.00
3	RADIO	1	50	50	1.00	50.00	1	50.00
4	TELEVISIÓN 32"	1	75	75	1.00	75.00	3	225.00
5	DECODIFICADOR	1	25	25	1.00	25.00	3	75.00
6	LAPTOP	1	65	65	1.00	65.00	4	260.00
7	CARGADOR DE CELULAR	4	10	40	1.00	40.00	1	40.00
8	ELECTROBOMBA	1	372	372	1.15	427.80	0.5	186.00
9	RESERVA	1	100	100	1.00	100.00	1	100.00
TOTAL				827		882.80		1146.00

Nota. FS representa el factor de servicio del aparato

De acuerdo al análisis energético se presenta en la Tabla 16 la estimación numérica de la energía media diaria requerida por el sistema híbrido para su funcionamiento,

especificando las características técnicas de cada aparato consumidor, así como también la delimitación temporal de su uso. Así como también, en la Tabla 17 se muestra la distribución horaria del consumo propuesto por aparato a fin de determinar el diagrama de carga representado en la Figura 15, donde se puede visualizar el uso energético delintado temporalmente durante un día de análisis.

Tabla 17

Distribución horaria de carga por aparato de la demanda proyectada

RANGO HORARIO	LUMINARIAS LED (INTERIOR)	LUMINARIAS LED (EXTERIOR)	RADIO	TELEVISIÓN 32"	DECODIFICADOR	LAPTOP	CARGADOR DE CELULAR	ELECTROBOMBA	CONSUMO HORARIO
12 a. m. - 01 a. m.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01 a. m. - 02 a. m.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02 a. m. - 03 a. m.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
03 a. m. - 04 a. m.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
04 a. m. - 05 a. m.	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	50.00
05 a. m. - 06 a. m.	30.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	186.00	266.00
06 a. m. - 07 a. m.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07 a. m. - 08 a. m.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
08 a. m. - 09 a. m.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
09 a. m. - 10 a. m.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 a. m. - 11 a. m.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.00	0.00	0.00	65.00
11 a. m. - 12 p. m.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.00	0.00	0.00	65.00
12 p. m. - 01 p. m.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01 p. m. - 02 p. m.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02 p. m. - 03 p. m.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
03 p. m. - 04 p. m.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
04 p. m. - 05 p. m.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
05 p. m. - 06 p. m.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
06 p. m. - 07 p. m.	30.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00
07 p. m. - 08 p. m.	30.00	20.00	0.00	75.00	25.00	65.00	0.00	0.00	215.00
08 p. m. - 09 p. m.	30.00	20.00	0.00	75.00	25.00	65.00	20.00	0.00	235.00
09 p. m. - 10 p. m.	0.00	0.00	0.00	75.00	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
10 p. m. - 11 p. m.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11 p. m. - 12 a. m.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
								MÁXIMO	266.00

Nota. Todos los valores tienen unidades de potencia en Watts (W)

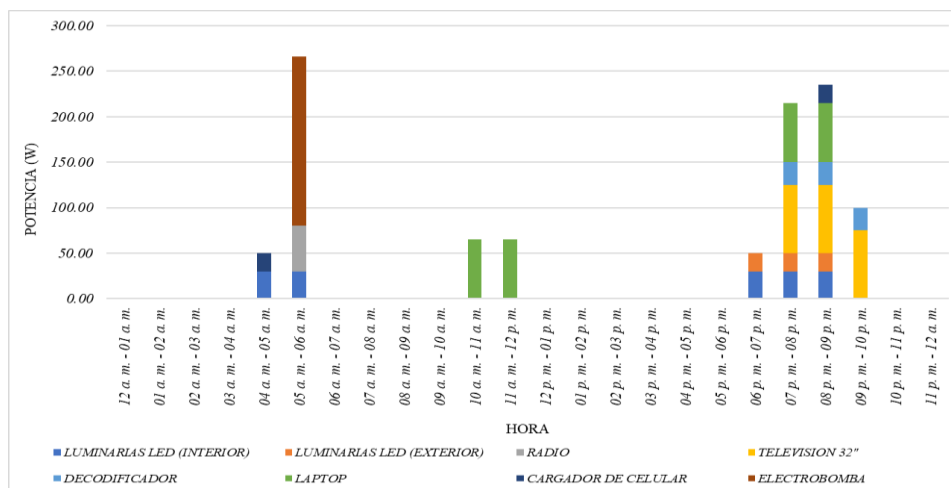


Figura 15. Diagrama de carga horaria de la demanda proyectada

Nota. La figura muestra la distribución potencial horaria de la carga

En la figura anterior, se puede verificar que existe un mayor agrupamiento respecto al uso simultáneo entre las 5:00 a.m. y 6:00 a.m. con 266 W, asimismo se tiene como segundo pico de simultaneidad el periodo comprendido entre las horas 8:00 p.m. y 9:00 p.m. con 235 W.

4.1.3. Determinación de la demanda energética

Según los dos ítems anteriores la energía necesaria para el funcionamiento se determinó por el segundo método, por ser más conservador y poseer un análisis sistemático y particular, el cual se describe en la Tabla 16; sin embargo, para obtener un valor más certero respecto a la demanda energética se deben tener en cuenta las pérdidas totales del sistema expresado según (10).

$$K_T = [1 - (K_B + K_C + K_R + K_X)] \left[1 - \frac{K_A \times D_{AUT}}{\%Pd} \right] \quad (10)$$

Para aplicar la ecuación anterior se tiene:

K_A : Pérdidas de autodescarga diaria de la batería.

K_B : Pérdidas debido al rendimiento de la batería.

K_C : Pérdidas debido al rendimiento del inversor.

K_R : Pérdidas debido al rendimiento del controlador de carga.

K_X : Otras pérdidas no consideradas.

D_{AUT} : Número de días de autonomía.

$\%Pd$: Profundidad máxima de descarga admisible.

Reemplazando los datos en (10), provenientes de las fichas técnicas, o en su defecto asumidos de acuerdo a criterios conservadores, se obtiene $K_T=0.57$, por lo que la demanda energética diaria para una vivienda rural de la zona de estudio es de 2016 Wh/día.

4.1.4. Representación de la necesidad energética

Según el procedimiento metodológico, se representó la demanda determinada en el ítem anterior mediante un banco de cargas, el cual estuvo compuesto por luminarias led de 10W, 60W y 100W que representan la potencia descrita en la Tabla 17, tal y como se muestra en la Tabla 18

Tabla 18

Distribución horaria de carga por aparato en el banco de cargas

RANGO HORARIO	LUMINARIAS			CONSUMO HORARIO
	10 W	60 W	100 W	
12 a. m. - 01 a. m.	0.00	0.00	0.00	0.00
01 a. m. - 02 a. m.	0.00	0.00	0.00	0.00
02 a. m. - 03 a. m.	0.00	0.00	0.00	0.00
03 a. m. - 04 a. m.	0.00	0.00	0.00	0.00
04 a. m. - 05 a. m.	50.00	0.00	0.00	50.00
05 a. m. - 06 a. m.	10.00	60.00	200.00	270.00
06 a. m. - 07 a. m.	0.00	0.00	0.00	0.00
07 a. m. - 08 a. m.	0.00	0.00	0.00	0.00
08 a. m. - 09 a. m.	0.00	0.00	0.00	0.00
09 a. m. - 10 a. m.	0.00	0.00	0.00	0.00
10 a. m. - 11 a. m.	10.00	60.00	0.00	70.00
11 a. m. - 12 p. m.	10.00	60.00	0.00	70.00
12 p. m. - 01 p. m.	0.00	0.00	0.00	0.00
01 p. m. - 02 p. m.	0.00	0.00	0.00	0.00
02 p. m. - 03 p. m.	0.00	0.00	0.00	0.00
03 p. m. - 04 p. m.	0.00	0.00	0.00	0.00
04 p. m. - 05 p. m.	0.00	0.00	0.00	0.00
05 p. m. - 06 p. m.	0.00	0.00	0.00	0.00
06 p. m. - 07 p. m.	50.00	0.00	0.00	50.00
07 p. m. - 08 p. m.	50.00	60.00	100.00	210.00
08 p. m. - 09 p. m.	40.00	0.00	200.00	240.00
09 p. m. - 10 p. m.	0.00	0.00	100.00	100.00
10 p. m. - 11 p. m.	0.00	0.00	0.00	0.00
11 p. m. - 12 a. m.	0.00	0.00	0.00	0.00
			MÁXIMO	270.00

Nota. Todos los valores tienen unidades de potencia en Watts (W)

Asimismo, se puede verificar en la Figura 16 el diagrama de carga horaria representado por el banco de cargas para la demanda descrita en el ítem anterior, en dicha figura se puede verificar que existe un mayor agrupamiento respecto al uso simultáneo entre las 5:00 a.m. y 6:00 a.m. con 270 W.

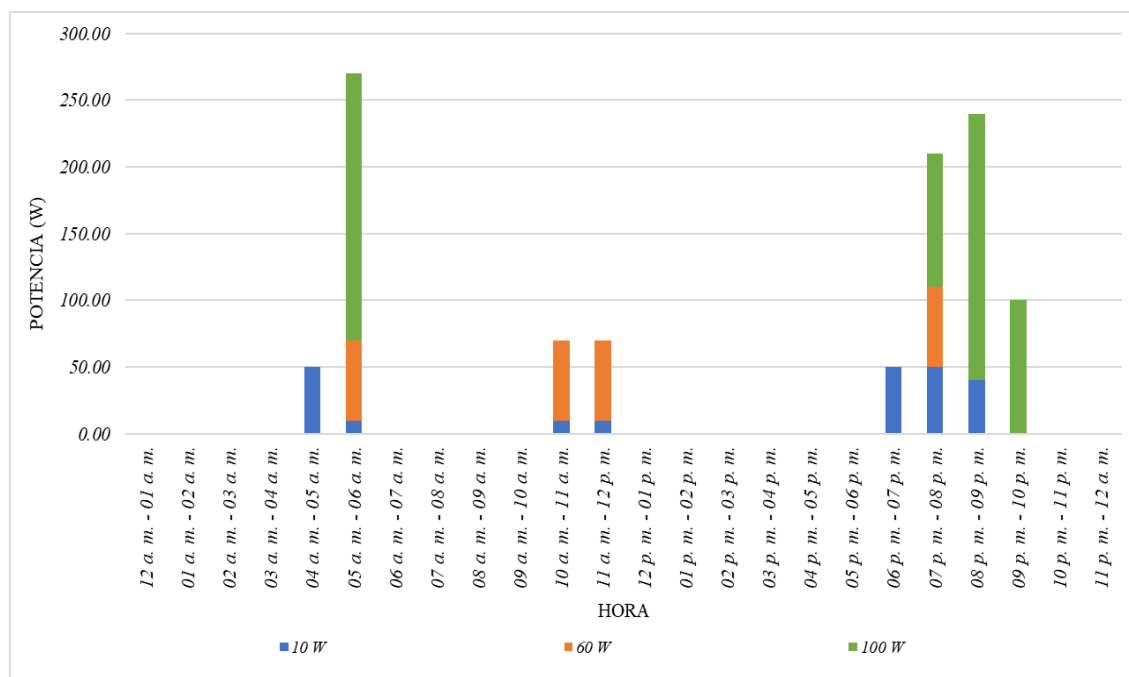


Figura 16. Diagrama de carga horaria para el banco de cargas

Nota. La figura muestra la distribución potencial horaria del banco de cargas.

4.1.5. Generación de energía del sistema

Según el análisis de datos obtenido durante los meses de análisis se tienen los siguientes resultados representativos.

a. Mes de julio

Se evaluaron los datos desde el 10 de julio hasta el 31 de julio del 2023, durante las veinticuatro horas del día, en intervalos cortos y variables de tiempo, menores al minuto de acuerdo a la representatividad de los mencionados datos; los cuales en promedio se resumen en la Tabla 19 y en la Figura 17.

Tabla 19*Promedios de generación horaria durante el mes de julio del 2023*

HORA	SISTEMA FOTOVOLTAICO			SISTEMA EÓLICO			SISTEMA HÍBRIDO
	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	POTENCIA (W)	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	POTENCIA (W)	POTENCIA (W)
12:00 AM	12.40	0.00	0.00	12.44	0.22	2.69	2.69
01:00 AM	12.37	0.00	0.00	12.41	0.01	0.17	0.17
02:00 AM	12.34	0.00	0.00	12.38	0.00	0.00	0.00
03:00 AM	12.32	0.00	0.00	12.36	0.00	0.00	0.00
04:00 AM	12.25	0.00	0.00	12.29	0.00	0.00	0.00
05:00 AM	11.97	0.00	0.01	12.01	0.00	0.00	0.01
06:00 AM	12.48	6.00	74.88	12.52	0.00	0.00	74.88
07:00 AM	13.15	17.33	227.85	13.17	0.00	0.00	227.85
08:00 AM	13.77	22.91	315.50	13.78	0.00	0.00	315.50
09:00 AM	14.53	17.70	257.12	14.54	0.00	0.00	257.12
10:00 AM	14.53	9.05	131.46	14.55	0.00	0.00	131.46
11:00 AM	13.62	19.49	265.44	13.63	0.13	1.82	267.25
12:00 PM	12.68	31.04	393.49	12.66	0.06	0.79	394.28
01:00 PM	13.10	26.99	353.69	13.09	0.06	0.75	354.44
02:00 PM	13.95	13.16	183.54	13.96	0.10	1.33	184.88
03:00 PM	14.21	5.39	76.65	14.24	0.01	0.07	76.72
04:00 PM	14.30	4.50	64.34	14.34	0.32	4.64	68.98
05:00 PM	13.30	0.31	4.18	13.35	1.96	26.15	30.33
06:00 PM	12.72	0.00	0.00	12.75	0.37	4.74	4.74
07:00 PM	12.38	0.00	0.00	12.42	0.00	0.00	0.00
08:00 PM	12.37	0.00	0.00	12.41	0.00	0.00	0.00
09:00 PM	12.47	0.00	0.00	12.51	0.06	0.74	0.74
10:00 PM	12.44	0.00	0.00	12.48	0.01	0.08	0.08
11:00 PM	12.41	0.00	0.00	12.46	0.01	0.13	0.13

Nota. La tabla muestra los datos representativos promediados durante el mes de julio del 2023 en intervalos de una hora.

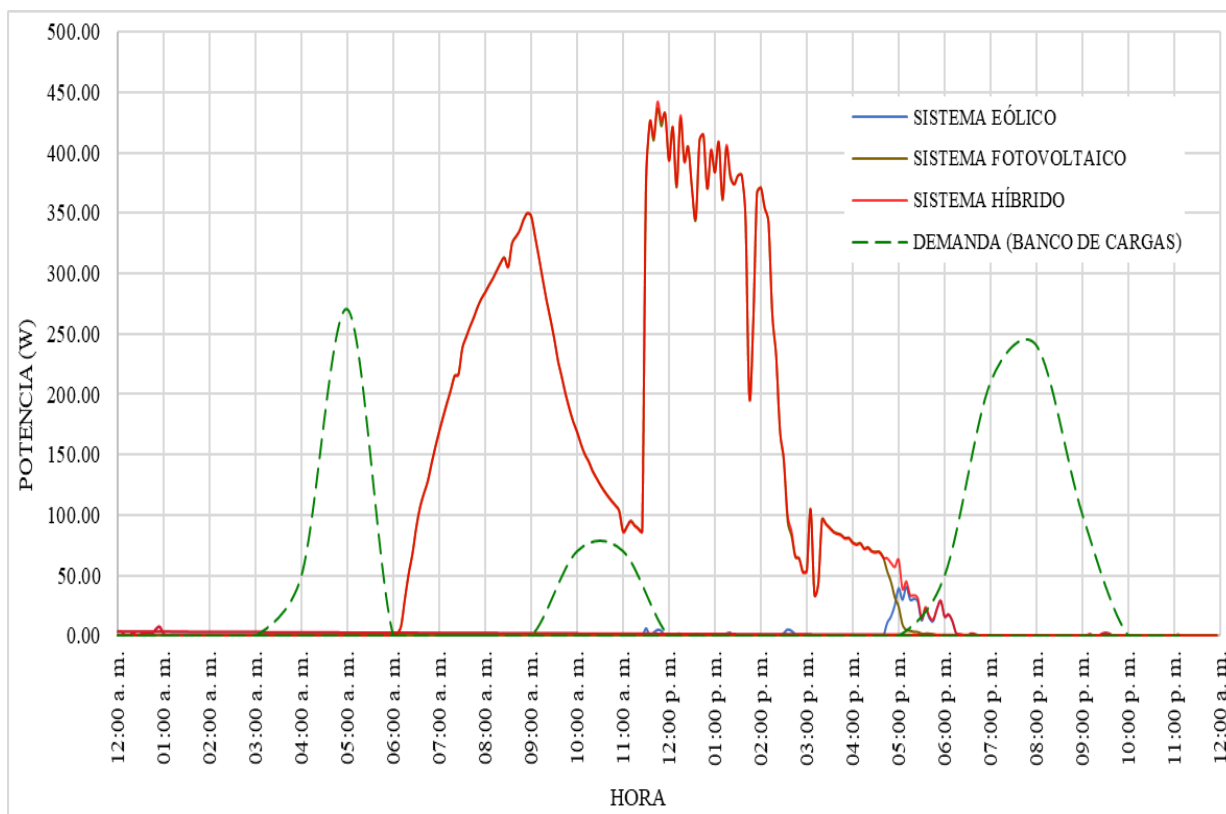


Figura 17. Generación de energía del sistema híbrido durante el mes de julio

Nota. La figura muestra el gráfico compatibilizado de generación de energía durante el mes de julio.

Según la Figura 17 se puede observar una energía promedio producida por el sistema híbrido de 2392 Wh/día, del cual se produce 2348 Wh/día por el sistema fotovoltaico lo que representa el 98.16% del total, con respecto al sistema eólico este produce 44 Wh/día lo que representa el 1.84% con respecto al total de la energía producida.

b. Mes de agosto

Se evaluaron los datos desde el 01 de agosto hasta el 31 de agosto del 2023, durante las veinticuatro horas del día, en intervalos cortos y variables de tiempo, menores al minuto de acuerdo a la representatividad de los mencionados datos; los cuales en promedio se resumen en la Tabla 20 y en la Figura 18.

Tabla 20*Promedios de generación horaria durante el mes de agosto del 2023*

HORA	SISTEMA FOTOVOLTAICO			SISTEMA EÓLICO			SISTEMA HÍBRIDO
	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	POTENCIA (W)	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	POTENCIA (W)	POTENCIA (W)
12:00 AM	12.28	0.00	0.00	12.32	0.00	0.00	0.00
01:00 AM	12.26	0.00	0.00	12.30	0.00	0.00	0.00
02:00 AM	12.24	0.00	0.00	12.27	0.01	0.07	0.07
03:00 AM	12.21	0.00	0.00	12.26	0.00	0.00	0.00
04:00 AM	12.14	0.00	0.00	12.18	0.00	0.00	0.00
05:00 AM	11.84	0.01	0.06	11.88	0.00	0.00	0.06
06:00 AM	12.37	6.33	78.33	12.41	0.00	0.00	78.33
07:00 AM	12.99	17.19	223.32	13.01	0.00	0.00	223.32
08:00 AM	13.47	23.00	309.71	13.47	0.00	0.00	309.71
09:00 AM	14.33	22.20	317.98	14.33	0.00	0.00	317.98
10:00 AM	14.52	9.85	143.08	14.54	0.00	0.00	143.08
11:00 AM	13.67	17.09	233.72	13.69	0.00	0.00	233.72
12:00 PM	12.36	18.46	228.14	12.37	0.09	1.07	229.21
01:00 PM	12.68	24.15	306.28	12.68	0.11	1.44	307.72
02:00 PM	13.45	20.18	271.35	13.45	0.17	2.30	273.65
03:00 PM	14.28	14.15	202.10	14.30	0.04	0.60	202.70
04:00 PM	14.15	5.38	76.08	14.18	0.50	7.12	83.20
05:00 PM	13.08	0.39	5.10	13.13	0.87	11.39	16.49
06:00 PM	12.67	0.00	0.00	12.71	0.00	0.05	0.05
07:00 PM	12.36	0.00	0.00	12.39	0.00	0.00	0.00
08:00 PM	12.31	0.00	0.00	12.35	0.00	0.00	0.00
09:00 PM	12.40	0.00	0.00	12.43	0.04	0.45	0.45
10:00 PM	12.37	0.00	0.00	12.41	0.00	0.00	0.00
11:00 PM	12.34	0.00	0.00	12.38	0.00	0.00	0.00

Nota. La tabla muestra los datos representativos promediados durante el mes de agosto del 2023 en intervalos de una hora.

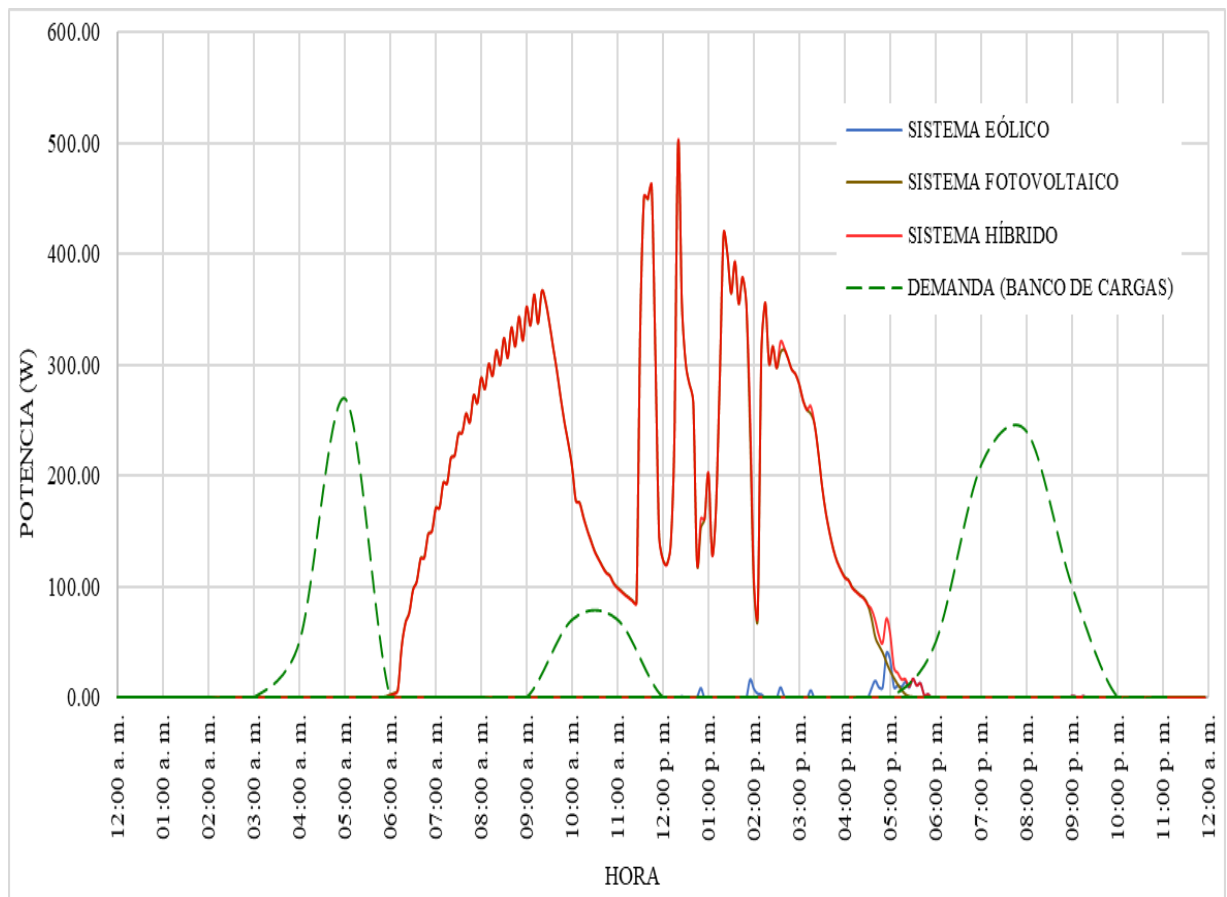


Figura 18. Generación de energía del sistema híbrido durante el mes de agosto

Nota. La figura muestra el gráfico compatibilizado de generación de energía durante el mes de agosto.

Según la Figura 18 se puede observar una energía promedio producida por el sistema híbrido de 2420 Wh/día, del cual se produce 2395 Wh/día por el sistema fotovoltaico lo que representa el 98.97% del total, con respecto al sistema eólico este produce 25 Wh/día lo que representa el 1.03% con respecto al total de la energía producida.

c. Mes de setiembre

Se evaluaron los datos desde el 01 de setiembre hasta el 30 de setiembre del 2023, durante las veinticuatro horas del día, en intervalos cortos y variables de tiempo, menores al minuto de acuerdo a la representatividad de los mencionados datos; los cuales en promedio se resumen en la Tabla 21 y en la Figura 19.

Tabla 21*Promedios de generación horaria durante el mes de setiembre del 2023*

SISTEMA FOTOVOLTAICO				SISTEMA EÓLICO			SISTEMA HÍBRIDO
HORA	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	POTENCIA (W)	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	POTENCIA (W)	POTENCIA (W)
12:00 AM	12.48	0.00	0.00	12.49	0.08	1.04	1.04
01:00 AM	12.46	0.00	0.00	12.47	0.00	0.00	0.00
02:00 AM	12.45	0.00	0.00	12.45	0.00	0.00	0.00
03:00 AM	12.43	0.00	0.00	12.45	0.00	0.00	0.00
04:00 AM	12.42	0.00	0.00	12.44	0.00	0.00	0.00
05:00 AM	12.41	0.00	0.00	12.41	0.00	0.00	0.00
06:00 AM	12.39	0.00	0.00	12.41	0.00	0.00	0.00
07:00 AM	12.38	0.00	0.00	12.40	0.00	0.00	0.00
08:00 AM	12.37	0.00	0.00	12.38	0.00	0.00	0.00
09:00 AM	12.27	0.00	0.00	12.28	0.00	0.00	0.00
10:00 AM	12.04	0.00	0.00	12.05	0.00	0.00	0.00
11:00 AM	12.02	1.19	14.26	12.03	0.00	0.00	14.26
12:00 PM	12.55	7.06	88.67	12.55	0.00	0.00	88.67
01:00 PM	12.94	13.08	169.24	12.92	0.00	0.00	169.24
02:00 PM	13.15	18.00	236.70	13.12	0.00	0.00	236.70
03:00 PM	13.37	21.49	287.30	13.33	0.00	0.00	287.30
04:00 PM	13.63	24.17	329.56	13.60	0.00	0.00	329.56
05:00 PM	14.09	25.82	363.73	14.05	0.00	0.00	363.73
06:00 PM	14.47	20.69	299.43	14.44	0.00	0.00	299.43
07:00 PM	14.47	12.42	179.68	14.45	0.00	0.00	179.68
08:00 PM	14.47	7.43	107.47	14.45	0.00	0.00	107.47
09:00 PM	14.47	4.87	70.43	14.45	0.00	0.00	70.43
10:00 PM	14.47	3.64	52.67	14.46	0.00	0.00	52.67
11:00 PM	13.06	31.17	407.03	13.01	0.05	0.65	407.68

Nota. La tabla muestra los datos representativos promediados durante el mes de setiembre del 2023 en intervalos de una hora.

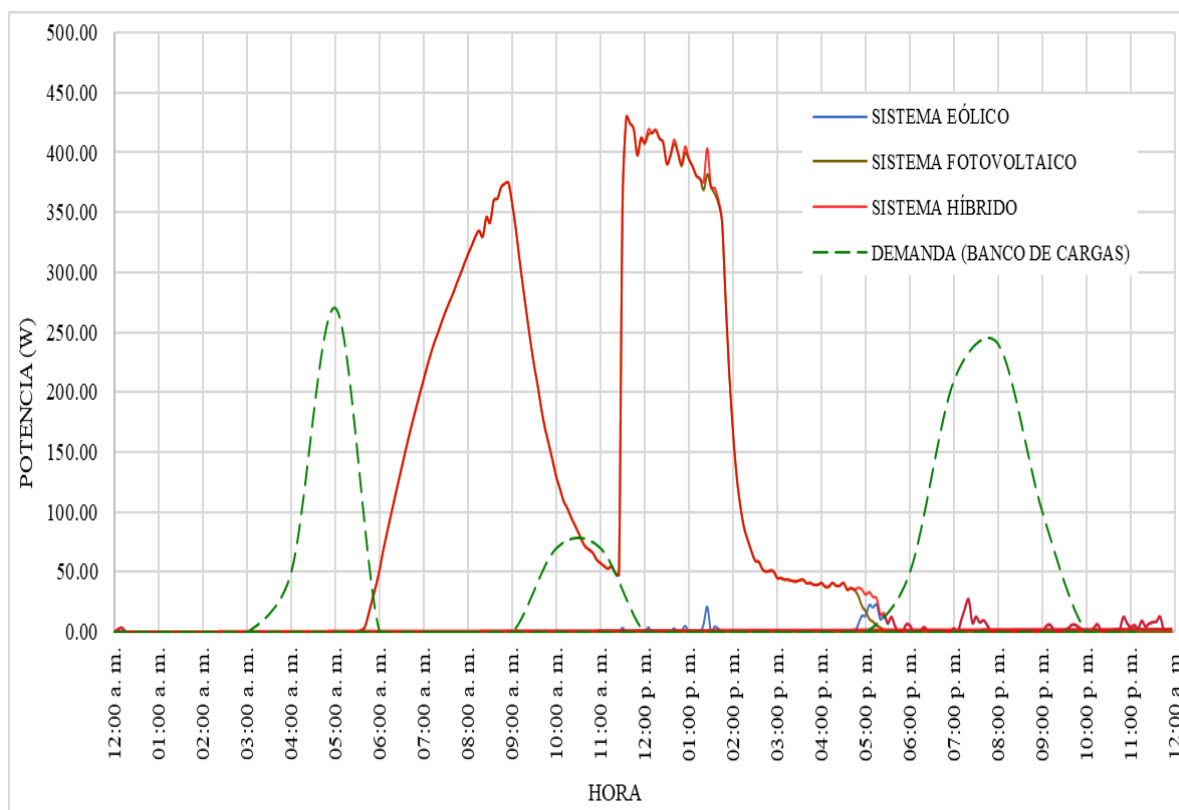


Figura 19. Generación de energía del sistema híbrido durante el mes de setiembre

Nota. La figura muestra el gráfico compatibilizado de generación de energía durante el mes de setiembre.

Según la Figura 19 se puede observar una energía promedio producida por el sistema híbrido de 2608 Wh/día, del cual se produce 2606 Wh/día por el sistema fotovoltaico lo que representa el 99.92% del total, con respecto al sistema eólico este produce 2 Wh/día lo que representa el 0.08% con respecto al total de la energía producida.

d. Mes de octubre

Se evaluaron los datos desde el 01 de octubre hasta el 31 de octubre del 2023, durante las veinticuatro horas del día, en intervalos cortos y variables de tiempo, menores al minuto de acuerdo a la representatividad de los mencionados datos; los cuales en promedio se resumen en la Tabla 22 y en la Figura 20.

Tabla 22*Promedios de generación horaria durante el mes de octubre del 2023*

HORA	SISTEMA FOTOVOLTAICO			SISTEMA EÓLICO			SISTEMA HÍBRIDO
	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	POTENCIA (W)	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	POTENCIA (W)	POTENCIA (W)
12:00 AM	12.32	0.00	0.00	12.36	0.00	0.00	0.00
01:00 AM	12.30	0.00	0.00	12.34	0.00	0.00	0.00
02:00 AM	12.28	0.00	0.00	12.31	0.00	0.00	0.00
03:00 AM	12.26	0.00	0.00	12.30	0.00	0.00	0.00
04:00 AM	12.19	0.00	0.00	12.22	0.00	0.00	0.00
05:00 AM	11.93	1.55	18.53	11.96	0.00	0.00	18.53
06:00 AM	12.61	10.63	133.96	12.62	0.01	0.11	134.07
07:00 AM	13.14	20.55	269.96	13.14	0.01	0.18	270.14
08:00 AM	13.73	25.01	343.32	13.73	0.01	0.12	343.44
09:00 AM	14.42	19.41	279.88	14.42	0.00	0.00	279.88
10:00 AM	14.42	7.79	112.26	14.44	0.00	0.00	112.26
11:00 AM	13.78	16.74	230.76	13.79	0.16	2.26	233.02
12:00 PM	12.84	30.45	391.01	12.82	0.30	3.89	394.90
01:00 PM	12.90	16.47	212.48	12.92	0.99	12.77	225.25
02:00 PM	14.21	18.16	258.15	14.23	1.25	17.80	275.95
03:00 PM	14.35	9.25	132.70	14.37	0.00	0.00	132.70
04:00 PM	13.26	3.48	46.07	13.32	2.44	32.49	78.56
05:00 PM	12.99	0.07	0.89	13.03	1.46	19.08	19.98
06:00 PM	12.81	0.00	0.00	12.86	0.98	12.58	12.58
07:00 PM	12.53	0.00	0.00	12.56	0.08	0.96	0.96
08:00 PM	12.60	0.00	0.00	12.63	0.06	0.74	0.74
09:00 PM	12.62	0.00	0.00	12.66	0.14	1.77	1.77
10:00 PM	12.59	0.00	0.00	12.62	0.00	0.00	0.00
11:00 PM	12.57	0.00	0.00	12.60	0.00	0.00	0.00

Nota. La tabla muestra los datos representativos promediados durante el mes de octubre del 2023 en intervalos de una hora.

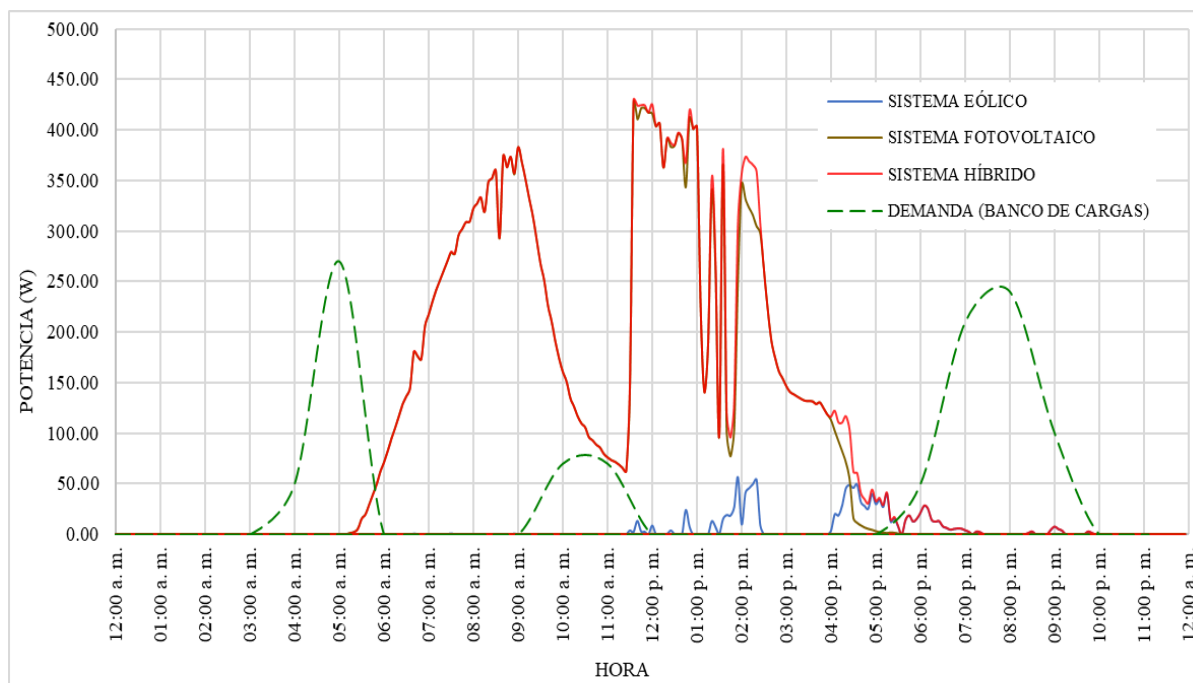


Figura 20. Generación de energía del sistema híbrido durante el mes de octubre

Nota. La figura muestra el gráfico compatibilizado de generación de energía durante el mes de octubre.

Según la Figura 20 se puede observar una energía promedio producida por el sistema híbrido de 2535 Wh/día, del cual se produce 2430 Wh/día por el sistema fotovoltaico lo que representa el 95.86% del total, con respecto al sistema eólico este produce 105 Wh/día lo que representa el 4.14% con respecto al total de la energía producida.

4.1.6. Resultado del análisis económico

Teniendo los 3 escenarios para el análisis económico propuestos anterior mente se muestran los resultados de los indicadores económicos que se observan en las tablas: Tabla 23, Tabla 24 y Tabla 25.

Tabla 23.

Resultado de la determinación de los factores económico para el escenario 1.

Indicador Económico	Unidad	Valor
Valor Actual Neto	VAN S/.	1999.63
Tasa Interna de Retorno	TIR %	6.14
Periodo de recuperación	PRS años	12.38
Relación Beneficio Costo	B/C soles	1.31

Tabla 24.*Resultado de la determinación de los factores económico para el escenario 2.*

Indicador Económico		Unidad	Valor
Valor Actual Neto	VAN	S/.	9214.52
Tasa Interna de Retorno	TIR	%	11.3
Periodo de recuperación	PRS	años	9.18
Relación Beneficio Costo	B/C	soles	2.41

Tabla 25.*Resultado de la determinación de los factores económico para el escenario 3.*

Indicador Económico		Unidad	Valor
Valor Actual Neto	VAN	S/.	4611.34
Tasa Interna de Retorno	TIR	%	12.5
Periodo de recuperación	PRS	años	7.43
Relación Beneficio Costo	B/C	soles	2.18

El análisis económico del sistema híbrido solar-eólico en el escenario 1 revela su viabilidad financiera en la Tabla 23, dado que presenta un Valor Actual Neto (VAN) de 1999.63 soles, lo cual indica un valor neto positivo y sugiere una generación de riqueza adicional sobre la inversión inicial. Con una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 6.14%, el proyecto cumple con el umbral mínimo de rentabilidad para cubrir el costo de capital, aunque su retorno es moderado y podría ser menos competitivo en comparación con proyectos de mayor rentabilidad. El periodo de recuperación es de 12 años y 4 meses, lo que implica una recuperación de la inversión a largo plazo, un factor relevante en términos de liquidez y riesgos para los inversionistas. Finalmente, la relación beneficio-costos de 1.31 soles confirma la eficiencia económica del proyecto, dado que por cada sol invertido se generan 1.31 soles en beneficios.

Para el escenario 2 que representa el caso real actual, con una tarifa eléctrica anual del 5% y la inversión real actual de S/. 6529.28 se tiene similar resultado donde

presenta mejores indicadores económicos como es de esperarse ya que presentan un valor de VAN de 9214.52 soles, y valor de TIR de 11.3 %. Con dichos cálculos se tiene una mejor viabilidad económica y por último la relación beneficio-costos es mayor que el escenario 1 con 2.41 soles confirma la eficiencia del proyecto, dado que por cada sol invertido se generan 2.41 soles en beneficios, consolidando su atractivo financiero, como se muestra en la Tabla 24 y El periodo de recuperación es de 9 años y 2 meses.

La cual para el escenario 3 en la Tabla 25, muestra donde inversión inicial disminuya en un futuro donde se aprecia el 60% de la inversión real del sistema y un crecimiento de tarifa eléctrica del 0% donde se presenta mejor indicador en el periodo de recuperación siendo 7 años con 5 meses, pero el Van disminuye 4611.34 soles, y valores de TIR de 12,5 con estos cálculos se muestra que se está recuperando de la inversión inicial del sistema.

Por lo tanto, se considera que el sistema puede ser viable para las instalaciones en lo rural, considerando el escenario 2 puesto que la tarifa rural aumenta anualmente con un TIR del 11.3% y por el costo y beneficio.

4.2. Discusión

4.2.1. Producción de energía del sistema híbrido

Según lo descrito y analizado en el ítem 4.1.5 se puede verificar que durante el periodo de evaluación de la producción de energía se obtiene un valor promedio de 2488.00 Wh/día para una demanda calculada 2016 Wh/día que representa la necesidad energética de una vivienda unifamiliar rural en la zona de estudio abastecido por un sistema híbrido de 1.0 kW, estableciéndose una relación 2.49 entre la energía producida y la potencia nominal del sistema, superior al valor de 1.24 encontrado por Chavez y Solis (2021), lo que se debería a la mayor preponderancia y disponibilidad del recurso solar al encontrarse la zona de estudio a mayor altitud

Con respecto a la relación entre la demanda energética y la potencia nominal, esta resulta ser de 2.02 estableciéndose una similitud con lo investigado por Santa (2018) cuya relación de los mencionados parámetros resulta ser de 2.87, esto debido a la similitud de los equipos optados para el suministro de energía, con poca participación

de recurso eólico; asimismo, con respecto a los otros antecedentes no se tiene relación verificable que convaliden dicha relación. Además, la potencia y demanda calculadas no guardan relación numérica directa con sus similares provenientes de los antecedentes, por lo que no se puede evaluar de manera directa dichos resultados.

4.2.2. Aportación porcentual energética del sistema fotovoltaico

Según lo descrito y analizado en el ítem 4.1.5 se puede verificar que durante el periodo de evaluación del potencial solar del sistema se determinó una aportación energética promedio de 98.23%, valor que evidencia la preponderancia del recurso fotovoltaico para la zona de estudio, lo cual no favorece la aplicación práctica del sistema ya que el recurso eólico ofrece mínima aportación, y asimismo no evidencia correlación con los resultados similares que se presentan en la investigación de López y Moscoso (2023), quienes, en un sistema híbrido experimental instalado en Arequipa, reportaron un valor promedio del 70% de aporte de energía solar, evidenciando también la superioridad del recurso solar en entornos altoandinos. Asimismo, Chagua y Valdivia (2015), en un estudio experimental en Puno, reportaron un aporte solar del 71%, bajo condiciones similares de irradiación elevada, esto se puede explicar respecto a la ubicación geográfica del sistema. En esta misma línea de interpretación, se puede destacar que, en sistemas híbridos, a pesar de que la ubicación geográfica favorece a características de aprovechamiento eólico, el sistema de mayor aportación es el sistema solar fotovoltaico, lo que es también verificable en la presente investigación.

4.2.3. Aportación porcentual energética del sistema eólico

Según lo descrito y analizado en el ítem 4.1.5 se puede verificar que durante el periodo de evaluación del potencial eólico del sistema se puede verificar una aportación energética promedio de 1.77%, la mínima aportación porcentual del sistema eólico que compone el sistema híbrido, lo cual no favorece la aplicación práctica del sistema, al igual que el caso anterior no se tiene evidencia correlacional con sus similares descritos en los antecedentes de la presente investigación donde se puede verificar, los resultados similares que se presentan en la investigación de López y Moscoso (2023), quienes, en un sistema híbrido experimental instalado en Arequipa, reportaron un valor de 30% de generación eólica. Asimismo, Chagua y

Valdivia (2015), en un estudio experimental en Puno, reportaron un aporte de 29% del recurso eólico, esto se puede explicar respecto a la ubicación geográfica del sistema, ya que las aplicaciones con mayor tangibilidad respecto a resultados con mayor aportación se evidencian con zonas de estudio cercanas a la costa y con mínima altitud, con cuyas características se puede tener un mayor aprovechamiento eólico, aunque, es menester destacar parámetros de mayor potencia y altitud geométrica de los aerogeneradores.

Para la obtención de la viabilidad económica, siguiendo el enfoque de Granados (2019), en donde se tomaron en cuenta los indicadores económicos como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) para evaluar la viabilidad del sistema híbrido solar-eólico para una vivienda unifamiliar rural. Los resultados obtenidos son positivos ya que se tiene un TIR del 11.3% siendo mayor a la tasa de interés del 3.5%, basado en el estudio que realizó Chavez y Solis (2021) en la cual respaldan la implementación de este sistema sostenible ya que obtuvo un TIR 12%. Así mismo Gamarra (2019) nos indica que es conveniente económicamente viable ya que con esta implementación obtenemos beneficios ambientales y aprovechamos el potencial energético de la combinación solar-eólica.

En consecuencia, la estimación de la producción energética en función del potencial solar y eólico y así mismo junto con el análisis económico, ofrece una base sólida tanto técnica como financiera para justificar la adopción de este sistema híbrido en viviendas rurales. El uso de metodologías comprobadas fortalece el proyecto y aumenta las probabilidades de éxito en su implementación.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El sistema híbrido de 1 kW instalado en la Sede Ayabacas logró satisfacer completamente la demanda energética diaria de una vivienda rural, estimada en 2016 Wh/día. Se identificó que la radiación solar constituye la principal fuente de generación, con un aporte del 98.23%, mientras que el recurso eólico contribuyó con el 1.76% restante. En cuanto al análisis económico, el sistema resultó viable, aunque con rentabilidad moderada, alcanzando una TIR del 11.3%, superior a la tasa de interés aplicada. Estos resultados confirman la viabilidad técnica moderada y económica del sistema.

Durante el periodo de evaluación, el recurso solar aportó el 98.23% de la energía total generada, lo que confirma su predominio dentro del sistema híbrido. Esta alta participación se debe a la elevada radiación solar disponible en la zona de estudio confirmando su mayor influencia en el sistema.

Con respecto al segundo objetivo, durante el periodo de evaluación, el recurso eólico aportó solo el 1.76% de la energía total generada, debido a la baja disponibilidad y constancia del viento en la zona. Esto resalta la importancia de evaluar previamente el potencial eólico al diseñar sistemas híbridos.

Concluyendo el estudio con el tercer objetivo propuesto, Según el análisis económico del sistema híbrido determinó un VAN de S/. 9214.52, una TIR del 11.3% y una relación beneficio-costos de 2.41, con un periodo de recuperación de 9 años y 2 meses. Estos indicadores confirman que el proyecto es económicamente viable ya que el TIR supera a la tasa de interés aplicada, con una rentabilidad moderada frente a la inversión inicial.

5.2. Recomendaciones

Se sugiere llevar a cabo estudios adicionales que consideren la variabilidad de la potencia generada por los aerogeneradores en zonas con mayor constancia en la velocidad del viento, la cual permitirán evaluar su eficiencia y mejor aprovechamiento.

Se recomienda llevar a cabo investigaciones adicionales sobre el potencial de recursos complementarios, como la biomasa, con el fin de diversificar y estabilizar la generación de energía en sistemas híbridos rurales.

Para futuras investigaciones, se recomienda garantizar una conexión a internet estable y continua, que permita el uso eficiente de la plataforma VRM de Victron Energy para el monitoreo remoto en tiempo real del sistema híbrido.

Los equipos donados desempeñan un papel crucial en la fase de monitoreo y control en la recolección de datos en tiempo real, proporcionando una valiosa oportunidad para generar un conocimiento más profundo sobre su funcionamiento y desempeño del sistema. También pueden servir como herramienta para capacitar a estudiantes y personal en el manejo de tecnologías de energía renovable, como los sistemas híbridos solar-eólicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, S., Tahir, M., Butt, M. A., & Khan, M. B. (2021). *Hybrid solar-wind energy systems for off-grid power supply: A comprehensive review of recent developments*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 144, 111045.
- Bautista, E. (2022). *Implementación de una herramienta de monitorización y control para un sistema híbrido eólico-fotovoltaico con integración a la red eléctrica*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12513>
- Beltran, N., Salcedo, M., & Trigoso, F. (2016). *Análisis económico de un sistema fotovoltaico conectado a la red en Arequipa*. XXIII simposio peruano de energía solar y del ambiente (XXIII-SPES) Huancayo.
- Benito, G., & Ruiz, K. (2018) *Análisis beneficio-costo de la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaica en el campus aguas claras de la Universidad Santo Tomás, Villavicencio, Meta*. (tesis de maestría). Universidad Santo Tomás, Villavicencio, Colombia
- Burkhard, K., et al. (2021). *Battery Cycle Life Analysis in Renewable Energy Systems*. *Journal of Energy Storage*. Castejón, A., y Santamaría, G. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas* (1.^a ed.). Editorial Editex. ISBN: 978-84-9771-655-0
- Castejón, A., y Santamaría, G. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas* (1.^a ed.). Editorial Editex. ISBN: 978-84-9771-655-0
- Chagua, B. y Valdivia, C. (2017). *Estudio experimental de la eficiencia de un módulo de generación eléctrica híbrida solar-eólica para la EPIME-Puno, 2015*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional UNAP. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/4665>
- Chavez, T. y Solis, E. (2021). *Diseño de un sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado para electrificación rural en el anexo quebrada Honda, distrito de Catache-Cajamarca*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Callao]. Repositorio Institucional UNAC. <https://hdl.handle.net/20.500.12952/6606>

- Chercca, J. (2014). *Aprovechamiento del recurso eólico y solar en la generación de energía eléctrica y la reducción de emisiones de CO₂ en el poblado rural la gramita de Casma*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional UNI. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/1694>.
- Gamarra, R (2019). *Diseño de un Sistema de Generación de Energía Eléctrica Híbrido Eólico-Solar para el Fundo Huasacache de la U.C.S.M.* [Tesis de pregrado. Universidad Católica de Santa María]. Repositorio Institucional UCSM. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/8878>
- Granados, M. (2019). *Propuesta de un sistema de generación híbrido eólico fotovoltaico conectado a red para suministrar con energía eléctrica a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo]. Repositorio Institucional UNPRG. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8006>.
- Islam, M. R., Mekhilef, S., Saidur, R., Rahim, N. A., & Solangi, K. H. (2021). *Progress and recent trends of wind energy technology*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 1335-1349.
- Kumar, K., Devi, V. L., Dhanamjayulu, C., Kotb, H., & Elrashidi, A. (2024). *Evaluation and deployment of a unified MPPT controller for hybrid Luo converter in combined PV and wind energy systems*.
- Mertens, K. (2014). *Photovoltaics: fundamentals, technology and practice [Fotovoltaica: fundamentos, tecnología y práctica]* (1.^a ed.). Congress Cataloging-in-Publication Data. ISBN: 978-1-118-63416-5.
- Mete, M. (2014). *Valor actual neto y tasa de retorno: su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversión*. *Fides et ratio*, Bolivia, 7. 67-85
- Ministerio de Economía y Finanzas (2011). *Guía Simplificada para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Electrificación Rural, a Nivel de Perfil*. https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/instrumentos_metod/energia/Diseno_ELECTRIFICACION_RURAL_corregido.pdf.

- López R. (2020). Valor Actual Neto & Tasa Interna de Retorno. Universidad Nacional de Tucumán Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología.
- Lopez Cayo, E. G., & Moscoso Dongo, A. G. (2023). *Implementación de un módulo híbrido solar y eólico para el estudio de la energía eléctrica.*
- Lu, Z., & Zhou, S. (2018). *Integration of Large Scale Wind Energy with Electrical Power Systems in China..*
- Peddapelli, S. K., & Virtic, P. (2023). *Wind and Solar Energy Applications*
- Santa, K. (2018). *Diseño de un sistema híbrido eólico fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica del centro poblado nueva Esperanza ubicado en el distrito de Catache-Santa Cruz – Cajamarca.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo]. Repositorio Institucional UNPRG.
<https://hdl.handle.net/20.500.12893/2823>
- Schallenberg, J., Piernavieja, G., Hernández, C., Unamunzaga, P., García, R. Díaz, M., Cabrera, D., Martel, G., Pardilla, J., y Subiela, V. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética* (1.^a ed.). Instituto Tecnológico de Canarias. ISBN: 978-84-69093-86-3
- Serván, J. (2014). *Análisis técnico-económico de un sistema híbrido de baja potencia eólico solar conectado a la red.* [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional PIRHUA.<https://hdl.handle.net/11042/2038>.
- Ullah, K., Habib, S., Rahman, A., & Khan, I. (2022). *Economic and environmental benefits of hybrid solar-wind energy systems in remote areas.* Energy Reports, 8, 591-603.
- Vasquez, J. (2019). *Diseño de un sistema eléctrico híbrido eólico - solar simulado con homer para atender la demanda eléctrica del caserío Lanchemonchos - Chota – Cajamarca.* [Tesis de pregrado. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional UNPRG. [.https://hdl.handle.net/20.500.12893/5487](https://hdl.handle.net/20.500.12893/5487).
- Victron Energy B.V. (2020). Which solar charge controller: PWM or MPPT.
- Victron Energy. (2022). *Manual de usuario del monitor de batería BMV-712 Smart.* Victron Energy.

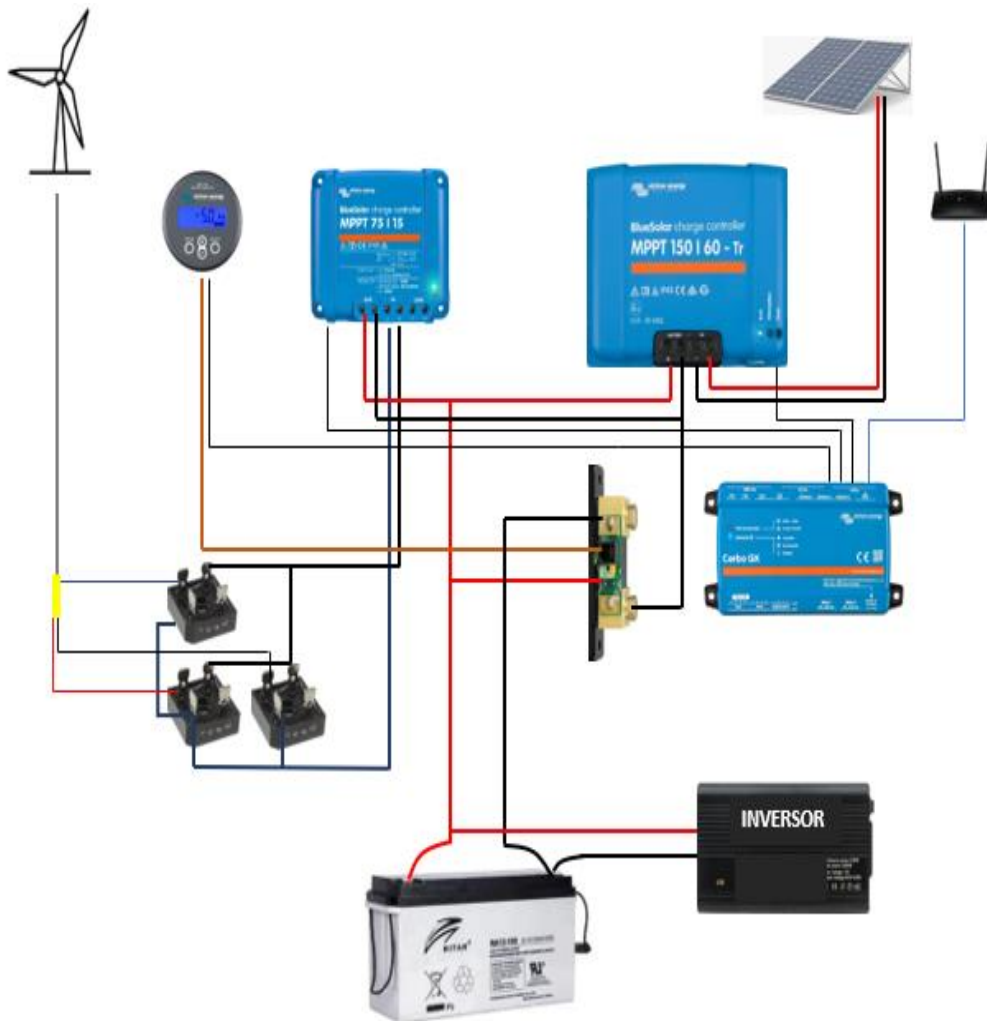
Victron Energy. (2022). *Cerbo GX - Manual del usuario*. Victron Energy.

Victor, J., et al. (2021). *Voltage and Frequency Stability in Hybrid Energy Systems*. IEEE Transactions on Power Electronics.

Zhao, X., Liu, G., Peng, Z., Zhang, W., & Yang, L. (2022). *Advances in wind resource assessment techniques for wind energy generation*. Energy Reports, 8, 1024-1035.

ANEXOS

Anexo 1. Diagrama de instalación del sistema híbrido



Nota: Diagrama de conexión del sistema aislado híbrido solar-eólico que muestra los componentes principales: panel solar, aerogenerador, controladores de carga, monitor de batería, Cerbo GX, inversor y banco de baterías.

Anexo 2. Montaje de estructura



Nota. Montaje de estructura para el soporte de los módulos fotovoltaicos.

Anexo 3. Montaje de los módulos fotovoltaicos



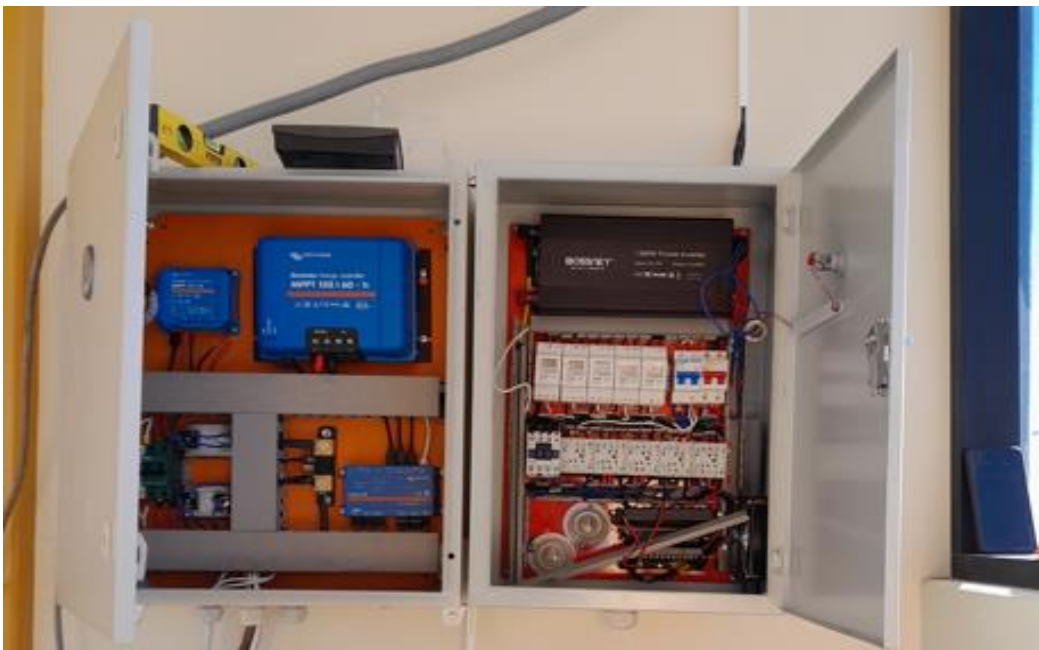
Nota. Montaje de los módulos fotovoltaicos.

Anexo 4. Montaje de los componentes del sistema



Nota. Montaje de los componentes del sistema híbrido (controladores de carga, cerbo gx y monitor de batería).

Anexo 5. Gabinete de control



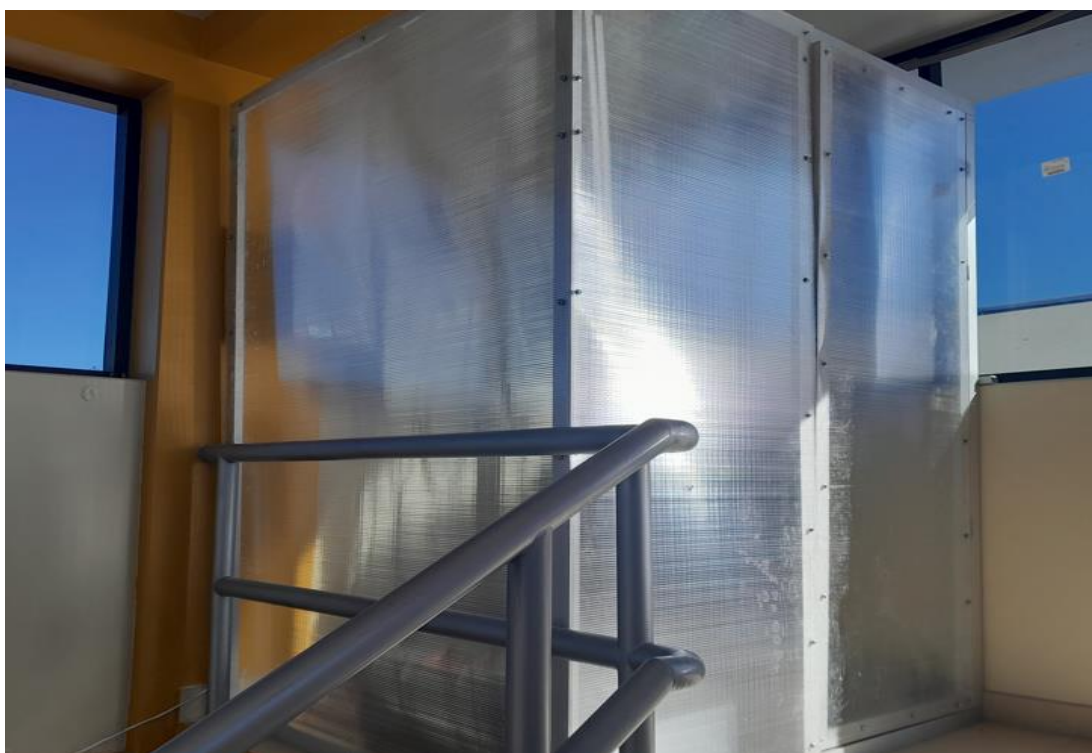
Nota. Figura que muestra el gabinete de control y los componentes del sistema.

Anexo 6. Banco de cargas



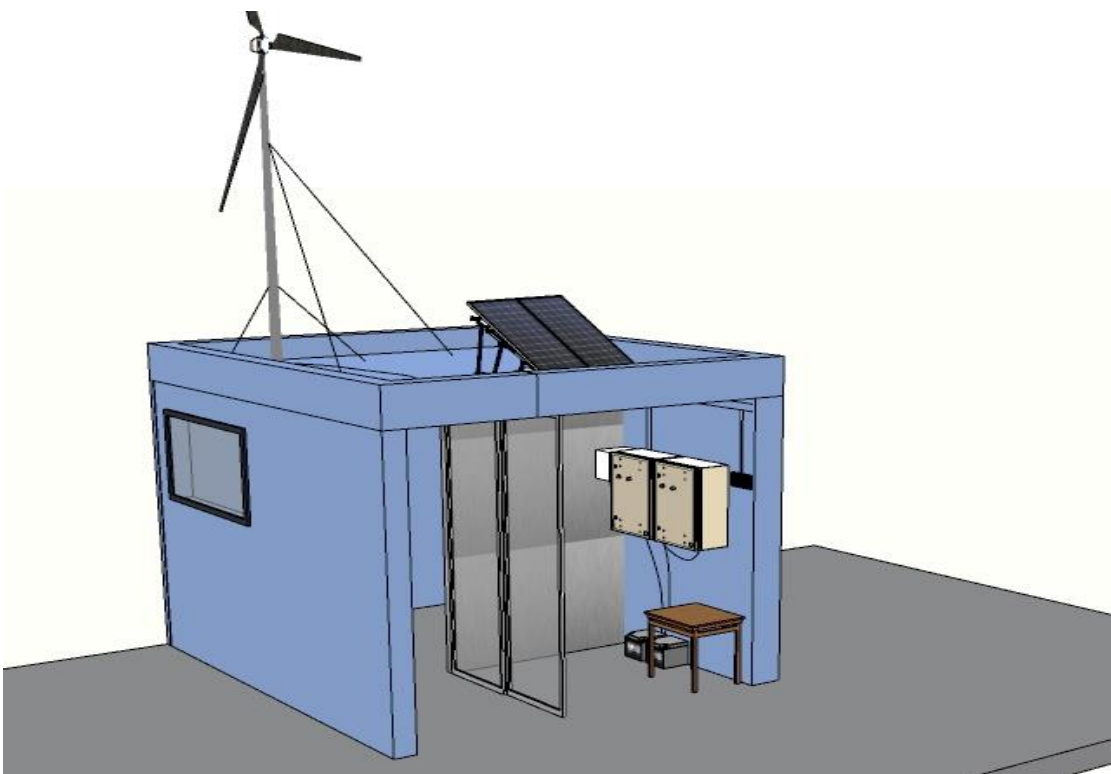
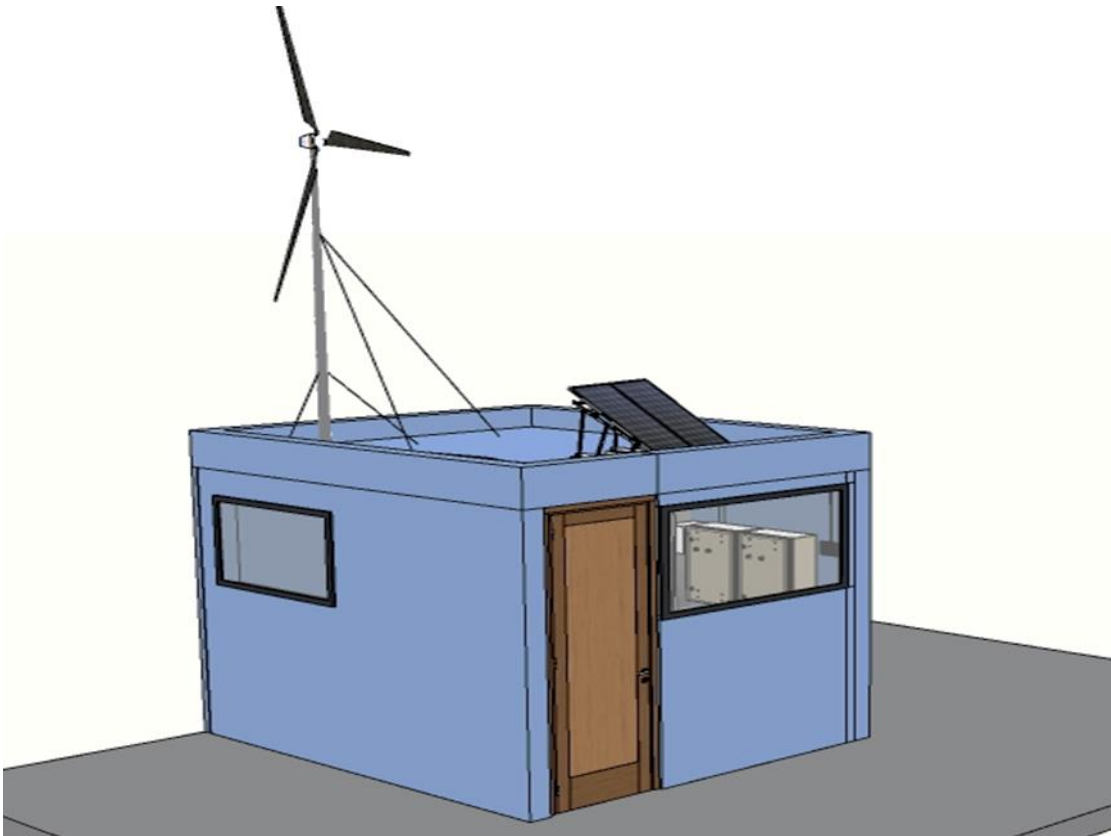
Nota. La imagen muestra representación del banco de cargas

Anexo 7. Implementación de caseta de control



Nota. En la figura se muestra la implementación de un módulo de control y monitoreo del sistema híbrido.

Anexo 8. El montaje del sistema hibrido solar-eolico instalado en la universidad nacional de juliaca



Anexo 9. Ficha técnica del módulo fotovoltaico 340W-360W

 Sunpal Power Co., Ltd.  0086-551-65865992  info@sunpalpower.com  www.sunpalpower.com



SP360M6-72 SERIES

Mono-crystalline 72Cells 340W-360W



- 10** 10-year product workmanship warranty
- 10** 10-year guarantee for 90% rated power
- 25** 25-year guarantee for 80% rated power

 +5Wp <p>Excellent power generation performance Guaranteed 0~+5W positive rated power tolerance ensures more power generation every day.</p>	 PID <p>Long weather resistance Excellent anti-PID (Potential Induced Degradation) Certified in fireproofing for safety.</p>
 *** <p>Stable mechanical performance Passed rigorous hail test. Withstands 5400Pa snow and 2400Pa wind loads.</p>	 Temperature <p>Lower temperature coefficient Improved temperature coefficient decreases power loss in the high temperature application.</p>
 Low-light <p>Low-light Performance Advanced glass and solar cell surface texturing allow for excellent performance in low-light environments.</p>	 Quality <p>Superior quality control ISO 9001:2015 Quality Management System 100% EL and appearance inspection.</p>

MONOCRYSTALLINE 72 CELLS SOLAR MODULE 340W-360W

ELECTRICAL DATA(STC)

Module	SP340M6-72	SP345M6-72	SP350M6-72	SP355M6-72	SP360M6-72
Peak Power Watts(Pmax/W)	340	345	350	355	360
Power Output Tolerance(W)	0 ~ +5				
Maximum Power Voltage(Vmp/V)	38.2	38.4	38.6	38.8	39.0
Maximum Power Current(Imp/A)	8.91	8.99	9.07	9.15	9.23
Open Circuit Voltage(Voc/V)	46.5	46.8	47.0	47.3	47.6
Short Circuit Current(Isc/A)	9.40	9.49	9.58	9.66	9.74
Module Efficiency(%)	17.5	17.7	18.0	18.3	18.5

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5.
*Measuring tolerance: ±3%.

ELECTRICAL DATA(NOCT)

Maximum Power(Pmax/W)	245	248	252	255	258
Maximum Power Voltage(Vmp)	34.8	34.9	35.1	35.3	35.5
Maximum Power Current(Imp)	7.05	7.12	7.18	7.25	7.28
Open Circuit Voltage(Voc)	42.6	42.8	43.0	43.3	43.6
Short Circuit Current(Isc)	7.61	7.68	7.75	7.82	7.89

NOCT: Irradiance 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline 156.75 × 156.75 mm (6 inches)
Cell Orientation	72 cells (6 × 12)
Module Dimensions	1960 × 992 × 40 mm (77.17 × 39.06 × 1.57 inches)
Weight	22.5 kg (49.6 lb)
Glass	3.2 mm (0.13 inches), High Transmission, AR Coated Tempered Glass
Backsheet	White
Frame	Silver / Black Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP 67 or IP 68 rated
Cables	4.0mm ² 1200 mm (47.24 inches)
Connector	MC4

TEMPERATURE RATINGS

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	44°C (±2°C)
Temperature Coefficient of Pmax	-0.41%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.31%/°C
Temperature Coefficient of Isc	+0.05%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40 ~ +85°C
Maximum System Voltage	1000V DC (IEC)
	1000V DC (UL)
Max Series Fuse Rating	15A

WARRANTY

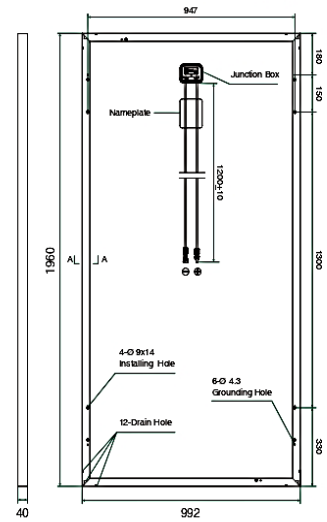
10 year Product Workmanship Warranty
25 year Linear Power Warranty

(Please refer to product warranty for details)

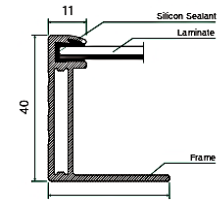
PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box: 27 pieces
Modules per 40' container: 648 pieces

DIMENSIONS OF PV MODULE(mm)

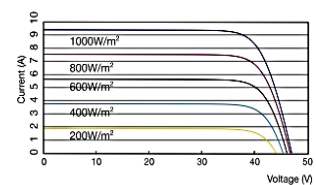


Back View

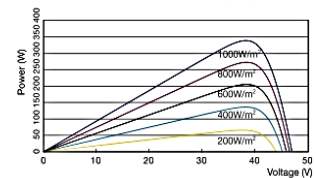


(A-A)

I-V CURVES OF PV MODULE(340W)



P-V CURVES OF PV MODULE(340W)



Anexo 10 . Ficha técnica controladora de carga BlueSolar MPPT 100/15



Controladores de carga BlueSolar MPPT 75/10, 75/15 y MPPT 100/15



Controlador de carga solar MPPT 75/15



Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT, por sus siglas en inglés).

Especialmente con cielos nublados, 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.

Salida de carga

Se puede evitar que la batería se descargue en exceso conectando todas las cargas a la salida de carga. Esta salida desconectará la carga cuando la batería se haya descargado cuando llegue a una tensión preestablecida. También se puede optar por establecer un algoritmo de gestión inteligente de la batería: ver BatteryLife.

La salida de carga es a prueba de cortocircuitos.

Algunas cargas (especialmente los inversores) pueden conectarse directamente a la batería, y el control remoto del inversor a la salida de carga. Puede que se necesite un cable de interfaz especial; por favor, consulte el manual.

BatteryLife: gestión inteligente de la batería

Cuando un controlador de carga solar no es capaz de recargar la batería a plena capacidad en un día, lo que sucede es que el ciclo de la batería cambia continuamente entre los estados "parcialmente cargada" y "final de descarga". Este modo de funcionamiento (sin recarga completa periódica) destruirá una batería de plomo-ácido en semanas o meses.

El algoritmo BatteryLife controlará el estado de carga de la batería y, si fuese necesario, incrementará día a día el nivel de desconexión de la carga (esto es, desconectará la carga antes) hasta que la energía solar recogida sea suficiente como para recargar la batería hasta casi el 100%. A partir de ese punto, el nivel de desconexión de la carga se modulará de forma que se alcance una recarga de casi el 100% alrededor de una vez a la semana.

Algoritmo de carga de batería programable

Consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web para más información.

Temporizador día/noche y opción de regulador de luminosidad

Consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web para más información.

Programación y opciones de visualización del historial y de datos en tiempo real

- ColorControl GX u otros dispositivos GX: consulte los documentos Venus en nuestro sitio web.
- Un *smartphone* u otro dispositivo con Bluetooth: se necesita la mochila VE.Direct Bluetooth Smart.

Controlador de carga BlueSolar	MPPT 75/10	MPPT 75/15	MPPT 100/15
Tensión de la batería	Selección automática: 12/24 V		
Corriente de carga nominal	10A	15A	15A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	145W	220W	220W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	290W	440W	440W
Max. corriente de cortocircuito PV 2)	10A	15A	15A
Desconexión automática de la carga	Sí, carga máxima 15A		
Tensión máxima del circuito abierto FV	75V		100V
Eficiencia máxima	98%		
Autoconsumo	12V: 20 mA 24V: 10 mA		
Tensión de carga de "absorción"	14,4V / 28,8V (ajustable)		
Tensión de carga de "flotación"	13,8V / 27,6V (ajustable)		
Algoritmo de carga	variable multietapas		
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32mV / °C resp.		
Corriente de carga continua/cresta	15A/50A		
Desconexión de carga por baja tensión	11,1V / 22,2V o 11,8V / 23,6V o algoritmo de BatteryLife		
Reconexión de carga por baja tensión	13,1V / 26,2V o 14V / 28V o algoritmo de BatteryLife		
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible) Corto circuito de salida / sobrecalentamiento		
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 Consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web		
CARCASA			
Color	Azul (RAL 5012)		
Terminales de conexión	6 mm ² / AWG10		
Tipo de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexiones)		
Peso	0,5 kg		
Dimensiones (al x an x p)	100 x 113 x 40mm		
STANDARDS			
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2		

1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la potencia de entrada.

1b) La tensión FV debe exceder en 5V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador.

Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.

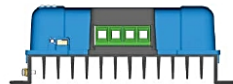
2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador.

Anexo 11. Ficha técnica controladora de carga BlueSolar MTTP 150/100

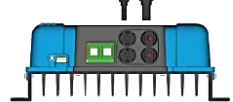


Controladores de carga BlueSolar con conexión roscada- o MC4 PV MPPT 150/45, MPPT 150/60, MPPT 150/70, MPPT 150/85, MPPT 150/100

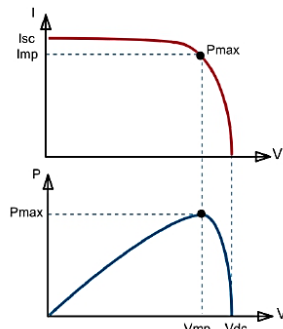
www.victronenergy.com



Controlador de carga solar
MPPT 150/70-Tr



Controlador de carga solar
MPPT 150/70-MC4



Seguimiento del punto de potencia máxima

Curva superior:
Corriente de salida (I) de un panel solar como función de tensión de salida (V).
El punto de máxima potencia (MPP) es el punto Pmax de la curva en el que el producto de I x V alcanza su pico.

Curva inferior:
Potencia de salida P = I x V como función de tensión de salida.
Si se utiliza un controlador PWM (no MPPT) la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, e inferior a Vmp.

Seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en inglés)

Especialmente con cielos nublados, 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 tienden a seleccionar un MPP local, que pudiera no ser el MPP óptimo. El innovador algoritmo de BlueSolar 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

Algoritmo de carga totalmente programable (consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web), y ocho algoritmos preprogramados, seleccionables mediante interruptor giratorio (ver manual para más información).

Amplia protección electrónica

Protección de sobretensión y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.

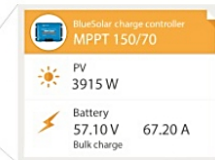
Protección de corriente inversa FV.

Sensor de temperatura interna

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

Opciones de datos en pantalla en tiempo real

- Smartphones, tabletas y otros dispositivos Apple y Android consulte "Mochila inteligente de conexión VE.Direct a Bluetooth"
- Panel ColorControl



Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/45	MPPT 150/60	MPPT 150/70	MPPT 150/85	MPPT 150/100
Tensión de la batería	Selección automática 12 / 24 / 48 V (se necesita una herramienta de software)				
Corriente de carga nominal	45 A	60 A	70 A	85 A	100 A
Potencia FV máxima, 12V 1a,b)	650 W	860 W	1000 W	1200 W	1450 W
Potencia FV máxima, 24V 1a,b)	1300 W	1720 W	2000 W	2400 W	2900 W
Potencia FV máxima, 48V 1a,b)	2600 W	3440 W	4000 W	4900 W	5800 W
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 14,5 V en arranque y funcionando al máximo				
Eficacia máxima	98 %				
Autoconsumo	10 mA				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6 (ajustable)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2 V (ajustable)				
Algoritmo de carga	variable multietapas				
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.				
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretensión				
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)				
Humedad	95 % sin condensación				
Puerto de comunicación de datos y on-off remoto	VE.Direct (consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)				
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)				

CARCASA	
Color	Azul (RAL 5012)
Terminales FV 2)	35 mm ² /AWG2 (modelos Tr), o conectores Dual MC4 (modelos MC4)
Bornes de batería	35 mm ² / AWG2
Tipo de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)
Peso	3 kg 4,5 kg
Dimensiones (á x an x p)	Modelos Tr: 185 x 250 x 95 mm Modelos MC4: 215 x 250 x 95 mm Modelos Tr: 216 x 295 x 103 mm Modelos MC4: 246 x 295 x 103 mm

ESTÁNDARES	
Seguridad	EN/IEC 62109
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la potencia de entrada al máximo estipulado.	
1b) La tensión FV debe exceder en 5V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador.	
Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.	
2) Modelos MC4: se necesitarán varios separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares	



Anexo 12. Ficha técnica de la batería RITAR DG12-150Ah



Specification

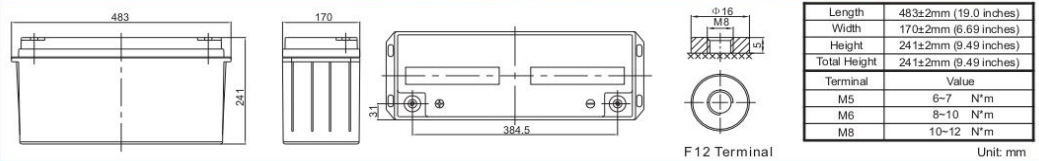
Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	150Ah@20hr-rate to 1.75V per cell @25°C
Weight	Approx. 44.0 Kg (Tolerance ± 3.0%)
Internal Resistance	Approx. 6.0 mΩ
Terminal	F12(M8) / F5(M8)
Max. Discharge Current	1500A (5 sec)
Design Life	15 years (floating charge)
Max. Charging Current	30.0 A
Reference Capacity	C3 102.3AH C5 115.5AH C10 132.0AH C20 150.0AH
Float Charging Voltage	13.6 V~13.8 V @ 25°C Temperature Compensation: -3mV/°C/Cell
Cycle Use Voltage	14.2 V~14.4 V @ 25°C Temperature Compensation: -4mV/°C/Cell
Operating Temperature Range	Discharge: -40°C~60°C Charge: -20°C~50°C Storage: -40°C~60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C ± 5°C
Self Discharge	RITAR Valve Regulated Lead Acid (VRLA) batteries can be stored for up to 6 months at 25°C, and then recharging is recommended. Monthly Self-discharge ratio is less than 2% at 20°C. Please charged batteries before using.
Container Material	A.B.S. UL94-HB, UL94-V0 Optional.



DG (Deep Cycle GEL) series is pure GEL battery with 15 years floating design life, it is ideal for standby or frequent cyclic discharge applications under extreme environments. By using strong grids, high purity lead and patented GEL electrolyte, the DG series offers excellent recovery capability after deep discharge under frequent cyclic discharge use, and it can offers 2 times cyclic life than the standard series. It is suitable for solar & wind system, marine, deep discharge UPS etc.



Dimensions



Constant Current Discharge Characteristics : A(25°C)

F.V./Time	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	245.6	199.2	130.7	81.5	49.8	37.3	29.8	25.0	16.9	13.9	7.81
1.65V	232.1	190.4	125.5	78.7	48.2	36.2	29.0	24.3	16.7	13.8	7.68
1.70V	213.6	178.3	119.9	76.1	46.6	35.2	28.2	23.7	16.4	13.5	7.59
1.75V	195.6	166.0	114.6	73.3	45.0	34.1	27.5	23.1	16.2	13.4	7.50
1.80V	177.0	153.2	109.5	70.5	43.4	33.1	26.7	22.5	15.9	13.2	7.42
1.85V	144.7	127.2	94.3	63.2	39.7	30.6	24.8	21.0	15.0	12.4	7.05

Constant Power Discharge Characteristics : WPC(25°C)

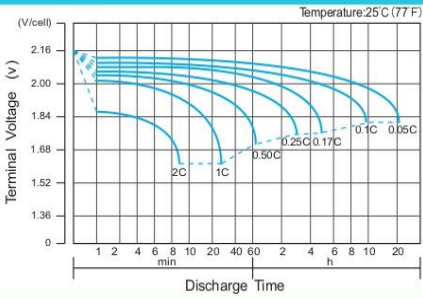
F.V./Time	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	474.4	395.7	269.7	173.9	107.2	81.0	65.0	54.7	37.5	31.1	17.5
1.65V	451.4	380.3	261.2	169.2	104.3	79.0	63.4	53.5	37.1	30.7	17.2
1.70V	428.4	364.9	252.6	164.5	101.4	77.0	61.9	52.3	36.6	30.3	17.0
1.75V	399.2	344.5	243.9	159.4	98.3	75.0	60.6	51.1	36.2	30.0	16.8
1.80V	367.6	322.6	235.5	154.2	95.3	73.0	59.1	50.0	35.7	29.6	16.7
1.85V	305.8	271.5	204.8	139.2	87.8	67.8	55.1	46.8	33.6	27.9	15.9

(Note) The above characteristics data are average values obtained within three charge/discharge cycle not the minimum values.
The battery must be fully charged before the capacity test. The C₂₀ should reach 95% after the first cycle and 100% after the third cycle.

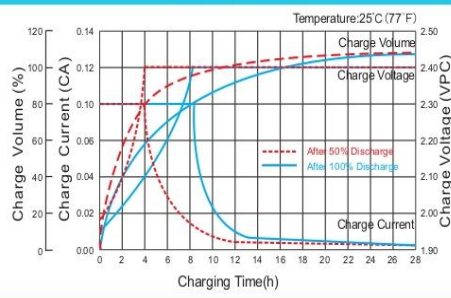
DG12-150(12V150Ah)



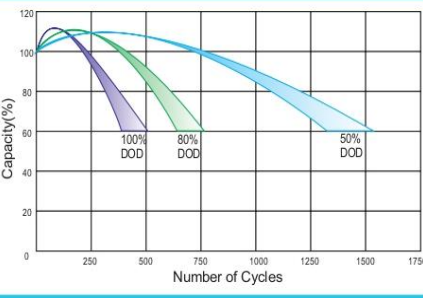
Discharge Characteristics Curve



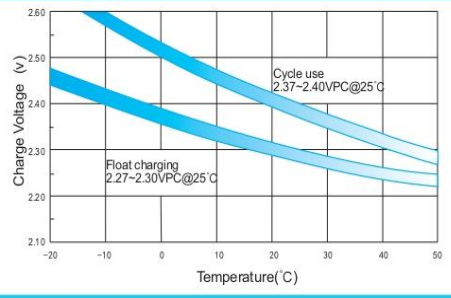
Charge Characteristic Curve for Cycle Use(IU)



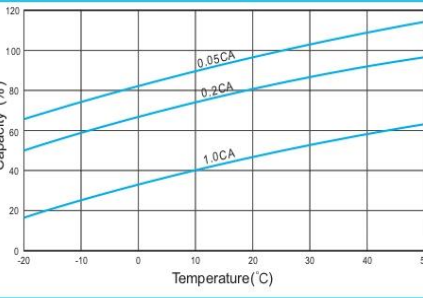
Cycle Life in Relation to Depth of Discharge



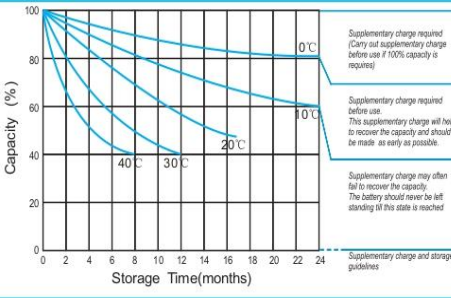
Relationship Between Charging Voltage and Temperature



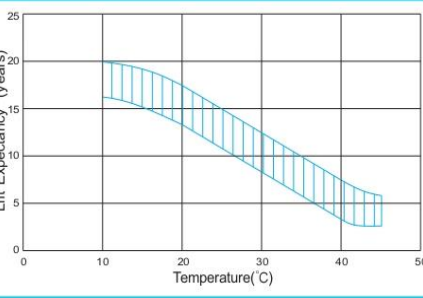
Temperature Effects on Capacity



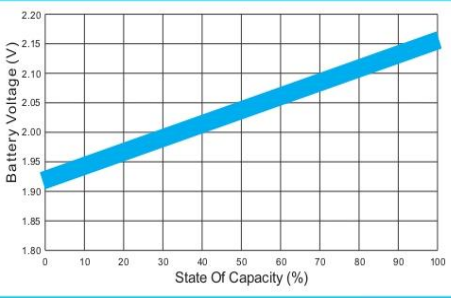
Storage Characteristics



Effect of Temperature on Long Term Life



Relationship of OCV And State of Charge(20°C)



(Note) All above information shall be changed without prior notice, Ritar reserves the right to explain and update the latest information.

HENGYANG RITAR POWER CO.,LTD.
 URL: www.ritarpower.com

Add: No.1 Huagong Road, Songmu Industrial Park, Shigu District, Hengyang, Hunan, China 421001
 Tel: +86-734-8595528 Fax: +86-734-8595518 E-mail: sales@ritarpower.com Version 20B-0

Anexo 13. Ficha técnica Cerbo GX Touch 50



Cerbo GX and GX Touch 50

www.victronenergy.com



Cerbo GX

Cerbo GX: communication-centre

This communication-centre allows you to always have perfect control over your system from wherever you are and to maximise its performance. Simply access your system via our Victron Remote Management (VRM) portal, or access it directly, using the optional GX Touch 50 screen, a Multi-Functional Display (MFD) or our VictronConnect app thanks to its Bluetooth capability.

GX Touch 50: display accessory

The GX Touch 50 is a display accessory for the Cerbo GX. The five inch touch screen display gives an instant overview of your system and allows you to adjust settings. Simply connect the display to the Cerbo GX with just one cable. The GX Touch 50 has a waterproof design, has a top-mountable setup and is simple to install.



Accessories included with the Cerbo GX

Remote Console on VRM

Monitor, control and configure the Cerbo GX remotely, over the internet. Just like if you were standing in front of the device, using Remote Console. The same functionality is also available on the local network LAN, or using the WiFi Access Point of the Cerbo GX.

Perfect monitoring & control

Instantly monitor the battery state of charge, power consumption, power harvest from PV, generator, and mains, or check tank levels and temperature measurements. Easily control the shore power input current limit, (auto)start/stop generator(s) or change any setting to optimise the system. Follow up on alerts, perform diagnostic checks and resolve complications remotely.

Simple mounting and configuration

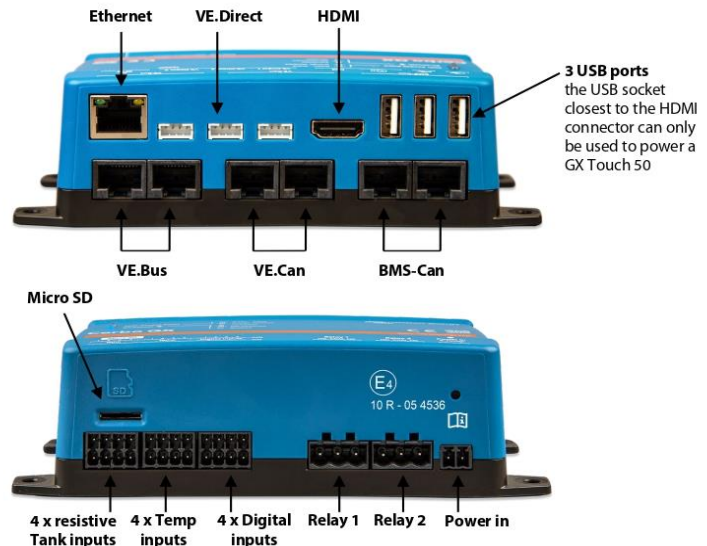
The Cerbo GX is easily mountable and can also be mounted on a DIN-Rail using the DIN35 adapter small, (not included). Its separate touchscreen can be bolted on a dashboard, eliminating the need to create perfect cut-outs (like with the Color Control GX). Connection is easy via just one cable, taking away the hassle of having to bring many wires to the dashboard. The Bluetooth feature enables a quick connection and configuration via our VictronConnect app.



GX Touch 50 (optional display for Cerbo GX)



Accessories included with the GX Touch 50



3 USB ports
the USB socket closest to the HDMI connector can only be used to power a GX Touch 50

WiFi indicator LED
The Cerbo GX can connect to a WiFi Network

Bluetooth indicator LED
The Cerbo GX can be accessed directly via Bluetooth using the VictronConnect app



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



Cerbo GX	
Supply voltage	8 – 70V DC
Mounting	Wall or DIN rail (35mm) ⁽²⁾
Communication ports	
VE.Direct ports (always isolated)	3 ⁽³⁾
VE.Bus (always isolated)	2 paralleled RJ45 sockets
VE.Can	yes - non isolated
Other	
Outer dimensions (h x w x d)	78 x 154 x 48 mm
Operating temperature range	-20 to +50°C
Standards	
Safety	tbd
EMC	tbd
Automotive	tbd
GX Touch 50	
Mounting	With included mounting accessories
Display Resolution	800x480
Other	
Outer dimensions (h x w x d)	87 x 128 x 12.4 mm
Cable length	2 meter
Notes	
<ol style="list-style-type: none"> For more detailed information about the Cerbo GX and the GX Touch 50, please visit the Victron GX product range page at Victron live: www.victronenergy.com/live/venus-os:start DIN rail mounting requires additional accessory - DIN35 Adapter. The listed maximum on the 'Performance' section in above table is the total connected VEDirect devices such as MPPT Solar Charge controllers. Total means all directly connected devices plus the devices connected over USB. The limit is mostly bound by CPU processing power. Note that there is also a limit to the other type of devices of which often multiple are connected: PV Inverters. Up to three or four three phase inverters can typically be monitored on a CCGX. Higher power CPU devices can monitor more. 	

Optional accessories



GX Touch 50 adapter for CCGX cut-out
This adapter is designed to easily replace the CCGX display with the newer GX Touch 50. Contents of the packaging are the metal bracket, the plastic bezel, and four mounting screws.



Temperature sensor for Quattro, MultiPlus and GX Device (such as the Cerbo GX)



DIN35 adapter small
DIN-Rail adapter to easily mount a device on a DIN-Rail. Suitable for the Cerbo GX.

Anexo 14. Ficha técnica BMW- 712 Smart:bluetooth integrado



BMV-712 Smart: Bluetooth integrado

www.victronenergy.com



BMV-712 Smart



Embellecedor cuadrado BMV



Derivador BMV 500A/50mV
Con PCB de conexión rápida



Puede ver más capturas de pantalla en la hoja Informativa de la app VictronConnect BMV

Bluetooth integrado

Con su Bluetooth integrado, el BMV Smart está preparado para la era del Internet de los objetos (IoT). Gracias a que el Bluetooth está presente en la mayoría de los demás productos de Victron Energy, la comunicación inalámbrica entre productos simplifica la instalación de sistemas y mejora su rendimiento.

Descargue la app Victron Bluetooth

Utilice un smartphone u otro dispositivo con Bluetooth para

- personalizar los ajustes,
- consultar todos los datos importantes en una sola pantalla,
- ver los datos del historial y
- actualizar el software conforme se vayan añadiendo nuevas funciones.

Fácil de instalar:

Todas las conexiones eléctricas se hacen a la PCB de conexión rápida del derivador de corriente. El derivador se conecta al monitor mediante un cable telefónico estándar RJ12. Se incluye: Cable RJ 12 (10 m) y cable de batería con fusible (2 m); no se necesita más.

También se incluye una placa embellecedora frontal para la pantalla, cuadrada o redonda; una anilla de fijación trasera y tornillos para el montaje frontal.

Control de la tensión del punto medio

Una celda o una batería en mal estado podría destruir una grande y cara bancada de baterías. Cuando las baterías están conectadas en serie, se puede generar una oportuna alarma midiendo la tensión del punto medio. Por favor, consulte el manual del BMV, sección 5.2, para más información.

Le recomendamos nuestro **Battery Balancer** (BMS012201000) para maximizar la vida útil de las baterías de plomo-ácido conectadas en serie.

Bajo drenaje de corriente de la batería

Consumo de corriente: 0,7Ah al mes (1mA) @ 12V y 0,6Ah al mes (0,8mA) @ 24V

En especial, las baterías Li-Ion se quedan prácticamente sin capacidad alguna cuando se descargan hasta el nivel de desconexión por baja tensión.

Tras la desconexión por baja tensión de las celdas, la reserva de capacidad de una batería Li-Ion es de aproximadamente 1Ah por cada 100Ah de capacidad. La batería quedará dañada si se extrae la reserva de capacidad que queda en la batería. Una corriente residual de 10mA, por ejemplo, puede dañar una batería de 200 Ah si el sistema se deja en estado de descarga durante más de 8 días.

Relé de alarma biestable

Evita que el drenaje de corriente se incremente en caso de alarma.

Otras funciones

- Tensión, corriente, potencia, amperios-hora consumidos y estado de la carga de la batería
- Autonomía restante al ritmo de descarga actual.
- Alarma visual y sonora programable
- Relé programable, para desconectar cargas no críticas o para arrancar un generador en caso necesario.
- Derivador de conexión rápida de 500 amperios y kit de conexión
- Selección de la capacidad del derivador hasta 10.000 amperios
- Puerto de comunicación VE.Direct
- Almacena una amplia gama de datos históricos que pueden utilizarse para evaluar los patrones de uso y el estado de la batería
- Amplio rango de tensión de entrada: 6,5 – 70V
- Alta resolución de medición de la corriente: 10 mA (0,01A)
- Entrada adicional para medir la tensión (de una segunda batería), la temperatura o la tensión del punto medio y los ajustes correspondientes de alarma y relé

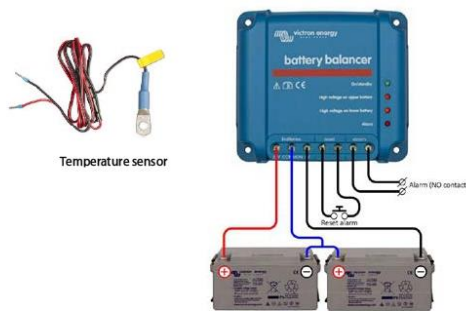
Monitor de baterías	
Modelo	BMV-712 Smart
Tensión de alimentación	6,5 – 70VCC
Drenaje de corriente; luz trasera apagada	< 1mA
Rango de tensión de entrada, batería auxiliar	6,5 – 70VCC
Capacidad de la batería (Ah)	1 - 9999Ah
Temperatura de trabajo	-40 +50°C (-40 - 120°F)
Mide la tensión de una segunda batería, o la temperatura o el punto medio	Sí
Rango de medición de la temperatura	-20 +50°C
Puerto de comunicación VE.Direct	Sí
Relé bistable	60V/1A normalmente abierto (la función puede invertirse)
RESOLUCIÓN Y PRECISIÓN (con derivador de 500 A)	
Corriente	± 0,01 A
Tensión	± 0,01 V
Amperios/hora	± 0,1 Ah
Estado de la carga (0 – 100%)	± 0,1%
Autonomía restante	± 1 min
Temperatura (0 - 50°C o 30 - 120°F)	± 1°C/°F
Precisión de la medición de la corriente	± 0,4%
Precisión de la medición de la tensión	± 0,3%
INSTALACIÓN Y DIMENSIONES	
Instalación	Montaje empotrado
Frontal	63mm de diámetro
Cubierta frontal	69 x 69mm (2,7 x 2,7 in)
Diámetro del cuerpo	52 mm (2,0 in)
Profundidad del cuerpo	31 mm (1,2 pulgadas)
NORMATIVAS	
Seguridad	EN 60335-1
Emisiones/Normativas	EN 55014-1 / EN 55014-2
Automoción	ECE R10-4 / EN 50498
ACCESORIOS	
Derivador (incluido)	500A/50mV
Cables (incluidos)	UTP de 10 metros, 6 seis hilos, con conectores RJ12, y cable con fusible para conexión " "
Sensor de temperatura	Opcional (ASS000100000)



Derivador de 1000A/50mV, 2000A/50mV y 6000A/50mV
El circuito impreso de conexión rápida del derivador estándar 500A/50mV también puede montarse en estos derivadores.



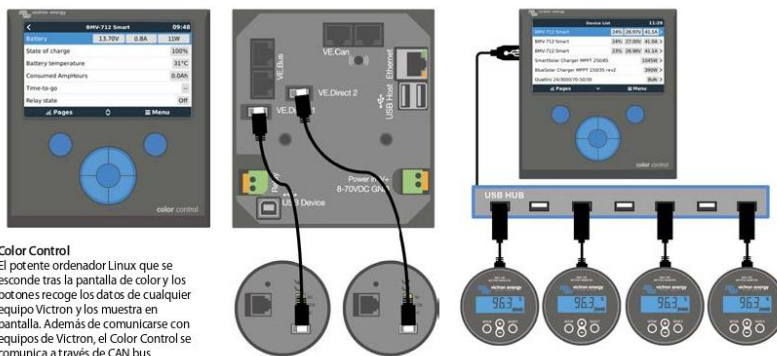
Cables de interfaz
- Cables VE.Direct para conectar un BMV 712 al Color Control (ASS030530xxx)
- Interfaz VE.Direct a USB (ASS030530000) para conectar varios BMV 70x al Color Control o a un ordenador.



Battery Balancer (BMS012201000)
El Battery Balancer (equilibrador de baterías) equilibra el estado de la carga de dos baterías de 12V conectadas en serie, o de varias cadenas paralelas de baterías conectadas en serie. En el caso de que la tensión de carga de un sistema de baterías de 24V aumente por encima de los 27V, el Battery Balancer se activará y comparará la tensión que llega a las dos baterías conectadas en serie. El Battery Balancer retirará una corriente de hasta 1A de la batería (o baterías conectadas en paralelo) que tenga la tensión más alta. El diferencial resultante de corriente de carga garantizará que todas las baterías converjan en el mismo estado de carga.

Si fuese necesario, se pueden poner varios equilibradores en paralelo.

Una bancada de baterías de 48V puede equilibrarse con tres Battery Balancer.



Color Control
El potente ordenador Linux que se esconde tras la pantalla de color y los botones recoge los datos de cualquier equipo Victron y los muestra en pantalla. Además de comunicarse con equipos de Victron, el Color Control se comunica a través de CAN bus (NMEA2000), Ethernet y USB. Los datos pueden almacenarse y analizarse en el Portal VRM.

Se pueden conectar hasta cuatro BMV directamente al Color Control.
Se pueden conectar incluso más BMV a un concentrador USB para llevar a cabo una monitorización centralizada.



Venus GX
El Venus GX ofrece un control y seguimiento intuitivos. Tiene la misma funcionalidad que el Color Control GX, con unos cuantos extras:
- un coste inferior, principalmente porque no tiene pantalla ni botones
- 3 entradas de emisor del depósito
- 2 entradas de sensor de temperatura

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



Anexo 15. Ficha técnica del inversor 12v/3000W



INVERSOR DC - AC
ONDA SENOIDAL PURA

300W - 600W
1000W - 1500W - 2000W - 2500W - 3000W

RoHS CE U_L

Los inversores Blue Solar son dispositivos electrónicos que convierten una baja tensión de CC (Corriente continua) a una de 220V CA (Corriente alterna), la cual puede ser utilizada para la alimentación de energía de su hogar o negocio. Blue Solar cuenta con múltiples protecciones y pruebas de seguridad, las cuales garantizan al usuario una experiencia segura y eficiente.

características

Protecciones internas

Blue Solar viene equipado con protecciones internas a modo de asegurar su funcionamiento.

- ✓ Protección por baja tensión
- ✓ Protección por cortocircuito
- ✓ Protección por sobrecarga
- ✓ Protección por sobretemperatura



Diseño amigable y ligero

Con un aspecto sencillo y su poco peso, el inversor Blue Solar se hace fácil de transportar, ya sea para salidas al aire libre u otras situaciones donde sea necesario llevarlo con usted.



Larga vida útil

Los componentes y materiales utilizados en la fabricación de nuestros equipos son de la más alta calidad asegurando así una larga vida útil.



Especificaciones técnicas

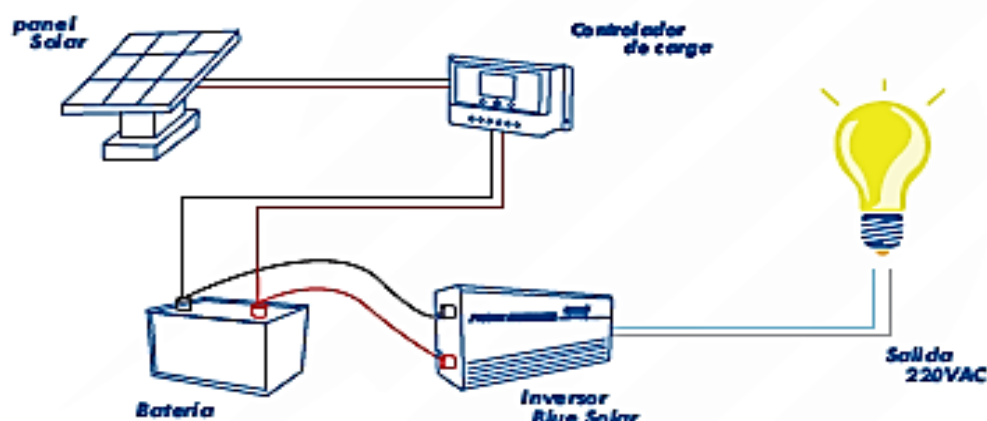
Modelo	BS-300P	BS-1000P	BS-1500P	BS-2000P	BS-2500P	BS-3000P
Potencia continua	300W	1000W	1500W	2000W	2500W	3000W
Potencia pico	120% < Carga < 150% de potencia nominal por 10s / 150% < Carga < 200% de potencia nominal por 2 segundos					
Dimensiones	130x105x53	310x150x70	290x220x90	320x220x90	380x220x90	360x220x150
Voltaje entrada CC	10.5V - 16Vdc (Modelo 12V) / 21V - 32 Vdc (Modelo 24V)					
Voltaje salida AC	220V-240 VAC +1%					
Frecuencia salida	50 /60 Hz + 1%					
Eficiencia	> 85%					
Forma de onda AC	Onda senoidal pura					

Onda Sinusoidal Pura



Si desea emplear un equipo exactamente de acuerdo a las especificaciones del fabricante, elija un inversor de onda senoidal pura. Con una onda senoidal pura, los dispositivos con motores eléctricos arrancan más fácilmente y funcionan de manera eficiente, reduciendo el calentamiento de los mismos. Impresoras láser, variadores de velocidad, refrigeradoras o congeladoras son algunos ejemplos de equipos que funcionan mejor con onda sinusoidal pura.

Diagrama de conexión



Copyright © 2020 by BlueSolar. All rights reserved

Anexo 16. Tabla del Flujo Económico anual para el escenario 2

Año	Energía (kWh)	tarifa (S./kWh)	Ahorro de Energía (S/.)	Mantenimiento y operación (S/.)	Ingreso (S/.)	Tiempo de Rec (Años)
					-6529.28	
1	895.68	0.551	582.776	65.293	517.483	-6011.80
2	895.68	0.579	611.915	65.293	546.622	-5465.17
3	895.68	0.608	642.511	65.293	577.218	-4887.96
4	895.68	0.638	674.636	65.293	609.343	-4278.61
5	895.68	0.670	708.368	65.293	643.075	-3635.54
6	895.68	0.704	743.786	65.293	678.493	-2957.05
7	895.68	0.739	780.976	65.293	715.683	-2241.36
8	895.68	0.776	820.024	65.293	754.732	-1486.63
9	895.68	0.815	861.026	65.293	795.733	-690.90
10	895.68	0.855	904.077	65.293	838.784	147.89
11	895.68	0.898	949.281	65.293	883.988	1031.87
12	895.68	0.943	996.745	65.293	931.452	1963.33
13	895.68	0.990	1046.582	65.293	981.289	2944.61
14	895.68	1.040	1098.911	65.293	1033.618	3978.23
15	895.68	1.092	1153.857	65.293	1088.564	5066.80
16	895.68	1.146	1211.549	65.293	1146.257	6213.05
17	895.68	1.204	1272.127	65.293	1206.834	7419.89
18	895.68	1.264	1335.733	65.293	1270.440	8690.33
19	895.68	1.327	1402.520	65.293	1337.227	10027.55
20	895.68	1.393	1472.646	65.293	1407.353	11434.91
21	895.68	1.463	1546.278	65.293	1480.985	12915.89
22	895.68	1.536	1623.592	65.293	1558.299	14474.19
23	895.68	1.613	1704.772	65.293	1639.479	16113.67
24	895.68	1.694	1790.010	65.293	1724.717	17838.39
25	895.68	1.778	1879.511	65.293	1814.218	19652.61

Anexo 17. Tabla del Flujo Económico anual para el escenario 3

Año	Energía (kWh)	tarifa (S./kWh)	Ahorro de Energía (S/.)	Mantenimiento y operación (S/.)	Ingreso (S/.)	Tiempo de Rec (Años)
					-3917.568	
1	895.68	0.551	582.776	65.293	517.483	-3400.08
2	895.68	0.551	582.776	65.293	517.483	-2882.60
3	895.68	0.551	582.776	65.293	517.483	-2365.12
4	895.68	0.551	582.776	65.293	517.483	-1847.64
5	895.68	0.551	582.776	65.293	517.483	-1330.15
6	895.68	0.551	582.776	65.293	517.483	-812.67
7	895.68	0.551	582.776	65.293	517.483	-295.19
8	895.68	0.551	582.776	65.293	517.483	222.30
9	895.68	0.551	582.776	65.293	517.483	739.78
10	895.68	0.551	582.776	65.293	517.483	1257.26
11	895.68	0.551	582.776	65.293	517.483	1774.75
12	895.68	0.551	582.776	65.293	517.483	2292.23
13	895.68	0.551	582.776	65.293	517.483	2809.71
14	895.68	0.551	582.776	65.293	517.483	3327.20
15	895.68	0.551	582.776	65.293	517.483	3844.68
16	895.68	0.551	582.776	65.293	517.483	4362.16
17	895.68	0.551	582.776	65.293	517.483	4879.65
18	895.68	0.551	582.776	65.293	517.483	5397.13
19	895.68	0.551	582.776	65.293	517.483	5914.61
20	895.68	0.551	582.776	65.293	517.483	6432.10
21	895.68	0.551	582.776	65.293	517.483	6949.58
22	895.68	0.551	582.776	65.293	517.483	7467.06
23	895.68	0.551	582.776	65.293	517.483	7984.55
24	895.68	0.551	582.776	65.293	517.483	8502.03
25	895.68	0.551	582.776	65.293	517.483	9019.51

UNW

