

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



**"ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE
ACUMULADORES CON VRLA TIPO AGM Y GEL MEDIANTE EL
CICLO DE CARGA Y DESCARGA CON AUTONOMÍA ENERGÉTICA
DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO EN LA CIUDAD DE
JULIACA"**

**Princesa Gladys Paricanaza Paricanaza
Diego Rony Huaman Huaman**

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

**Asesor:
Mg. Reynaldo Condori Yucra**



**Juliaca - Perú
2025**



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



**"ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE
ACUMULADORES CON VRLA TIPO AGM Y GEL MEDIANTE EL
CICLO DE CARGA Y DESCARGA CON AUTONOMÍA ENERGÉTICA
DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO EN LA CIUDAD DE
JULIACA"**

Princesa Gladys Paricanaza Paricanaza
Diego Rony Huaman Huaman

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

Asesor:
Mg. Reynaldo Condori Yucra



Juliaca, 2025

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



“ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE
ACUMULADORES CON VRLA TIPO AGM Y GEL MEDIANTE EL
CICLO DE CARGA Y DESCARGA CON AUTONOMÍA ENERGÉTICA
DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO EN LA CIUDAD DE
JULIACA”

Autores:

Princesa Gladys Paricanaza Paricanaza

Diego Rony Huaman Huaman

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES

Asesor:

Mg. Reynaldo Condori Yucra

Juliaca – Perú

2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Paricanaza, P. G. & Huaman, D. R. (2025). *Análisis y evaluación del rendimiento de acumuladores con VRLA tipo AGM y GEL mediante el ciclo de carga y descarga con autonomía energética de un sistema fotovoltaico aislado en la ciudad de Juliaca*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Juliaca.

AUTORES: Princesa Gladys Paricanaza Paricanaza, Diego Rony Huaman Huaman

TITULO: Análisis y evaluación del rendimiento de acumuladores con VRLA tipo AGM y GEL mediante el ciclo de carga y descarga con autonomía energética de un sistema fotovoltaico aislado en la ciudad de Juliaca.

PUBLICACIÓN: Juliaca, 2025

DESCRIPCIÓN: Cantidad de páginas (104pp.)

CÓDIGO: 02-000036-02/P26

ASESOR: Mg. Reynaldo Condori Yucra

PALABRA CLAVE: Acumulador AGM y gel, sistemas fotovoltaicos aislados, profundidad de descarga (DOD), vida útil.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES

**“ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE ACUMULADORES CON
VRLA TIPO AGM Y GEL MEDIANTE EL CICLO DE CARGA Y DESCARGA CON
AUTONOMÍA ENERGÉTICA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO EN
LA CIUDAD DE JULIACA”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES

Presentado por:

Princesa Gladys Paricanaza Paricanaza

Diego Rony Huaman Huaman

Sustentada y aprobada por los jurados revisores:

Dra. Vilma Sarmiento Mamani

PRESIDENTE DE JURADO

Dr. Henry Pizarro Viveros

JURADO (secretario)

2º MIEMBRO

Dr. Washington Miguel Soncco Vilcapaza

JURADO (vocal)

3º MIEMBRO

Mg. Reynaldo Condori Yucra

ASESOR DE TESIS

Princesa Gladys Paricanaza // Diego Rony Huaman

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE ACUMULADORES CON VRLA TIPO AGM Y GEL MEDIANTE EL ...

 Universidad Nacional de Juliaca

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:457809798

Fecha de entrega

11 may 2025, 12:07 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

11 may 2025, 12:12 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE ACUMULADORES CON VRLA TIPO AGM Y GEL ME....pdf

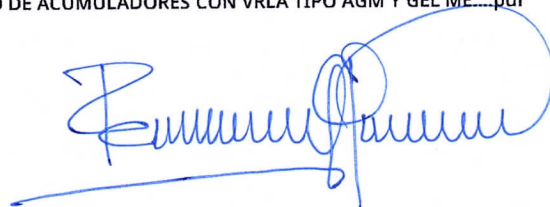
Tamaño de archivo

5.3 MB

113 Páginas

24.024 Palabras

141.541 Caracteres






12% 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 10 words)

Top Sources

- 11%  Internet sources
- 1%  Publications
- 11%  Submitted works (Student Papers)

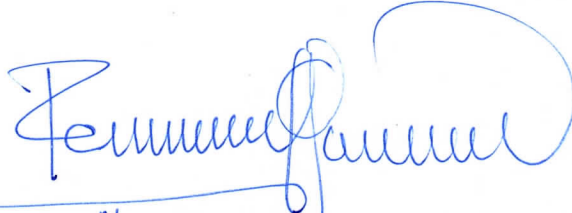
Integrity Flags

1 Integrity Flag for Review

-  **Hidden Text**
188 suspect characters on 39 pages
Text is altered to blend into the white background of the document.

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.



Mg. Reynaldo Condori Yucra
ASESOR

DEDICATORIA

A mis queridos padres, Arturo y Elena, que han representado mi soporte a lo largo de este recorrido. Su amor sin condiciones, su paciencia sin fin y sus palabras de aliento en los momentos más adversos han representado una fuente constante de soporte para mí. A mis hermanos y a mi hermana, mi gratitud eterna por estar siempre a mi lado. Agradezco a mi madre que es mi constante fuente de inspiración y motivación.

Princesa Gladys Paricanaza Paricanaza

Dedico este trabajo a mis padres, Pablo y Gloria, cuyo amor y respaldo sin condiciones han sido mi mayor motivación. A mi hermano Wilian, que siempre me ha acompañado mi trayecto ofreciéndome su apoyo y soporte. Además, dedico este trabajo a mi prima Lisbeth Maribel, cuyo respaldo y ánimo han representado un respaldo. A todos ellos, les agradezco eternamente por su presencia y apoyo.

Diego Rony Huaman Huaman

Queremos expresar nuestro sincero agradecimiento a nuestras familias, amigos y a nuestro asesor, quienes han sido fundamentales en esta travesía académica. Han acompañado nuestra trayectoria en los instantes de felicidad y en los retos más complicados, proporcionándonos su orientación con sabiduría y su respaldo incondicional que nunca dejó de otorgarnos energía en cada fase de este recorrido. Dedicamos esta tesis con todo nuestro respeto y cariño a todos aquellos que, de alguna manera u otra, han dejado su huella en este proceso.

Paricanaza, P. G. & Huaman, D. R.

AGRADECIMIENTO

Me siento agradecido a Dios por otorgarme el coraje, la sabiduría y la tenacidad necesarias para concluir este relevante trabajo. Además, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a los docentes, quienes, con su dedicación y saber, han sido valiosas fuentes de inspiración y orientación durante este recorrido. Sus enseñanzas y guías han sido fundamentales para mi crecimiento académico y personal. Aprecio mucho su apoyo y compromiso en mi crecimiento profesional.

Princesa Gladys Paricanaza Paricanaza

Primero, agradezco a Dios por brindarme salud, vida y fortaleza durante todo este trayecto académico. A nuestro apreciado asesor, quiero expresar mi más profundo agradecimiento por su guía experta, paciencia y dedicación incesante, y a mis amigos Mario A. y Roxana por toda la guía y el apoyo brindado. Sus recomendaciones y saberes han resultado esenciales para el desarrollo de este trabajo.

Diego Rony Huaman Huaman

Expresamos nuestro sincero agradecimiento al Mg. Reynaldo Condori Yucra por su invaluable orientación como asesor. También extendemos nuestra gratitud a nuestras familias, amigos y a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables, cuyo apoyo ha sido fundamental. Agradecemos a Dios y a todos aquellos que han contribuido en este viaje. Estamos profundamente agradecidos por su ayuda y respaldo en este logro.

Paricanaza, P. G. & Huaman, D. R.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
LISTA DE ABREVIATURAS	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I.....	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.1. Problema de investigación.....	15
1.2. Formulación del problema.....	16
1.2.1. Problema general.....	17
1.2.2. Problemas específicos	17
1.3. Objetivos de la investigación.....	17
1.3.1. Objetivo general	17
1.3.2. Objetivos específicos.....	17
1.4. Justificación de la investigación	17
1.4.1. Justificación técnica	17
1.4.2. Justificación ambiental.....	18
1.4.3. Justificación social	18
1.4.4. Justificación económica	18
CAPITULO II.....	20
REVISIÓN DE LITERATURA.....	20

2.1.	Antecedentes del problema de investigación	20
2.2.	Bases teóricas de la investigación.....	22
2.2.1.	Sistema solar fotovoltaico	22
2.2.2.	Sistema fotovoltaico aislado.....	22
2.2.5.	Acumuladores.....	26
2.2.6.	Funcionamiento del acumulador	27
2.2.7.	Acumulador AGM.....	29
2.2.8.	Acumulador GEL	30
2.3.	Marco Conceptual.....	31
2.3.1.	Tensión a circuito abierto o tensión de vacío	31
2.3.2.	Tensión en circuito cerrado	31
2.3.3.	Capacidad	31
2.3.4.	Capacidad nominal.....	31
2.3.5.	Estado de carga / State Of Charge (SOC) %	31
2.3.6.	Profundidad de descarga / Depth Of Discharge (DOD) %	32
2.3.7.	Resistencia interna.....	32
2.3.8.	Vida útil.....	32
CAPÍTULO III.....		34
MATERIALES Y MÉTODOS.....		34
3.1.	Formulación de la hipótesis	34
3.1.1.	Hipótesis general	34
3.1.2.	Hipótesis específicas	34
3.2.	Metodología	34
3.2.1.	Diseño y construcción de la estructura para los módulos fotovoltaicos.	34
3.2.2.	Diseño del diagrama de los sistemas fotovoltaicos aislados.....	35
3.2.3.	Diseño del diagrama del tablero de monitoreo y control con PLC.	37

3.2.4. Adquisición e implementación de los sistemas fotovoltaicos con los acumuladores AGM y GEL.	37
3.2.5. Adquisición e implementación del tablero de monitoreo y control con PLC.	38
3.2.6. Programación y comunicación del Software TIA Portal con PLC.	38
3.2.7. Eficiencia del acumulador.....	39
3.2.8. Comportamiento de la carga del acumulador.....	40
3.2.9. Comportamiento de la descarga del acumulador	40
3.3. Ámbito del proyecto	41
3.4. Población y muestra.....	42
3.4.1. Población.....	42
3.4.2. Muestra.....	42
3.5. Operacionalización de variables	42
3.6. Materiales e instrumentos	43
3.6.1. Materiales.....	43
3.6.2. Instrumentos	52
3.7. Instrumentos de recolección de datos	54
3.9. Presupuesto	54
CAPITULO IV	57
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	57
4.1. Resultados de la relación entre el ciclo de vida y la profundidad de descarga (DOD) de los acumuladores.....	57
4.2. Estadísticos descriptivos de los acumuladores GEL y AGM.....	59
4.2.1. Relación entre la profundidad de descarga (DOD) y la vida útil de los acumuladores según los datos obtenidos	61
4.2.2. Resultado de la temperatura de operación en relación a la vida útil de los acumuladores	63
4.2.3. Construcción del perfil de carga en función de tensión y corriente de los acumuladores	65

4.3. Discusiones	67
CAPITULO V.....	69
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
4.1. Conclusiones	69
4.2. Recomendaciones	70
4.3. Sugerencias	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
ANEXOS	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de los variables.....	42
Tabla 2 Especificaciones técnicas del panel solar de 450W.....	43
Tabla 3 Especificaciones técnicas del controlador de carga solar MPPT 100/30 Victron SmartSolar.....	44
Tabla 4 Especificaciones técnicas del acumulador RITAR 12V 100Ah RA AGM	45
Tabla 5 Especificaciones técnicas del acumulador RITAR 12V 100Ah DG GEL	46
Tabla 6 Cuadro de presupuesto	55
Tabla 7 Datos obtenidos de tensión, corriente y temperatura de los acumuladores AGM y GEL	60
Tabla 8 Análisis comparativo de las gráficas presentados en la figura 46 de los acumuladores AGM y GEL	62
Tabla 9 Análisis comparativo de las gráficas presentados en la figura 47 de los acumuladores AGM y GEL	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes de un sistema fotovoltaico aislado (Bayod, 2009).....	23
Figura 2. Componentes de un panel (Voltaika, 2024).	24
Figura 3. Características de una célula solar (Valentín, 2018).	24
Figura 4. Función del regulador de carga en una instalación fotovoltaica (Ramirez, 2008).	25
Figura 5. Regulador de carga MPPT 100V/30A (Energy, 2024).....	25
Figura 6. Etapas de carga de un acumulador solar con un regulador de carga (POWMr, 2023).	26
Figura 7. Acumuladores solares de AGM Y GEL de 12V 100AH.....	27
Figura 8. Partes de un acumulador (Areatecnologia, 2018).....	28
Figura 9. Partes de un acumulador AGM (Generatuluz, 2018).	30
Figura 10. Partes de un acumulador GEL (Baterías, 2020).	30
Figura 11. Vista perspectiva de la estructura para los módulos fotovoltaicos.	35
Figura 12. Construcción de la estructura para los módulos fotovoltaicos.	35
Figura 13. Esquema de un sistema fotovoltaico aislado con acumulador de AGM (RA12- 100).	36
Figura 14. Esquema de un sistema fotovoltaico aislado con acumulador de gel (DG12-100).	36
Figura 15. Diagrama de conexión del tablero del monitoreo y control.	37
Figura 16. Instalación de los módulos fotovoltaicos.....	38
Figura 17. Instalación del tablero para los módulos fotovoltaicos.	38
Figura 18. Instalación del tablero de monitoreo y control.	38
Figura 19. Software TIA Portal.....	39
Figura 20. Programación en el software TIA Portal con el lenguaje Ladder.....	39
Figura 21. Ámbito del lugar de estudio (Maps, 2024).	41
Figura 22. Módulo fotovoltaico de 450W.....	43
Figura 23. Controlador de carga solar MPPT 100/30 Victron SmartSolar.	44
Figura 24. Acumulador RITAR 12V 100Ah RA AGM (RitarPower, 2024b).....	45
Figura 25. Acumulador RITAR 12V 100Ah DG GEL (RitarPower, 2024a).	46
Figura 26. Sensor de Temperatura RTD Platino – PT100 – 3 hilos.	47
Figura 27. Modulo sensor de tensión 0 ~ 25V DC.	47
Figura 28. Sensor de Corriente DC/AC 100A WCS160 (Levtech, 2024).	48
Figura 29. Transductor de corriente DC24V.....	48

Figura 30. Transmisor de temperatura de 4-20mA para PT100, 24V (-50 a 100) (Levtech, 2024).	49
Figura 31. Cable ethernet Cat. 6 (Blackbox, 2024).	49
Figura 32. Fuente de poder switching 24V 5A 120W.	50
Figura 33. Interruptor termomagnético (Sdindustrial, 2022).	50
Figura 34. Pulsadores (Promelsa, 2024).	50
Figura 35. Pilotos leds rojo y verde (Aireyelectricidad, 2021).	51
Figura 36. Borneras de conexión (Villagran, 2016).	51
Figura 37. Riel metálico (Duarte, 2020).	51
Figura 38. Canaleta ranurada (Duarte, 2020).	52
Figura 39. Gabinete metálico (Duarte, 2020).	52
Figura 40. Controlador lógico programable – SIMATIC PLC S7-1200 CPU 1214C (Siemens, 2018).	53
Figura 41. Módulo de entrada analógico – SIMATIC S7 -1200, SM 1231 – 8 AI (Siemens, 2018).	53
Figura 42. Pinza amperimétrica -FLUKE 325 (Intronica, 2021).	54
Figura 43. Ciclo de vida en relación con la profundidad de descarga (DOD) del acumulador AGM (RitarPower, 2024b).	58
Figura 44. Ciclo de vida en relación con la profundidad de descarga (DOD) del acumulador GEL (RitarPower, 2024a).	58
Figura 45. Profundidad de descarga y número de ciclos.	59
Figura 46. Profundidad de descarga y vida útil.	61
Figura 47. Temperatura de operación y vida útil.	63
Figura 48. Perfil de carga del acumulador de AGM (RA12-100) en función de tensión y corriente.	65
Figura 49. Perfil de carga del acumulador de GEL (DG12-100) en función de tensión y corriente.	66

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Diseño y construcción del soporte para los módulos fotovoltaicos.	77
Anexo 2. Diagramas de los sistemas fotovoltaicos aislados y del sistema de monitoreo y control con PLC.	79
Anexo 3. Instalación de los sistemas fotovoltaicos con acumuladores AGM y GEL.	80
Anexo 4. Instalación del tablero de monitoreo y control con PLC.....	81
Anexo 5. Armado de cuadro de cargas en DC.....	83
Anexo 6. Pruebas de funcionamiento.	83
Anexo 7. Fichas técnicas de los equipos utilizados en el estudio.....	84
Anexo 8. Códigos en Python para el procesamiento y análisis de datos de los acumuladores AGM y GEL.....	99
Anexo 9. Datos obtenidos de tensión, corriente, temperatura de los acumuladores AGM y GEL.....	103

LISTA DE ABREVIATURAS

VRLA: Baterías plomo-ácidas reguladas por válvula (Valve Regulated Lead Acid)

AGM: Fibra de vidrio absorbente (Absorbent Glass Mat)

CC: Corriente constante (constant current)

CV: Voltaje constante (constant voltage)

DOD: Profundidad de descarga (depth of discharge)

SOC: Estado de carga (state of charge)

PV: Fotovoltaico (photovoltaic)

TIA Portal: Portal de automatización totalmente integrada (Totally Integrated Automation Portal)

MPPT: Seguidor del punto de máxima potencia (Maximum Power Point Tracking)

PLC: Controlador Lógico Programable (Programmable Logic Controller)

RESUMEN

La demanda actual de sistemas fotovoltaicos aislados requiere garantizar el desempeño fiable del sistema usando los acumuladores para almacenar energía, ofrecer una potencia inmediata considerable y regular la tensión de dichos sistemas, como un inadecuado manejo de acumuladores puede disminuir su vida útil y longevidad. En este estudio, se planteó evaluar el rendimiento de acumuladores con VRLA tipo AGM y GEL en la ciudad de Juliaca, de la región de Puno, particularmente considerando la profundidad de descarga y temperatura de operación en relación a su vida útil, mientras la elaboración de perfil de carga es según los datos obtenidos de corriente y tensión. Esta investigación utilizó una metodología de tipo aplicada; el nivel utilizado es descriptivo, y el diseño es no experimental con una perspectiva cuantitativa, lo que implicaba registrar datos en tiempo real durante el funcionamiento de los acumuladores mediante el uso de sensores. Los resultados muestran que los acumuladores pueden operar a menos de 50% de profundidad de descarga y a mayores de esta profundidad de descarga disminuye su vida útil. Así mismo, las temperaturas ideales para estas tecnologías son 20 °C; mayores a esta temperatura afectan la vida útil. El perfil de carga se elaboró de acuerdo a la tensión y corriente para los dos acumuladores, por lo que la carga completa es de 5 horas. Finalmente, el acumulador GEL es más eficiente para descargas profundas y climas variados de la región, mientras que el AGM puede ser una alternativa económica para aplicaciones de menor demanda.

Palabras claves: Acumulador AGM y GEL, sistemas fotovoltaicos aislados, profundidad de descarga (DOD), vida útil.

ABSTRACT

The current demand for off-grid photovoltaic systems requires reliable system performance using batteries to store energy, deliver significant immediate power, and regulate system voltage. Improper battery management can reduce their lifespan and longevity. This study aimed to evaluate the performance of AGM and GEL VRLA batteries in the city of Juliaca, Puno, specifically considering the depth of discharge and operating temperature in relation to their lifespan. The charge profile was developed based on current and voltage data. This research used an applied methodology; the level used is descriptive, and the design is non-experimental with a quantitative perspective, which involved recording real-time data during battery operation using sensors. The results show that the batteries can operate at less than 50% depth of discharge, and that temperatures above this depth of discharge decrease their lifespan. Furthermore, the ideal temperatures for these technologies are 20°C; temperatures above this temperature impair their lifespan. The charging profile was developed based on the voltage and current for both batteries, so a full charge takes five hours. Finally, the GEL battery is more efficient for deep discharges and the region's varied climates, while the AGM battery can be an economical alternative for lower-demand applications.

Keywords: AGM and gel batteries, isolated photovoltaic systems, depth of discharge (DOD), useful life.

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de energía y la reducción de los recursos de combustibles fósiles hacen imprescindible la búsqueda de fuentes de energía más sustentables. Esto incluye tecnologías de almacenamiento eficientes y fuentes de energía renovables. Al diseñar nuevos sistemas de almacenamiento electroquímico, es fundamental tener en cuenta la disponibilidad de materiales, el desarrollo de producción considerado con el medio ambiente y un análisis del ciclo de vida (Larcher & Tarascon, 2015). El aumento en el uso de sistemas fotovoltaicos aislados en la región Puno plantea el desafío de optimizar el rendimiento de los acumuladores VRLA (baterías de plomo-ácido reguladas por válvula), especialmente los tipos AGM y GEL.

Sin embargo, al igual que ocurre con otras tecnologías de almacenamiento, un manejo inapropiado puede reducir significativamente su vida útil. Adicionalmente, su desempeño puede ser influenciado por diversos elementos como el ciclo de carga y descarga y las condiciones meteorológicas locales.

La finalidad de esta investigación es analizar y evaluar el desempeño de ambos tipos de acumuladores en el marco de un sistema fotovoltaico aislado en la ciudad de Juliaca, teniendo en cuenta factores esenciales como la profundidad de descarga y la independencia energética del sistema. A través de un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental, se examinaron los datos obtenidos de un grupo muestral de acumuladores, con la finalidad de entender de manera más efectiva su comportamiento en ciclos de carga y descarga.

Para el presente estudio, se implementaron dos sistemas fotovoltaicos aislados, cada uno compuesto por un módulo fotovoltaico, un controlador de carga y un acumulador: uno con acumulador de tecnología AGM y el otro con acumulador GEL. Para gestionar el consumo de la energía almacenada de los acumuladores, se diseñó e instaló un cuadro de cargas de corriente continua, compuesto por 12 luminarias específicas para cada sistema. Además, se construyó un tablero de monitoreo equipado con un PLC y sensores de corriente, tensión y temperatura, lo que permitió la adquisición de datos en tiempo real durante los meses de agosto, septiembre y octubre.

En consecuencia, este estudio proporcionará información significativa sobre el desempeño de acumuladores AGM y GEL en aplicaciones fotovoltaicas aisladas, ofreciendo una orientación para incrementar el rendimiento y la vida útil en los sistemas de almacenamiento en zonas con climas extremos. Esto no solo potenciará la autonomía energética de estos sistemas, sino que también extenderá su durabilidad a largo plazo.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Problema de investigación

Actualmente, las fuentes de energías renovables se apoyan en gran parte en el almacenamiento para satisfacer la demanda creciente de electricidad y asegurar el suministro constante de energía limpia, sin importar las condiciones climatológicas o la hora del día en un lugar determinado. El almacenamiento de energía no solo fomenta la eficiencia energética y soluciona las interrupciones en el abastecimiento de electricidad, sino que también permite la incorporación sin dificultades de las fuentes de energía sin emisiones en la red eléctrica. En este escenario, los acumuladores juegan un papel crucial al posibilitar que las energías solares y renovables en su totalidad funcionen como fuentes de energía estables y fiables, balanceando las variaciones tanto en la producción como en la demanda. Su capacidad para funcionar tanto como cargadores como fuentes alternativas de energía contribuye a prevenir el desperdicio energético cuando la oferta supera la demanda, al tiempo que mejora la eficiencia y estabilidad general del sistema eléctrico (Enlight, 2022).

El estudio y comprensión del acumulador en sistemas autónomos de energía solar fotovoltaica son cruciales debido a su rol esencial en asegurar un abastecimiento constante de energía, en particular durante periodos de generación reducida. Aunque es importante, el acumulador continúa siendo el elemento menos estudiado en estos sistemas. Las experiencias anteriores han registrado errores en el sistema, factores que han alimentado la desconfianza hacia esta tecnología, con la mayoría de las dificultades vinculadas a fallos en el diseño, empleo y gestión de los acumuladores. Se resalta la relevancia de los modelos de comportamiento en la simulación de sistemas, ya que son herramientas cruciales para entender el comportamiento dinámico de la instalación y para identificar las estrategias de control óptimas que prolonguen la vida útil de los acumuladores (Biancon & Henrique, 2007).

Es fundamental entender el papel y el uso de los acumuladores en los sistemas fotovoltaicos, ya que estos aparatos pueden recargarse con la energía producida por los módulos fotovoltaicos, mediante un regulador de carga, y posteriormente pueden proporcionar dicha energía al final de la instalación para su uso. Los acumuladores cumplen tres funciones esenciales en estas instalaciones: almacenar energía durante horas determinadas, ofrecer una potencia inmediata considerable y regular la tensión operativa del sistema. Un factor crucial al seleccionar un acumulador de energía es su capacidad de almacenamiento, la cual se establece como la cantidad de electricidad que se puede generar en una descarga total del acumulador desde un estado de carga total (Ramón & Pineda, 2015).

Los acumuladores son instrumentos esenciales que guardan energía química y la transforman en energía eléctrica; su capacidad se mide en amperios - hora (Ah), lo que ofrece una señal esencial de su capacidad de almacenamiento. La variación en la carga almacenada produce una tensión en el acumulador, la cual debe conservarse dentro de un rango seguro de funcionamiento para asegurar la entrega y recepción seguras de corriente. Además, tener conocimiento del rango de tensión de funcionamiento y la capacidad del acumulador facilita el cálculo exacto de la energía que puede retener, expresada en Watt-hora (Wh), lo cual es crucial para dimensionar correctamente el sistema y mejorar su desempeño. Así pues, es fundamental entender y gestionar correctamente estos elementos para optimizar la eficiencia y confiabilidad de los sistemas fotovoltaicos que dependen de los acumuladores solares (Astudillo et al., 2020).

La región de Puno, en Perú, se caracteriza por sus elevados índices de irradiación solar, unidos a sus bajas temperaturas, lo que la hace un sitio ideal para la implementación de proyectos fotovoltaicos híbridos, tanto conectados a la red como aislados. Estos proyectos se han llevado a cabo en diferentes áreas, tales como entidades ganaderas, estaciones de servicio, construcciones residenciales, hogares rurales y más. No obstante, se han detectado fallos en ciertos de estos proyectos, que resultan en averías, principalmente por descargas incorrectas de los acumuladores o por la selección incorrecta de estos para las condiciones particulares de la región (Flores, 2023).

En la región de Puno, la vida útil de los acumuladores generalmente varía entre 3 y 5 años. No obstante, en proyectos que incluyen sistemas solares aislados y sistemas de bombeo solar, se ha registrado un incremento de fallas en los acumuladores. Esto se debe a que la vida útil de los acumuladores en la región Puno no coincide con los datos ofrecidos en sus fichas técnicas. Asimismo, en numerosas situaciones, estos acumuladores ya no pueden sostener la carga, lo que indica la necesidad de realizar un análisis para entender por qué su durabilidad disminuye en esta zona, particularmente en el caso de los acumuladores de AGM y GEL.

Por tanto, es necesario el análisis y evaluación del desempeño de los acumuladores VRLA de tipo AGM y GEL, dos alternativas muy populares en el mercado. Es importante evaluar su desempeño en condiciones reales, tales como ciclos de carga y descarga, temperatura de funcionamiento y autonomía, para determinar la vida útil de estos acumuladores.

1.2. Formulación del problema

En este proyecto, tras la identificación del problema, se han planteado las siguientes preguntas para tratarlo.

1.2.1. Problema general

¿Será posible determinar el rendimiento de acumuladores de energía de plomo-ácido regulado por válvula (VRLA) tipo AGM y GEL mediante el ciclo de carga y descarga y evaluación de la autonomía energética en un sistema fotovoltaico aislado en la ciudad de Juliaca?

1.2.2. Problemas específicos

PE₁: ¿Será posible evaluar el comportamiento de la máxima profundidad de descarga en relación al número de ciclos de acumuladores plomo-ácido regulados por válvula (VRLA) tipo AGM y GEL de un sistema fotovoltaico aislado en la ciudad de Juliaca?

PE₂: ¿Cómo influirá la temperatura de operación en función de su vida útil de acumuladores con VRLA tipo AGM y GEL de un sistema fotovoltaico aislado en la ciudad de Juliaca?

PE₃: ¿Será posible elaborar el perfil de carga de acumuladores con VRLA tipo AGM y GEL en función de la tensión y corriente de carga en un sistema fotovoltaico aislado en la ciudad de Juliaca?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Analizar el rendimiento de acumuladores de energía con VRLA tipo AGM y GEL mediante el ciclo de carga y descarga y evaluar la autonomía energética en un sistema fotovoltaico aislado en la ciudad de Juliaca.

1.3.2. Objetivos específicos

OE₁: Evaluar el comportamiento de la máxima profundidad de descarga de los acumuladores con VRLA tipo AGM y GEL en términos del número de ciclos de un sistema fotovoltaico aislado en la ciudad de Juliaca.

OE₂: Determinar la temperatura de operación y su vida útil de acumuladores con VRLA tipo AGM y GEL de un sistema fotovoltaico aislado en la ciudad de Juliaca.

OE₃: Construir el perfil de carga de acumuladores con VRLA tipo AGM y GEL en función de la tensión y corriente de carga en un sistema fotovoltaico aislado en la ciudad de Juliaca.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación técnica

En la actualidad, es común el uso de sistemas fotovoltaicos aislados en comunidades sin conexión a la red eléctrica. La implementación de estos sistemas en la región de Puno facilitará a la población la comprensión del comportamiento de los acumuladores AGM y GEL, creando conocimiento sobre su rendimiento y durabilidad. Además, esta investigación nos permitirá establecer cuál de estos sistemas se ajusta de manera óptima a las demandas energéticas

fotovoltaicas aisladas de la ciudad de Juliaca, teniendo en cuenta aspectos como la capacidad de almacenamiento, la profundidad de descarga y la resistencia a bajas temperaturas. Por lo tanto, estos conocimientos guiarán el diseño, funcionamiento y mantenimiento ideales en los acumuladores mencionados. Además, la investigación proporcionará información experimental valiosa para corroborar conceptos teóricos acerca del comportamiento de estos acumuladores.

1.4.2. Justificación ambiental

Es fundamental el uso correcto y consciente de los acumuladores en sistemas fotovoltaicos aislados para reducir su efecto en el medio ambiente. Adquirir acumuladores a menudo genera una cantidad considerable de desechos, lo que aumenta las dificultades asociadas a su disposición. Por esta razón, elegir acumuladores de mayor durabilidad no solo reduce la necesidad de sustitución constante, sino que también favorece una gestión más consciente de los desechos producidos.

1.4.3. Justificación social

Este análisis desempeña un papel fundamental en la prolongación de la durabilidad del sistema fotovoltaico. Manteniendo los acumuladores en condiciones óptimas, se puede extender su vida útil, lo que garantiza la eficiencia y fiabilidad del sistema a largo plazo. Esta información no solo beneficia a la comunidad, al cubrir sus necesidades energéticas de manera más eficiente y segura, sino que también fortalece su capacidad para seleccionar los acumuladores más adecuados según sus necesidades específicas. Al determinar qué tipo de acumulador (AGM o GEL) se adapta mejor a las circunstancias reales del altiplano, tales como temperaturas bajas y ciclos de descarga profundos, se fomenta una inversión más eficiente en tecnología apropiada y resistente. Además, esta investigación promueve el conocimiento práctico y contextualizado sobre el comportamiento real de acumuladores de tipo AGM y GEL que comerciales en la ciudad de Juliaca, lo que servirá como base para futuras investigaciones en el campo. Este tipo de estudios impulsa la formación de profesionales comprometidos con el desarrollo local y con la implementación de soluciones energéticas limpias y sostenibles, adaptadas a las condiciones y necesidades específicas de las comunidades altoandinas.

1.4.4. Justificación económica

Proporcionar el conocimiento necesario para seleccionar los acumuladores más adecuados permitirá a la población maximizar el retorno de su inversión. Un acumulador de calidad y con mayor durabilidad reduce los costos asociados con reemplazos frecuentes, lo que implica un beneficio directo para la población. Además, al incrementar la eficiencia energética, se

maximizan los recursos, reduciendo los costos de operación a largo plazo. Así, generar conocimiento a la población en la selección correcta de acumuladores no solo fortalece su autosuficiencia energética, sino que también fomenta decisiones económicas conscientes en un ahorro considerable.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes del problema de investigación

En cuanto a estudios internacionales sobre el rendimiento de los acumuladores solares, podemos hacer referencia a Pavón (2018), esta investigación se centra en los resultados obtenidos de una serie de experimentos destinados a evaluar el rendimiento de un acumulador en diversos escenarios propuestos. Se ha analizado minuciosamente el desempeño del acumulador en cada zona de trabajo, así como las condiciones óptimas para su funcionamiento de acuerdo con los requisitos del sistema. El objetivo primordial de este estudio ha sido determinar cuál de los escenarios proporciona el entorno más favorable para el rendimiento óptimo del acumulador, considerando tanto los periodos de carga como de descarga. La eficiencia de la batería se considera como el porcentaje de energía efectiva entregada para satisfacer la demanda. En el primer caso, esto es lo mejor para la batería en términos de tiempo de carga. Porque su intervalo de carga está dentro del límite establecido para la batería respectiva. Además, las condiciones que plantea el escenario no permiten cargar la batería por encima del 84% de su capacidad nominal. Esto evita que la batería se sobrecargue. Además, el segundo escenario es el más común en términos de tiempo de descarga de la batería. Dado que este entorno evita que la batería se sobrecargue, el rango de descarga está limitado al 50% de su capacidad nominal, lo que se considera una descarga perfectamente saludable de la batería ya que no afecta seriamente la vida útil de la batería ni reduce el rendimiento de la batería.

Según Ramón y Pineda (2015), se centran en el análisis de sistemas fotovoltaicos, con especial énfasis en el rendimiento del acumulador de energía proveniente de los paneles solares. La hoja técnica de la batería indica 20 horas de descarga para un rendimiento óptimo, pero en la práctica, el régimen de descarga es de solo 3 horas, lo que reduce su eficiencia hasta en un 30%. Las descargas profundas aceleran el envejecimiento de la batería, cuyo rango de operación óptimo oscila entre el 15% y el 20% para descargas diarias, y entre el 50% y el 70% para descargas estacionales. Cumplir con estos rangos puede incluso mejorar el rendimiento hasta un 110%, siendo crucial considerar la profundidad de descarga en función de la capacidad nominal en Ah, dependiendo de la velocidad de descarga y la tensión admisible al final de la misma. La variación de la profundidad de descarga con el tiempo y los ciclos de uso, así como la importancia de alcanzar la tensión máxima de carga anualmente, son factores determinantes para el correcto funcionamiento de sistemas autónomos dependientes de la acumulación de energía.

Como indica López de Lacalle (2017), su estudio se enfoca en encontrar un nuevo método teórico llamado $N_{ciclos} \cdot DOD$, que se basa en las especificaciones de las baterías y demuestra que el producto del número de ciclos y la profundidad de descarga se mantiene constante. Este método se utiliza para calcular la vida útil de las baterías en sistemas fotovoltaicos. Sin embargo, su utilización se limita a condiciones específicas establecidas por el fabricante, lo que limita su aplicación a sistemas reales. Tres enfoques de gestión se evaluaron para evaluar un sistema solar en una vivienda en Zaragoza. Los hallazgos muestran que, aunque tiene un impacto en la vida útil de la batería, aumentar la profundidad de descarga (DOD) aumenta el autoconsumo y reduce la energía de la red. Aumentar los días de autonomía (D) también fomenta el autoconsumo, pero conlleva mayores costos. Se observó que, al cambiar las condiciones de recarga nocturna, un mayor porcentaje de recarga redujo los días de recarga, mientras que aumenta la energía de la red y disminuye el autoconsumo.

Desde el punto de vista de Acosta y Gómez (2019), se realizó la evaluación del desempeño y conducta de dos clases de acumuladores, destacando notables diferencias en sus propiedades de descarga. Estas pruebas, realizados en circunstancias reguladas de carga y descarga, los permitió discernir que la celda electrolítica proporcionaba una funcionalidad superior en relación con su equivalente. La simulación se ejecutó en el software HOMER Pro y los resultados reflejaron los comportamientos observados en experimentos de laboratorio reales. Esto permitió confirmar la confiabilidad del acumulador de gel como una solución óptima, rentable y adecuada para aplicaciones de microrredes estándar como también para instalaciones solares pequeñas.

A nivel nacional se están realizando investigaciones sobre los acumuladores solares debido a que no cumplen con la vida útil especificada en sus fichas técnicas. Estos estudios analizan los factores que afectan el rendimiento de los acumuladores, los cuales son fundamentales en las instalaciones fotovoltaicas aisladas. Para Castillo (2021), los acumuladores de descarga profunda de GEL son especialmente destacadas por su capacidad para soportar vibraciones, golpes y rupturas sin perder su integridad. Además, pueden mantener cargas del 80% de su capacidad durante largos periodos, aunque esto las convierte en las más caras del mercado. Las baterías de gel estacionarias son adecuadas para el consumo prolongado y están preparadas para soportar descargas profundas. Sin embargo, como todas las baterías, sufren autodescarga, perdiendo carga con el tiempo sin estar conectadas a un dispositivo, proceso que depende de la temperatura ambiente. Estas baterías son ideales para cualquier clima, incluso en regiones con inviernos severos, ya que su componente electrolítico permanece congelado.

Como afirman Rossi y Rossi (2020), la energía útil del sistema de acumuladores con tecnología LFP (Batería de litio-ferrofosfato) es de 192 kWh, basada en una profundidad de descarga (DOD) del 90%, según las recomendaciones del fabricante Pylontech en 2020. Para los acumuladores de gel, la energía útil es de 225 kWh, calculada con un DOD del 50%, como lo sugiere Leaf Energy (2020). Además, Leaf Energy señala que estas baterías proporcionan 1.5 días de autonomía para aplicaciones residenciales en Perú. La vida útil de estas tecnologías se determina en función de los ciclos de carga y descarga: los acumuladores LFP tienen una vida útil de 6,000 ciclos (DOD del 90%), lo que equivale a aproximadamente 16 años, mientras que los acumuladores de gel tienen una vida útil de 750 ciclos (DOD del 50%), resultando en aproximadamente 2 años de uso.

2.2. Bases teóricas de la investigación

2.2.1. Sistema solar fotovoltaico

Desde el punto de vista de Cuji y Villarreal (2024), los sistemas solares fotovoltaicos producen electricidad utilizando la energía solar. Los tres elementos de la radiación solar que alcanzan nuestro planeta son la radiación directa, la radiación reflejada y la radiación difusa. La estimación de la radiación mundial posibilita una valoración apropiada del recurso solar. Se utilizan métodos empíricos, como el enfoque propuesto por Glover & McCulloch, que consideran factores como la latitud del sitio. En Ecuador, la técnica es viable. El cálculo de la radiación global implica el uso de ecuaciones que incluyen la radiación extraterrestre diaria, el promedio mensual de horas de luz solar diarias y la cantidad máxima diaria promedio mensual de horas de sol.

$$\frac{H}{H_o} = a \cos \varphi + b \left(\frac{n}{N} \right) \quad (1)$$

Donde:

H: La radiación global diaria promedio mensual en kWh/m² por día.

H_o: La radiación solar diaria promedio mensual en kWh/m² por día.

n: El promedio mensual de horas diarias de brillo solar.

N: El número máximo diario promedio mensual de horas de sol.

a y b: Son las constantes de regresión.

2.2.2. Sistema fotovoltaico aislado

El sistema fotovoltaico autónomo es un sistema que proporciona electricidad a través de un sistema fotovoltaico que incluye paneles solares para suministrar electricidad a lugares sin red con el apoyo de un acumulador o banco de acumuladores para almacenar energía eléctrica, como se muestra en la Figura 1.

El sistema autónomo tiene múltiples usos, incluyendo la electrificación de hogares, sistemas de iluminación, usos agropecuarios, bombeo y tratamiento de agua, señalización, comunicación y más.

El uso de sistemas fotovoltaicos autónomos se conoce como electrificación rural cuando se requiere energía eléctrica o simplemente una generación de emergencia ante un fallo en la red. Este tipo de sistemas se basa en las condiciones climáticas y geográficas del sitio donde se instalarán para incrementar su eficiencia y desempeño (Bayod, 2009).

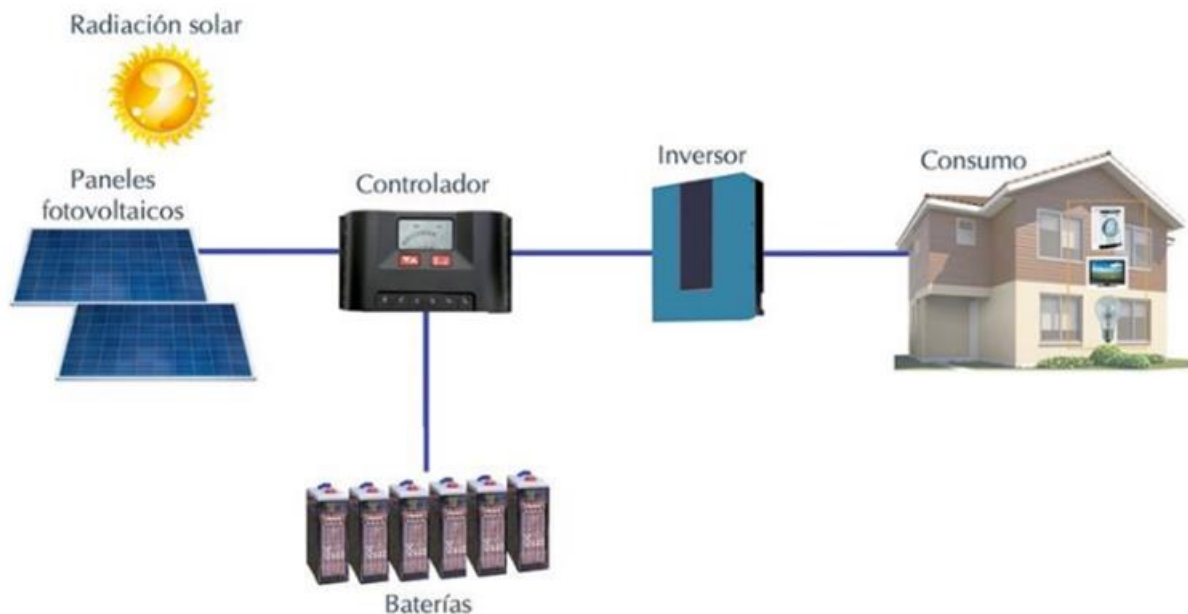


Figura 1. Componentes de un sistema fotovoltaico aislado (Bayod, 2009).

2.2.3. Módulo fotovoltaico

Muchos de los sistemas fotovoltaicos empleados en usos espaciales o terrestres a cielo abierto utilizan materiales semiconductores para producir electricidad de corriente continua (CC) cuando son estimulados por la energía proveniente del sol natural.

El componente principal de cualquier sistema fotovoltaico es el módulo fotovoltaico, también denominado célula solar. Este dispositivo convierte los fotones de la luz solar en electricidad mediante el efecto fotovoltaico.

Un módulo fotovoltaico se compone de una serie de células, eléctricamente conectados, encapsulados y montados sobre un marco o estructura de soporte, como se muestra en la Figura 2. Se diseñó para proporcionar una tensión continua en su salida de conexión, con valores como 6 V, 12 V, 24 V y otros, que determinarán la tensión a la que trabajará el sistema fotovoltaico (Valentín, 2018).

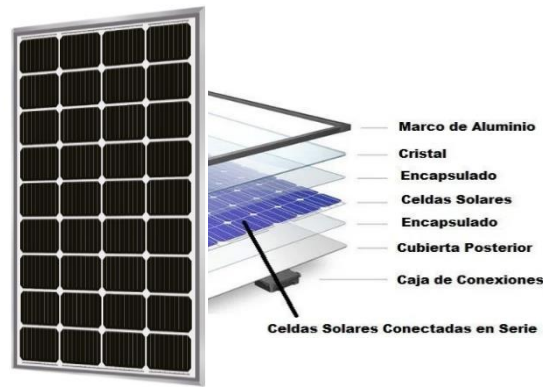


Figura 2. Componentes de un panel (Voltaika, 2024).

Una célula solar funciona como un diodo: la zona N capta la radiación solar, mientras que la zona P está totalmente metalizada. En la zona N, la metalización se presenta en forma de peineta para facilitar la llegada de la luz solar al semiconductor.

Los conductores metalizados facilitan la acumulación de los generadores de energía eléctrica producidos por la interacción de los fotones con la estructura de la célula solar, generando tanto la tensión como la corriente eléctrica. Estos valores varían según la cantidad de radiación solar recibida y la temperatura, como se muestra en la Figura 3 (Valentín, 2018).

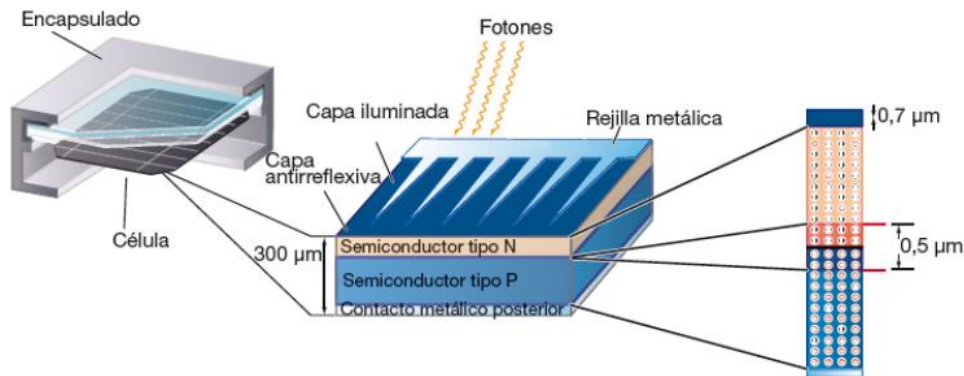


Figura 3. Características de una célula solar (Valentín, 2018).

2.2.4. Regulador de carga

Para asegurar el correcto funcionamiento de la instalación solar, es crucial instalar un regulador de carga entre el panel y el acumulador. Este controlador tiene la misión de evitar tanto la sobrecarga como la sobredescarga de los acumuladores, prolongando así su vida útil.

En la fase de carga, el regulador tiene la responsabilidad de suministrar una carga apropiada a los acumuladores, previniendo circunstancias de sobrecarga. Durante la fase de descarga, garantiza un abastecimiento eléctrico diario adecuado y evita la descarga exagerada del acumulador. Así, este componente electrónico optimiza el proceso de carga para alargar la vida útil de las baterías, tal como se ilustra en la Figura 4 (Díaz & Carmona, 2018).

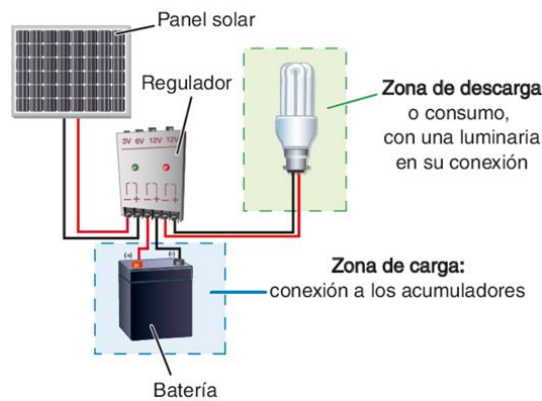


Figura 4. Función del regulador de carga en una instalación fotovoltaica (Ramirez, 2008).

El controlador de carga o regulador controla el flujo de energía entre estos dos elementos. Este control se realiza mediante la regulación de los parámetros de intensidad (I) y voltaje (V) durante las diferentes etapas de carga, garantizando un rendimiento óptimo del sistema (AutoSolar, 2020).

Dado que los módulos fotovoltaicos poseen una tensión nominal superior a la de un acumulador, si la energía entrara directamente al acumulador, podría causar sobrecargas. El regulador se coloca entre el panel y el acumulador precisamente para evitar estas sobrecargas.

Por tal razón, la tensión nominal del panel se debe principalmente a dos factores:

- Compensar las posibles caídas de tensión debido al incremento de la temperatura.
- Garantizar una carga adecuada del acumulador, para lo cual la tensión V_{OC} del panel debe ser mayor que la tensión nominal del acumulador (Díaz & Carmona, 2018).

2.2.4.1.Regulador de carga MPPT

Los reguladores MPPT optimizan la corriente que se envía a las baterías. Tienen la capacidad de ajustar la entrada fotovoltaica para alinearse con la tensión de las baterías, lo que permite que el módulo fotovoltaico opere en su punto de máxima potencia, logrando así la mayor eficiencia de producción en todo momento (AutoSolar, 2020).



Figura 5. Regulador de carga MPPT 100V/30A (Energy, 2024).

Los controladores o reguladores de carga para los acumuladores tienen tres fases: Fase Bulk (Carga rápida), Fase de Absorción y Fase de Flotación, como se ilustra en la Figura 6.

Fase Bulk (Carga rápida)

En la etapa de carga rápida, el controlador de carga solar proporciona al acumulador la corriente más alta posible. El objetivo de esta etapa es aumentar el estado de carga del acumulador entre el 80 % y el 90 %. Para una batería nominal de 12V, la tensión de los acumuladores de plomo-ácido aumenta a alrededor de 14.5 voltios. El acumulador se prepara para una carga adicional rápidamente con esta etapa de carga inicial.

Fase de Absorción

En este punto, el controlador de carga reduce la corriente de carga gradualmente mientras aplica una regulación de tensión constante.

Esta carga controlada evita el sobrecalentamiento y la emisión excesiva de gas del acumulador. La etapa de absorción generalmente lleva al acumulador a un estado de carga del 98 % o más, lo que aumenta su capacidad y duración.

Fase de Flotación

El regulador de carga solar pasa a la etapa de flotación cuando la batería alcanza el estado de carga del 98%. Esta etapa, también llamada "carga de mantenimiento", mantiene la capacidad máxima del acumulador durante todo el día.

La corriente de carga del acumulador disminuye aún más durante la carga de flotación, lo que permite que la tensión de la batería disminuya al nivel de flotación. Esto reduce el riesgo de sobrecarga y prolonga la vida útil del acumulador (POWMr, 2023).

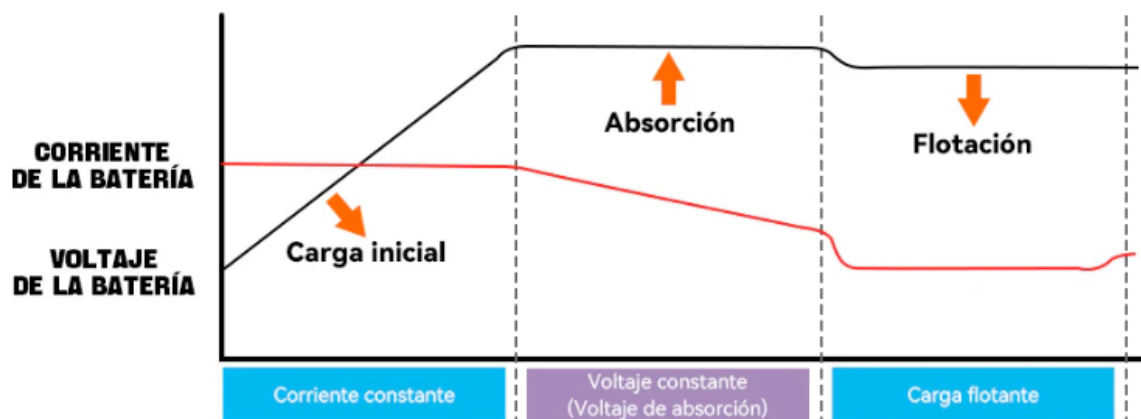


Figura 6. Etapas de carga de un acumulador solar con un regulador de carga (POWMr, 2023).

2.2.5. Acumuladores

El flujo de energía solar hacia los módulos fotovoltaicos puede variar debido a diversas razones y no ocurre de forma homogénea. Algunas de estas fluctuaciones son anticipadas, como la prolongación de la noche en comparación con las estaciones del año; sin embargo, hay otras numerosas razones que pueden modificar de forma aleatoria la energía obtenida, como un incremento de la nubosidad en un instante específico.

Por lo tanto, es necesario un sistema de almacenaje de energía para cuando la radiación del generador fotovoltaico no basta para que la instalación opere en los niveles proyectados. Para conseguirlo, se emplean acumuladores.

Mediante un regulador de carga, los acumuladores se cargan con la energía eléctrica producida por los módulos fotovoltaicos. Después, tienen la posibilidad de transmitir su energía a la salida de la instalación, donde será utilizada. Estos acumuladores desempeñan funciones cruciales, como almacenar el exceso de energía durante un período determinado, suministrar alta potencia de manera instantánea, estabilizar la tensión de trabajo de la instalación (Ramirez, 2008).



Figura 7. Acumuladores solares de AGM Y GEL de 12V 100AH.

2.2.6. Funcionamiento del acumulador

Los acumuladores operan a través del condensador electroquímico. Los electrones se trasladan de manera natural de un electrodo a otro en un circuito cerrado al unirse los dos electrodos, uno positivo y otro negativo. Los acumuladores se fabrican con varios pares de electrodos situados en espacios separados conocidos como celdas. Las celdas tienen electrodos inmersos en una disolución denominada electrolito.

En los acumuladores de plomo ácido, el revestimiento de la placa de plomo es de óxido de plomo (II), PbO_2 , en cambio, el electrodo negativo se fabrica de plomo poroso. Se denominan baterías de plomo "ácido" debido a que emplean una disolución de ácido sulfúrico como electrolito.

Podemos sumar las tensiones de cada una de las celdas y obtener una tensión más alta (6V, 12V, 24V, etc.) si las conectamos en serie alternando positivo y negativo. Por el contrario, podemos aumentar la intensidad de la batería si colocamos las celdas en paralelo, las celdas positivas al lado de las celdas positivas y las celdas negativas al lado de las celdas negativas.

Cuando el acumulador está completamente descargado, se puede decir que los electrodos "se han descompuesto", lo que significa que su naturaleza ha cambiado. Para recuperar el estado original, alimentamos el acumulador con energía y la cargamos, impulsando la corriente en el sentido opuesto al normal, "recomponiendo" los electrodos. Como resultado de ese

movimiento espontáneo de los electrones, el acumulador puede seguir produciendo electricidad una vez que vuelve a su estado inicial (AutoSolar, 2023).

La Figura 8 presenta la composición de un acumulador solar de plomo-ácido, cuya estructura es común tanto para los acumuladores de tecnología AGM como para GEL analizados en este estudio. Ambos tipos de acumuladores comparten componentes fundamentales, como placas de plomo y un electrolito de ácido sulfúrico, aunque difieren en la forma en que el electrolito está contenido. En los acumuladores AGM, el electrolito es absorbido por una malla de fibra de vidrio, mientras que en las de GEL, el electrolito se encuentra en forma de gel (JYC BATTERY, 2023).

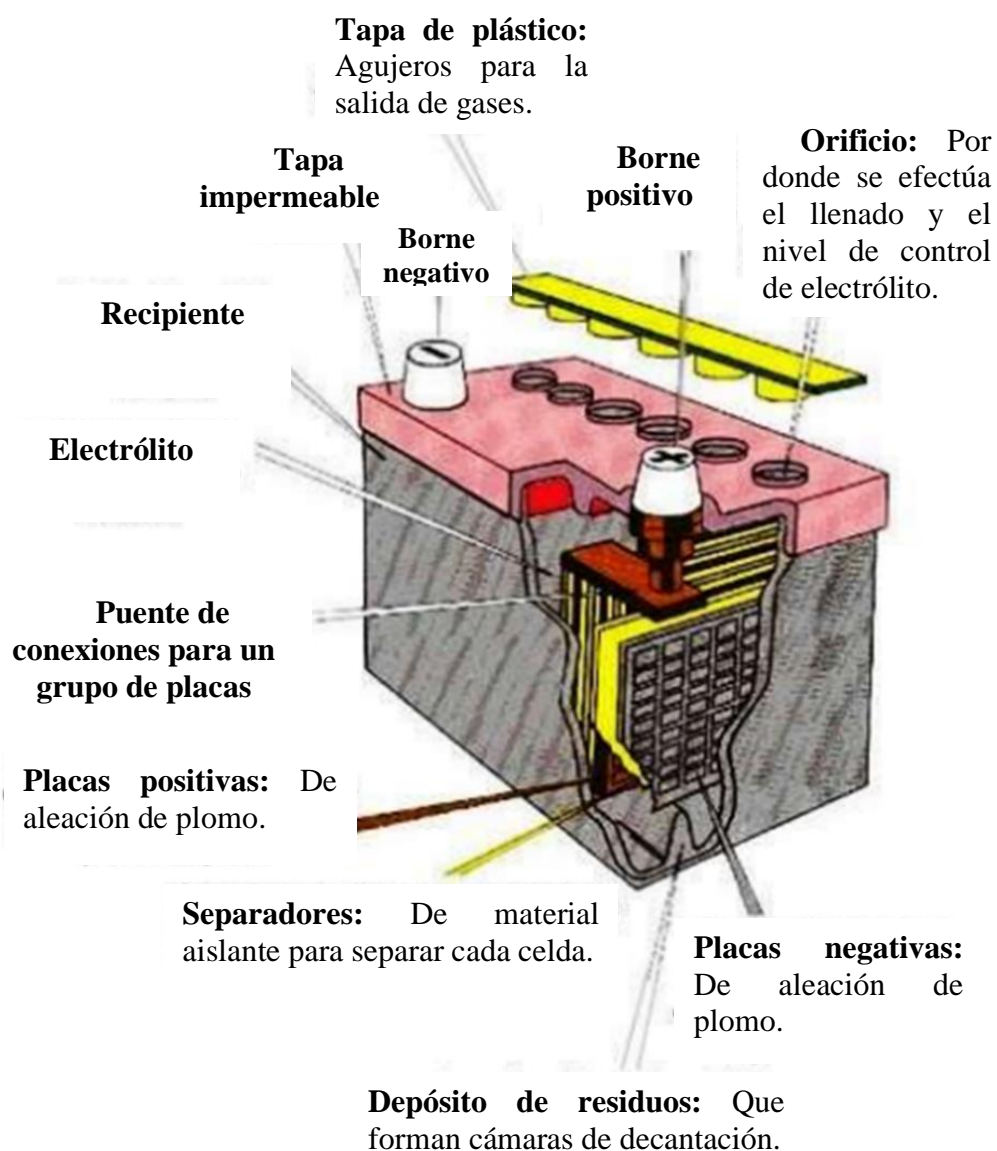


Figura 8. Partes de un acumulador (Areatecnologia, 2018).

2.2.7. Acumulador AGM

Los acumuladores AGM (Absorbent Glass Mat) representan una categoría de acumuladores de plomo ácido sellados, en los que el electrolito líquido se absorbe en una serie de esteras de vidrio comprimidas ubicadas entre las placas del dispositivo. Estas esferas de vidrio funcionan como una esponja para conservar el electrolito, lo que implica que el acumulador no necesita cuidado y puede emplearse en cualquier posición (AutoSolar, 2024).

2.2.7.1. Principio de funcionamiento de un acumulador AGM

Su funcionamiento se basa en una reacción electroquímica que tiene lugar entre sus componentes esenciales, las placas de plomo y el electrolito que se incorpora en la estructura de la fibra de vidrio.

Visualiza que un acumulador AGM opera como una pequeña planta de generación de energía. Tiene dos elementos fundamentales llamados placas de plomo. Una lámina es positiva; en cambio, la otra es negativa. Estas placas se producen con un material particular que permite el flujo eléctrico a través de ellas.

En las placas, se halla una especie de esponja hecha de fibra de vidrio. Esta esponja posee una gran porosidad y la habilidad para absorber fluidos. Es en ese instante cuando surge el electrolito, que actúa como una combinación especial formada por agua y ácido sulfúrico diluido.

Cuando el acumulador se carga, el electrolito se encuentra en la esponja de vidrio que envuelve las placas de plomo. Al conectar algo con el acumulador, como si fuera un foco, los electrones en la placa negativa inician su movimiento y se dirigen hacia la placa positiva.

Cuando los electrones se mueven, ocurre una reacción química entre el ácido sulfúrico y las placas de plomo. Esto produce un flujo eléctrico, parecido a un desplazamiento de electrones. La corriente eléctrica se encamina por medio de los cables hacia el dispositivo conectado, y de esta forma se activa.

Cuando el acumulador se descarga, los electrones se detienen y la corriente eléctrica cesa. En ese momento, es imprescindible recargar el acumulador para que el proceso pueda volver a ocurrir.

(AutoSolar, 2024).

Como se muestra en la Figura 9, un acumulador AGM emplea un separador de fibra de vidrio que absorbe e inmoviliza el electrolito entre las placas de plomo. Esta propiedad posibilita que el acumulador sea resistente a derrames y se pueda colocar en diferentes ubicaciones, incluso de lado, sin afectar su operatividad.

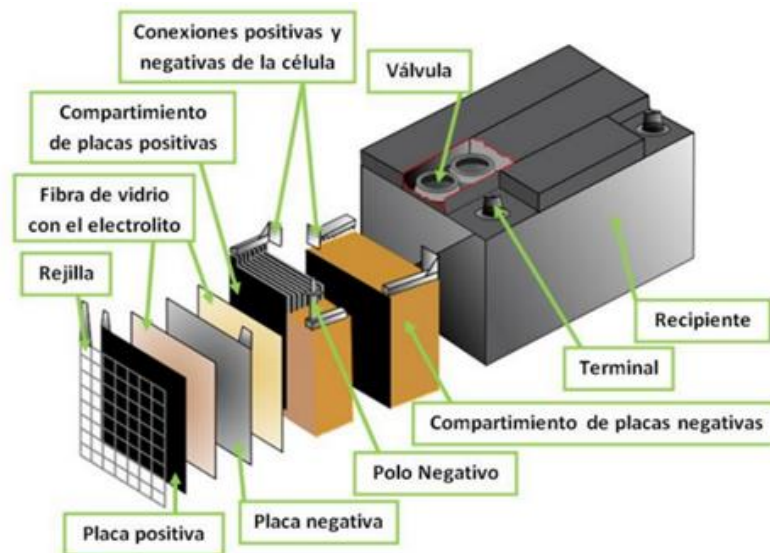


Figura 9. Partes de un acumulador AGM (Generatuluz, 2018).

2.2.8. Acumulador GEL

Un acumulador de GEL es un tipo de plomo-ácido sellada que emplea un electrolito en forma de gel en vez de líquido (Planas, 2023). Este gel se produce al fusionar ácido sulfúrico con sílice, generando una composición espesa y viscosa que estabiliza el electrolito en el interior del acumulador. Este diseño disminuye la posibilidad de derrames y posibilita que el acumulador opere en diferentes posiciones sin derrames (AutoSolar, 2024).

Los acumuladores de GEL, tal como se ilustra en la Figura 10, poseen un electrolito en forma de GEL, lo que les otorga la capacidad de ser totalmente selladas y resistentes a derrames. No obstante, se aconseja su instalación en posición vertical, dado que, pese a que su diseño sellado reduce la posibilidad de fugas, su disposición de lado podría impactar en su desempeño y disminuir su duración.

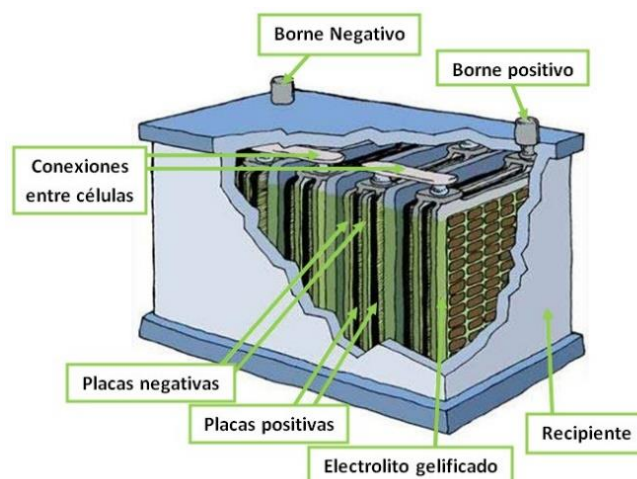


Figura 10. Partes de un acumulador GEL (Baterías, 2020).

2.3.Marco Conceptual

2.3.1. Tensión a circuito abierto o tensión de vacío

La tensión medida cuando el acumulador está en reposo y no está conectado a ningún circuito depende de las características intrínsecas del acumulador, las cuales determinan su valor (Gauchía, 2008).

2.3.2. Tensión en circuito cerrado

Es la tensión que se produce en los bornes de un acumulador cuando está vinculado a una carga. Al conectar un acumulador a una carga, su tensión en circuito cerrado disminuye según la corriente que le ceda (Martínez, 2017).

2.3.3. Capacidad

La capacidad de un acumulador se mide en amperios-hora (Ah), que es la cantidad de electricidad que puede almacenar y luego descargar (Martínez, 2017). La siguiente ecuación se utiliza para encontrar el valor de capacidad (C):

$$C = \int_{t_1}^{t_2} i \delta t \quad (2)$$

Por ejemplo, un acumulador de 100 Ah estará completamente descargado en 5 horas si se descarga con una corriente constantemente de 20 A.

2.3.4. Capacidad nominal

Es la capacidad de un acumulador para producir una tensión en descarga específica desde que está completamente cargada. Se mide utilizando una razón de descarga específica y a una temperatura ambiente establecida. Un acumulador de celda, por ejemplo, tiene una capacidad nominal de 80 Ah cuando se descarga desde plena carga. A temperatura de 20 °C y con una corriente constante de 20 A, puede mantener la tensión por encima de 1 V durante al menos 4 horas (Martínez, 2017).

2.3.5. Estado de carga / State Of Charge (SOC) %

El estado de carga de un acumulador, también conocido como SOC (State of Charge), es la cantidad de energía disponible en el acumulador, expresada en porcentaje (%). Es la proporción de energía disponible y almacenada en un acumulador completamente cargado. El SOC disminuye durante el proceso de carga del acumulador, mientras que aumenta durante el proceso de descarga (López de Lacalle, 2017). El estado de carga (SoC) se reduce con el envejecimiento, el aumento de la temperatura y la velocidad de descarga (Martínez, 2017).

2.3.6. Profundidad de descarga / Depth Of Discharge (DOD) %

La profundidad de descarga, también conocida como DOD (Depth of Discharge), es la relación entre la capacidad nominal de un acumulador y la capacidad entregada durante su descarga. La profundidad de descarga y el estado de carga, también conocido como SOC (State of Charge), son iguales al 100%.

$$DOD(\%) = 100 - SOC \quad (3)$$

La profundidad de descarga disponible es el porcentaje de carga que puede ser utilizado por completo. Esta DOD disponible está determinada por la tensión de corte y el régimen de descarga, y puede variar entre el 15 % y el 85 % según el tipo de acumulador. La autonomía de un acumulador está directamente relacionada con la profundidad de descarga disponible; cuanto mayor sea la DOD disponible, mayor será la autonomía. Esta característica es fundamental en los sistemas de energía solar aislados (López de Lacalle, 2017).

2.3.7. Resistencia interna

Consiste en una idea que ayuda a modelar todas las consecuencias eléctricas de las complejas relaciones químicas dentro de un acumulador en forma de resistencia. Aunque es una idea teórica, no se puede medir directamente del acumulador. Sin embargo, se puede calcular utilizando los datos de tensión y corriente medidos sobre ella. Cualquiera de estas dos ecuaciones se puede usar para determinar la resistencia interna del acumulador cuando se aplica una carga (Martínez, 2017).

$$R_B = \frac{V_0 - V}{I} \quad (4)$$

$$R_B = \frac{V_0}{I} - R_L \quad (5)$$

Donde:

- R_B → Resistencia interna del acumulador.
- V_0 → Tensión de vacío del acumulador.
- V → Tensión del acumulador con carga.
- I → Intensidad suministrada por el acumulador.

2.3.8. Vida útil

La vida útil de un acumulador se define como el período durante el cual puede funcionar sin que sus características y prestaciones disminuyan más allá de un valor especificado. Generalmente, se considera que un acumulador sigue siendo útil si puede proporcionar al menos el 80 % de su capacidad nominal; cuando su capacidad cae por debajo de este umbral, se dice que ha alcanzado el final de su vida útil. Estimar la vida útil de los acumuladores es un

gran desafío hoy en día debido a la multitud de variables que influyen en ella. La vida útil depende en gran medida de las condiciones de operación, como la profundidad de descarga (DOD), la temperatura y los regímenes de carga y descarga, así como del estado medio de carga del acumulador. Los materiales y elementos constructivos también juegan un papel importante en la duración de la vida útil de cada acumulador.

La temperatura de trabajo es un factor crucial para estimar la vida útil. A temperaturas más altas, se aceleran las reacciones químicas dentro de la celda, lo que acorta la vida útil. En contraste, trabajar a temperaturas bajas prolonga la vida útil, aunque reduce la capacidad del acumulador. La duración del servicio también depende de la profundidad de descarga en cada ciclo; descargas demasiado profundas pueden llevar a la pérdida de material activo dentro de la celda y, en consecuencia, reducir la vida útil del acumulador. Por otro lado, un bajo DOD en los ciclos permite una mayor durabilidad. En sistemas fotovoltaicos, cuanto mayor es la autonomía del acumulador, menor es la profundidad de descarga diaria, lo que a su vez prolonga su vida útil. No obstante, para aumentar esta autonomía es necesario incrementar la capacidad del acumulador, lo que conlleva un aumento significativo del costo inicial del sistema.

La sobrecarga de un acumulador provoca un exceso de gaseo, lo que conlleva la pérdida de parte del electrolito en la celda. El gas aumenta la erosión de la materia activa de las placas, acortando la vida útil del acumulador. Además, la sobrecarga genera un calentamiento adicional de la celda, que provoca una mayor corrosión y, en consecuencia, una reducción de la vida útil.

Finalmente, un mantenimiento adecuado o inadecuado de toda la instalación, incluido el acumulador, influye en su vida útil. Un buen mantenimiento permite controlar el nivel y la concentración del electrolito, reduciendo la corrosión. Además, el uso de un regulador de carga puede prevenir sobrecargas o ciclos con una profundidad de descarga excesivamente elevada (López de Lacalle, 2017).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Formulación de la hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

Mediante el ciclo de carga y descarga se determina el rendimiento de acumuladores con VRLA tipo AGM y GEL con autonomía energética en un sistema fotovoltaico aislado en la ciudad de Juliaca.

3.1.2. Hipótesis específicas

HE₁: El comportamiento de la máxima profundidad de descarga DOD se evalúa mediante el número de ciclos de acumuladores con VRLA tipo AGM y GEL de un sistema fotovoltaico aislado en la ciudad de Juliaca.

HE₂: La temperatura de operación de acumuladores con VRLA tipo AGM y GEL influye en la vida útil en un sistema fotovoltaico aislado en la ciudad de Juliaca.

HE₃: La tensión y la corriente de entrada de carga a los acumuladores con VRLA tipo AGM y GEL es empleado para elaborar el perfil de carga en un sistema fotovoltaico aislado en la ciudad de Juliaca.

3.2. Metodología

Este estudio fue de tipo práctico, con un nivel descriptivo y un diseño de investigación no experimental, bajo un enfoque cuantitativo. Se enfocó en un conjunto muestral que incluyó dos tipos de acumuladores, uno de AGM y otro de GEL.

3.2.1. Diseño y construcción de la estructura para los módulos fotovoltaicos.

En un principio, como se muestra en la Figura 11 se diseñó la estructura de soporte para los módulos fotovoltaicos empleando el programa AutoCAD, teniendo en cuenta las dimensiones precisas de cada módulo fotovoltaico. La estructura se diseñó para sostener dos módulos de 450 W, asegurando estabilidad mecánica y una inclinación adecuada para maximizar la captación de radiación solar. Posteriormente, como se muestra en la Figura 12 se llevó a cabo la construcción de la estructura siguiendo el diseño previamente diseñado, garantizando la exactitud en las mediciones y la resistencia estructural necesaria para su funcionamiento en campo.

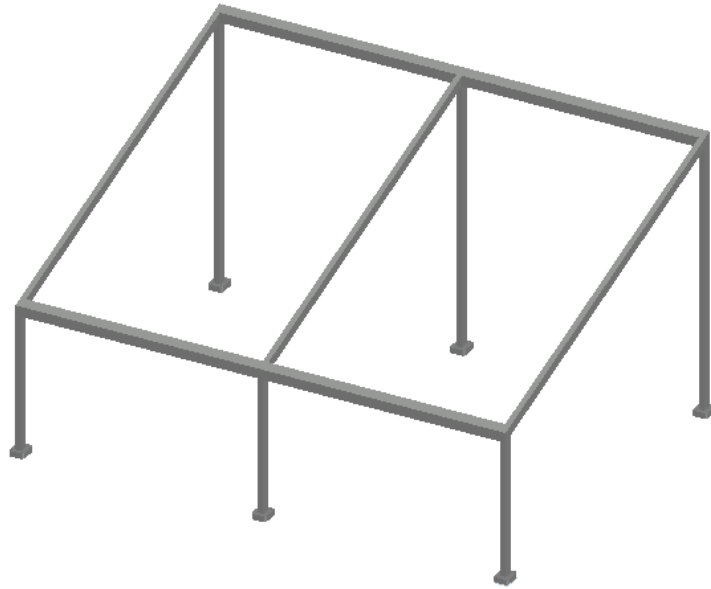


Figura 11. Vista perspectiva de la estructura para los módulos fotovoltaicos.



Figura 12. Construcción de la estructura para los módulos fotovoltaicos.

3.2.2. Diseño del diagrama de los sistemas fotovoltaicos aislados.

Se elaboró el diseño del diagrama del sistema fotovoltaico correspondiente para cada tipo de acumulador, tanto para el AGM y GEL. En dicho diseño se especificaron los componentes y las conexiones necesarias para la implementación de ambos sistemas. Los esquemas propuestos permiten visualizar la configuración eléctrica adaptada a las características para cada tipo de acumulador, tal como se muestra en la Figura 13 y la Figura 14.

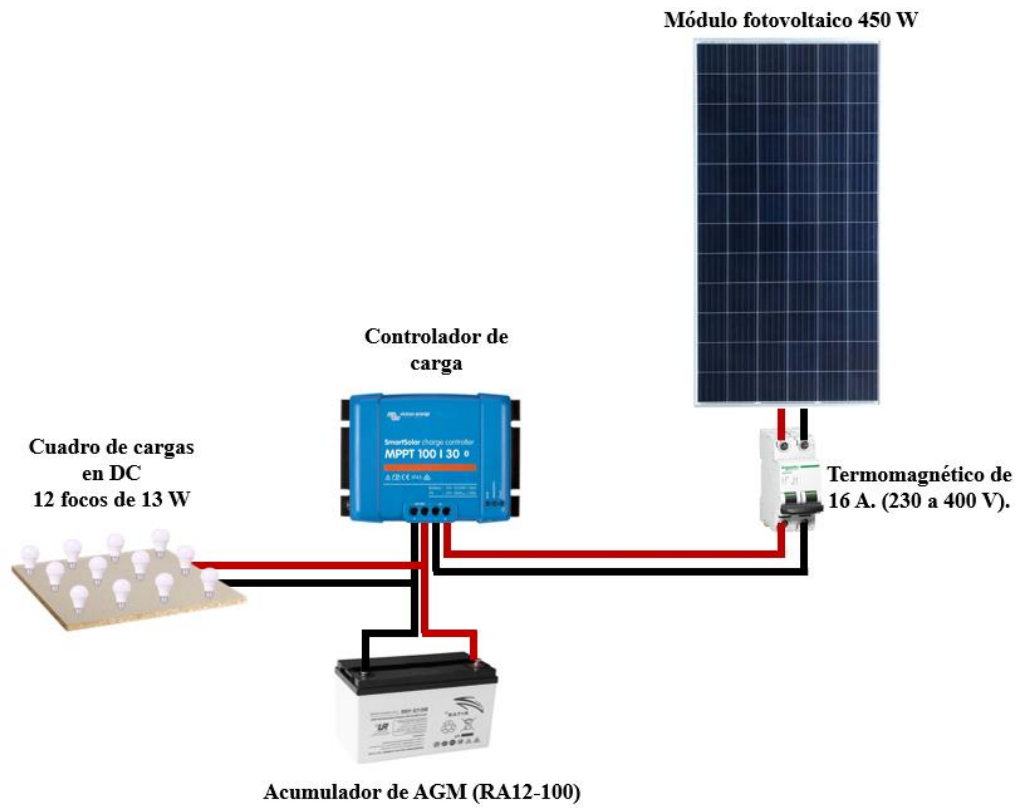


Figura 13. Esquema de un sistema fotovoltaico aislado con acumulador de AGM (RA12-100).

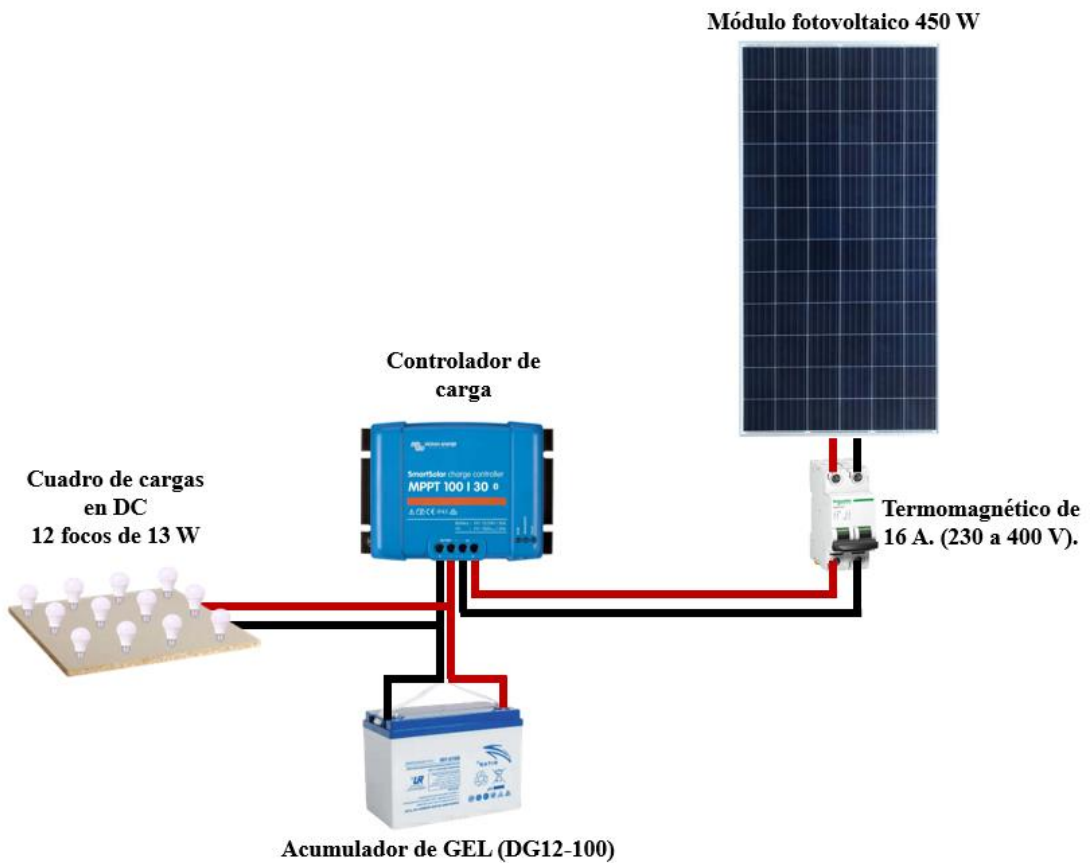


Figura 14. Esquema de un sistema fotovoltaico aislado con acumulador de gel (DG12-100).

3.2.3. Diseño del diagrama del tablero de monitoreo y control con PLC.

Se elaboró un esquema eléctrico para la instalación del tablero de monitoreo y control, en el cual se integraron los siguientes equipos: un PLC, un módulo de expansión, sensores de temperatura, sensores de corriente y sensores de tensión. Para la alimentación del PLC y de los sensores, se incorporó una fuente de poder conmutada (switching) de 220V a 24V/5A. Este diagrama fue fundamental durante la implementación del mencionado tablero, ya que permitió una correcta distribución y conexión de los componentes tal como se observa en la Figura 15.

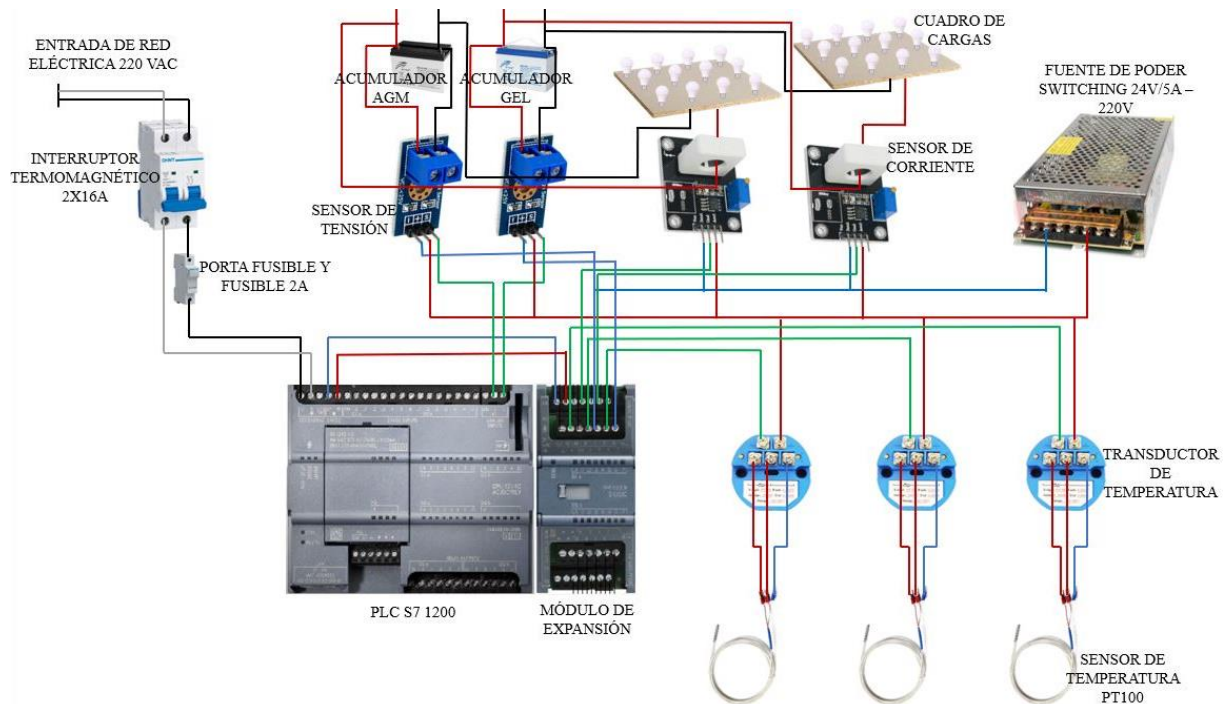


Figura 15. Diagrama de conexión del tablero del monitoreo y control.

3.2.4. Adquisición e implementación de los sistemas fotovoltaicos con los acumuladores AGM y GEL.

Se implementaron dos sistemas fotovoltaicos aislados, cada uno con un tipo distinto de acumulador: uno con acumulador AGM y el otro con GEL. Para el aprovechamiento de la energía almacenada en los acumuladores, se instaló un cuadro de cargas independiente para cada sistema, compuesto por 12 focos operando en corriente continua (DC), tanto para el sistema con acumulador AGM como para el sistema de GEL. Esta configuración permitió evaluar el desempeño de cada tipo de acumulador bajo condiciones de cargas y descargas iguales como se muestra en la Figura 16 y Figura 17.



Figura 16. Instalación de los módulos fotovoltaicos.



Figura 17. Instalación del tablero para los módulos fotovoltaicos.

3.2.5. Adquisición e implementación del tablero de monitoreo y control con PLC.

Para el monitoreo y la adquisición de datos, se implementó un tablero de monitoreo y control, en el cual se instalaron todos los componentes y el cableado correspondiente, conforme al diagrama previamente elaborado. En este tablero, el PLC cumple un rol fundamental, ya que se encarga de registrar y monitorear en tiempo real los datos provenientes de los sensores de temperatura, corriente y tensión. Esta configuración permite una supervisión del comportamiento de ambos acumuladores que se mencionan en este estudio como se muestra en la Figura 18.



Figura 18. Instalación del tablero de monitoreo y control.

3.2.6. Programación y comunicación del Software TIA Portal con PLC.

Finalmente, se utilizó el software TIA Portal (Totally Integrated Automatioin Portal), este software nos permitió programar y configurar en el dispositivo PLC, utilizando los sensores de temperatura, corriente y tensión como se observa en la Figura 19.

La programación del PLC se realizó utilizando el software TIA Portal, empleando el lenguaje de programación Ladder (escalera). Se configuró el sistema para que la adquisición de datos se efectuara cada cinco minutos, permitiendo así un registro periódico y ordenado de las variables eléctricas y térmicas. Además, se habilitó la visualización en tiempo real de las gráficas de tensión, corriente y temperatura, lo que facilitó el monitoreo continuo del comportamiento de los acumuladores como se observa en la Figura 20.

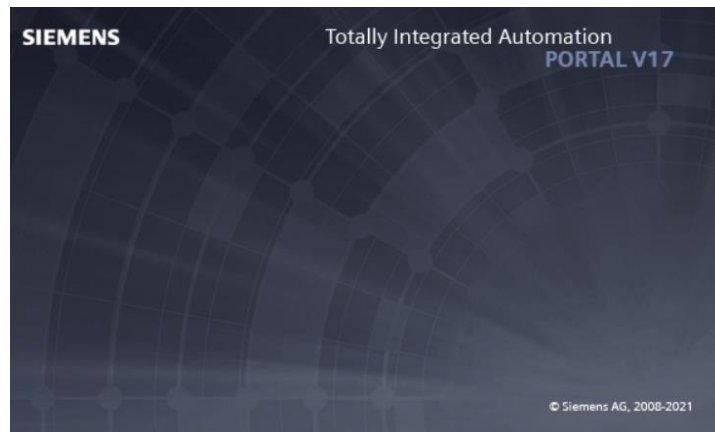


Figura 19. Software TIA Portal.

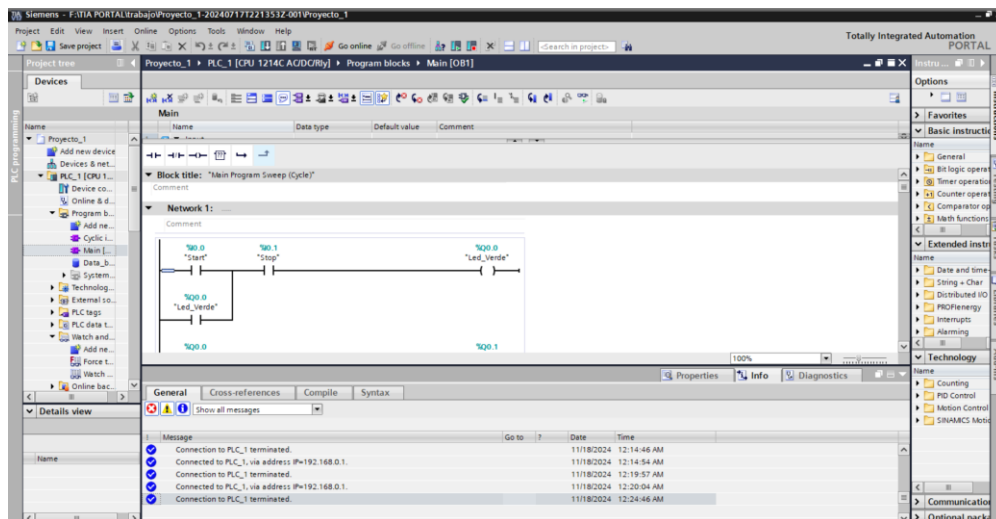


Figura 20. Programación en el software TIA Portal con el lenguaje Ladder.

3.2.7. Eficiencia del acumulador

La eficiencia de ida y vuelta, que es la relación entre la energía total que entra y la que sale de un sistema de almacenamiento, es un indicador clave del rendimiento de estos sistemas (Jäger et al., 2014).

$$\eta_{Acumulador} = \frac{E_{out}}{E_{in}} 100\% \quad (6)$$

Donde:

- $\eta_{Acumulador} \Rightarrow$ Eficiencia de almacenamiento
- $E_{out} \Rightarrow$ Energía de salida.
- $E_{in} \Rightarrow$ Energía de entrada

3.2.8. Comportamiento de la carga del acumulador

El estado de carga (SOC) es un parámetro clave de la batería que indica qué porcentaje de su capacidad total está disponible para ser descargado. Las unidades del SOC se expresan en porcentajes (Jäger et al., 2014).

Cuando:

- Un SOC del 100% indica que el acumulador está completamente cargado.
- Un SOC del 0% indica que el acumulador está completamente descargado.

$$SOC = \frac{E_{Acumulador}}{C_{Acumulador}V} \quad (7)$$

Donde:

- $E_{batería} \rightarrow$ Es la capacidad energética de un acumulador se da multiplicando la tensión nominal y la capacidad de carga utilizada medido en vatios-hora.
- $C_{batería} \rightarrow$ Es la capacidad del acumulador medido en amperios - hora
- $V \rightarrow$ Es la tensión de un acumulador medido en voltios.

3.2.8.1. Ciclo de carga

Los acumuladores AGM comienzan su proceso de carga al alcanzar su nivel más bajo y finalizan una vez que están completamente cargados. Estos acumuladores pueden aceptar cargas rápidas y se pueden cargar con una tensión que oscila entre 14.4V y 14.7V, lo que los hace especialmente eficientes para su uso en sistemas solares (DeGeyter, 2024).

Por otro lado, el ciclo de carga de los acumuladores Gel también inicia en un estado descargado y concluye al alcanzar la carga completa. Sin embargo, requieren una tensión de carga más baja, situada entre 13.5V y 13.8V, para evitar daños por sobrecarga. A pesar de que su velocidad de carga es más lenta en comparación con los AGM, este aspecto contribuye a prolongar su vida útil (Fullriver, 2024).

3.2.9. Comportamiento de la descarga del acumulador

La capacidad en amperios-hora que se descarga de un acumulador completamente cargada dividida por su capacidad nominal es la forma más común de calcular el DOD. La DOD generalmente se presenta como un porcentaje. Si la DOD de un acumulador es 0%, significa que está cargada al 100%, mientras que, si es 100%, significa que está descargada. Otra

explicación es que una descarga profunda indica que el acumulador está utilizando más energía de lo que debería (Izdin et al., 2019).

$$DOD = \frac{C_{Acumulador}V - E_{Acumulador}}{C_{Acumulador}V} \quad (8)$$

3.2.9.1. Ciclo de descarga

Los acumuladores AGM inician su ciclo de descarga cuando están completamente cargados y finalizan al llegar a un nivel de energía específico. Para maximizar su vida útil, se recomienda no descargarlos por debajo del 50% de su capacidad, lo que generalmente permite alcanzar alrededor de 500 ciclos (Fullriver, 2024).

De manera similar, los acumuladores GEL también comienzan su ciclo de descarga desde un estado de carga completa, pero pueden ser utilizados hasta niveles de descarga más profundos. Gracias a esta capacidad, son ideales para aplicaciones de ciclo profundo, y a menudo alcanzan el doble de la vida útil en comparación con los AGM (DeGeyter, 2024).

3.3. Ámbito del proyecto

Este estudio se realizó en la región Puno, provincia de San Román, ubicada en la ciudad de Juliaca del distrito de San Miguel referencia segunda circunvalación con Av. Huancané que se encuentra a una altitud 3,824 metros sobre el nivel del mar. La finalidad de la investigación fue examinar el desempeño de los acumuladores AGM (Absorbent Glass Mat) y GEL en un sistema fotovoltaico aislado que está instalado en una vivienda.

Ubicación geográfica:

- Latitud: 15°27'39.5"S
- Longitud: 70°06'42.3"W



Figura 21. Ámbito del lugar de estudio (Maps, 2024).

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población del estudio está conformada por todos los acumuladores con tecnología VRLA (Valve Regulated Lead Acid) de los tipos AGM (Absorbent Glass Mat) y GEL, instalados en sistemas fotovoltaicos aislados en la ciudad de Juliaca, ubicada en la región de Puno.

3.4.2. Muestra

Para este estudio, se trabajó con dos acumuladores de tecnología VRLA (Valve Regulated Lead Acid), uno del tipo AGM (Absorbent Glass Mat) y otro del tipo GEL, los cuales fueron seleccionados como muestra representativa. Estos acumuladores fueron evaluados en un sistema fotovoltaico aislado, con el objetivo de analizar su desempeño, eficiencia de carga y descarga, y su capacidad para operar de manera óptima en las condiciones climáticas y geográficas de Juliaca, a gran altitud y con temperaturas fluctuantes.

3.5. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de los variables

Variable independiente	Dimensiones	Indicadores	Unidad
Componentes del sistema fotovoltaico aislado	Generador fotovoltaico	• Modulo fotovoltaico	Wp.
		• Controlador de carga	A.
		• Acumulador tipo AGM	AH.
		• Acumulador tipo GEL	AH.
	Parámetros ambientales	• Temperatura ambiente	°C
		• Radiación solar	W/m ²
		• Temperatura de operación de la batería	°C
	Cargas	• Cargas en DC	W.
Variable dependiente	Dimensiones	Indicadores	Unidad
Rendimiento de los acumuladores de tipo AGM y GEL según los parámetros de desempeño	Ciclos de carga y descarga de acumuladores con VRLA tipo AGM y GEL	• Profundidad de descarga DOD	%
		• Tensión de carga	V.
		• Corriente de carga	A.
		• Capacidad nominal	kWh
		• Capacidad útil extraída	kWh
		• Resistencia interna	Ω

3.6. Materiales e instrumentos

3.6.1. Materiales

Equipos para análisis del rendimiento de acumuladores con VRLA de tipo AGM y Gel de un sistema fotovoltaico aislado.

3.6.1.1. Módulo fotovoltaico

El módulo fotovoltaico es un dispositivo formado por un módulo fotovoltaico que captura la energía solar y la transforma en electricidad. Está compuesto por celdas solares hechas de materiales semiconductores, como el silicio, que convierten la luz solar en energía eléctrica mediante el movimiento de electrones. Al recibir luz, la célula solar genera una diferencia de carga que produce una corriente eléctrica. Esta electricidad se almacena en acumulador para su uso posterior. En resumen, el módulo fotovoltaico convierte la energía solar en electricidad de corriente continua (DC) durante el día (Celsia, 2018).

El panel solar monocristalino PERC de 450W modelo RD450M6H de RENE PV ofrece una eficiencia del 20.30%, con una máxima potencia de 450W.

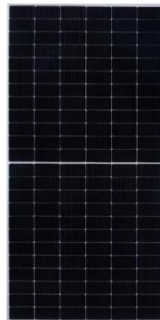


Figura 22. Módulo fotovoltaico de 450W.

Tabla 2

Especificaciones técnicas del módulo fotovoltaico de 450W.

Características principales	
Potencia máxima (Pmax)	450 W
Tolerancia de potencia	±3 %
Corriente de potencia máxima (Imp)	10.49 A
Tensión de potencia máxima (Vmp)	42.17 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	11.49 A
Tensión de circuito abierto (Voc)	49.93V

Nota: Presenta la ficha técnica del módulo fotovoltaico.

3.6.1.2.Regulador de carga

Un regulador de carga capta la energía de los paneles solares y la almacena en acumuladores, optimizando el proceso con la tecnología SmartSolar. Este sistema maximiza la recolección y gestión eficiente de la energía, garantizando una carga rápida y completa mientras protege la salud y vida útil del acumulador. La tecnología MPPT supervisa constantemente la tensión y corriente de los paneles solares para asegurar que se aproveche toda la energía disponible, especialmente en condiciones de luz variable. Además, SmartSolar permite el monitoreo y control remoto a través de Bluetooth o el portal VictronConnect, incluso en ubicaciones remotas, proporcionando acceso en tiempo real.



Figura 23. Controlador de carga solar MPPT 100/30 Victron SmartSolar.

Tabla 3

Especificaciones técnicas del controlador de carga solar MPPT 100/30 Victron SmartSolar.

Características principales	
Tensión de la batería	24/12 V
Corriente de carga nominal	30 A
Potencia nominal PV 12V	440 W
Potencia nominal PV 24V	880 W
Tensión máxima de circuito abierto PV	100 V
Corriente máxima de cortocircuito PV	35 A
Eficacia máxima	98 %
Autoconsumo 12 V	30 mA
Autoconsumo 24 V	20 mA

Nota: Presenta las especificaciones técnicas del controlador de carga solar MPPT Victron SmartSolar 100/30, utilizado en el sistema fotovoltaico aislado.

3.6.1.3.Acumulador solar AGM (Absorbent Glass Mat)

En este modelo de acumulador, las placas se encuentran firmemente entrelazadas entre mallas de fibra de vidrio saturadas al 90% con el electrolito, lo que facilita la difusión del

oxígeno mediante la acción de los capilares. El espacio residual en las mallas permite que el oxígeno liberado en la placa positiva llegue a la placa negativa, donde se reintegre al agua, previniendo la creación de hidrógeno. Esta recombinación, que supera el 99%, evita la pérdida de agua durante el ciclo de vida del acumulador, lo que posibilita la utilización de antimonio en las placas, incrementando su resistencia y habilidad para la descarga profunda. Estos acumuladores, debido a su baja resistencia interna, transmiten y absorben más corriente que los de gel, sin necesidad de reconfigurar el sistema de carga(Alonso, 2024).

Los acumuladores AGM ofrecen una vida útil de entre 3 y 5 años, destacando por su buen rendimiento en climas fríos, aunque no alcanzan la versatilidad de los acumuladores de litio. Tienen una profundidad de descarga (DoD) del 75% (FQSBattery, 2023).



Figura 24. Acumulador RITAR 12V 100Ah RA AGM (RitarPower, 2024b).

Tabla 4

Especificaciones técnicas del acumulador RITAR 12V 100Ah RA AGM

Características principales	
Numero de células	6 células
Tensión	12 V
Peso	30 kg
Capacidad	100 Ah (25 °C)
Corriente de descarga máxima	1000 A
Resistencia interna	Aprox. 5 mΩ
Rango de temperatura de funcionamiento normal	25 °C ± 5°C

Nota: Se presenta la ficha técnica del acumulador tipo AGM utilizado en este estudio, la cual detalla sus principales características eléctricas y operativas.

3.6.1.4. Acumulador solar de Gel

Los acumuladores de gel se presentan en formatos de vaso o monobloc, y su construcción es similar a la de los acumuladores de electrolito líquido, pero con un electrolito de ácido

sulfúrico inmovilizado en gel mediante sílice. Durante la carga, el gel se agrieta, permitiendo la recombinación parcial de los gases, aunque no se requiere añadir agua en condiciones normales. Para evitar el aumento de presión por gases no recombinados, cada celda tiene una válvula de regulación. Las placas, hechas de plomo y calcio, reducen el gaseo y la autodescarga, pero disminuyen la resistencia mecánica y la profundidad de descarga. Además, pueden instalarse en diversas posiciones debido a su diseño sellado, aunque su vida útil puede reducirse en climas cálidos (Alonso, 2024).

Los acumuladores de gel están diseñados para un uso intensivo, soportando frecuentes ciclos de carga y descarga. Ofrecen una vida útil de hasta 5 años y se comportan de manera excelente en temperaturas extremas. Además, cuentan con una mayor profundidad de descarga, alcanzando el 85% (FQSBattery., 2023).



Figura 25. Acumulador RITAR 12V 100Ah DG GEL (RitarPower, 2024a).

Tabla 5

Especificaciones técnicas del acumulador DG GEL 12V 100Ah

Características principales	
Numero de células	6 células
Tensión	12 V
Peso	30 kg
Capacidad	100 Ah (25 °C)
Corriente de descarga máxima	1000 A
Resistencia interna	Aprox. 5 mΩ
Rango de temperatura de funcionamiento normal	25 °C ± 5°C

Nota: Se presenta la ficha técnica del acumulador tipo GEL utilizado en este estudio, la cual detalla sus principales características eléctricas y operativas.

3.6.1.5. Sensor de Temperatura RTD PT100 (3 hilos)

El PT100 es una clase de detector de temperatura resistencial (RTD) que evalúa la fluctuación de la resistencia de un conductor, como el platino, en relación con la temperatura.

Conforme la temperatura se incrementa, la resistencia también lo hace debido a la mayor agitación térmica en el metal. Los sensores PT100 están compuestos por un alambre de platino con una resistencia de 100 Ohmios a 0°C y vienen en configuraciones de dos, tres y cuatro hilos, siendo las últimas más precisas. Comparados con las termocuplas, los PT100 ofrecen mayor precisión en temperaturas bajas (-100°C a +200°C), y su capacidad para detectar fallos al abrir el circuito facilita el mantenimiento (Omega, 2023).

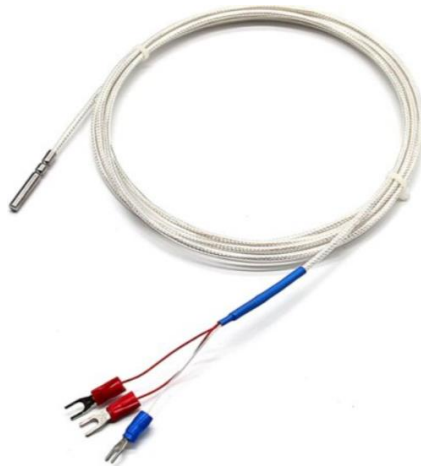


Figura 26. Sensor de Temperatura RTD Platino – PT100 – 3 hilos.

3.6.1.6. Sensor de tensión 25V

Los sensores de tensión son dispositivos inalámbricos que monitorizan continuamente equipos, maquinaria o activos, detectando posibles problemas relacionados con el voltaje. Funcionan las 24 horas, los 7 días de la semana, y envían alertas a un sistema centralizado si los niveles de tensión superan los umbrales establecidos, ya sea por ser demasiado bajos o altos. Al medir y comunicar las corrientes eléctricas, estos sensores permiten a los equipos de mantenimiento identificar áreas que requieren atención inmediata o prevenir problemas futuros (Upkeep, 2020).

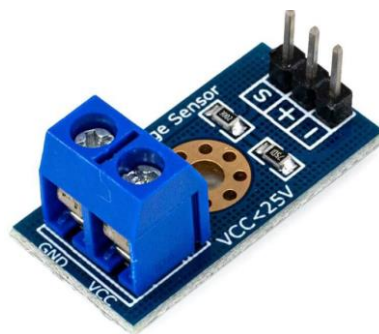


Figura 27. Modulo sensor de tensión 0 ~ 25V DC.

3.6.1.7. Sensor de corriente AC/DC 100A WCS1600

El sensor de corriente WCS1600 permite medir corriente DC o AC mediante el efecto Hall, lo que ofrece aislamiento eléctrico y evita la disipación de energía, a diferencia de las

mediciones con resistencias Shunt. Este sensor es fácil de usar: el conductor se coloca en el agujero del sensor y se alimenta con 3.3V o 5V. Tiene dos salidas: una analógica (Aout), que entrega un voltaje proporcional a la corriente medida, y una digital (Dout), que funciona como sensor de sobrecorriente utilizando un comparador ajustable. La salida analógica puede conectarse a un microcontrolador para calcular la corriente mediante una fórmula específica, mientras que la salida digital puede activar un relé para proteger el sistema al sobrepasar un límite de corriente (Levtech, 2024).

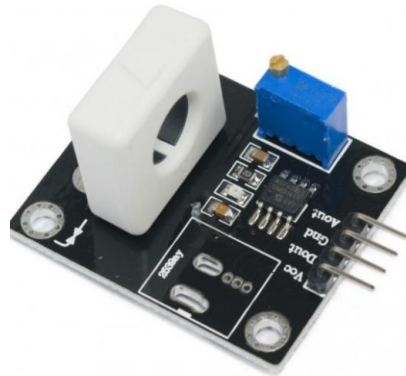


Figura 28. Sensor de Corriente DC/AC 100A WCS160 (Levtech, 2024).

3.6.1.8. Transductor de corriente DC24V

Los transductores de corriente, también conocidos como sensores de corriente, son dispositivos que convierten la corriente, ya sea CA o CC, en una señal más fácil de medir y registrar, generalmente en forma de voltaje. Esto facilita el monitoreo y la adquisición de datos mediante instrumentos y medidores especializados. Su función principal es transformar la corriente en una forma más accesible para la medición y análisis (Grant, 2024).



Figura 29. Transductor de corriente DC24V.

3.6.1.9. Transmisor de temperatura de 4-20mA para PT100, 24V

El transmisor de temperatura de 4-20 mA está diseñado para generar una señal linealizada de 4-20 mA, basada en la respuesta térmica de sensores Pt100 o Pt1000 de 2 y 3 hilos. Es ideal para aplicaciones industriales, gracias a su instalación sencilla en carril DIN, lo que facilita su integración en armarios eléctricos. Además, el dispositivo se alimenta directamente del bucle de corriente, eliminando la necesidad de una fuente de alimentación externa. Su diseño

compacto optimiza el espacio y permite una conexión segura de sensores a sistemas de automatización como PLCs (Levtech, 2024).



Figura 30. Transmisor de temperatura de 4-20mA para PT100, 24V (-50 a 100) (Levtech, 2024).

3.6.1.10. Cable ethernet

Un cable Ethernet es una categoría de cable de red comúnmente empleada para unir ordenadores a módems, aunque también es compatible con otros aparatos como dispositivos de almacenamiento en red, consolas y televisores inteligentes. Estos cables están en constante actualización para optimizar las velocidades de ancho de banda y disminuir el ruido, lo que puede dificultar la selección del cable correcto (Blackbox, 2024).



Figura 31. Cable ethernet Cat. 6 (Blackbox, 2024).

3.6.1.11. Fuente de poder switching 24V/5A – 220V

Una fuente conmutada de 24V 5A, también denominada fuente de energía o fuente de potencia, es un aparato electrónico que transforma la corriente alterna en corriente continua, proporcionando una o múltiples salidas. Este tipo de fuente es frecuentemente empleado en electrónica para alimentar diversos aparatos que necesitan un abastecimiento constante de energía en corriente continua.



Figura 32. Fuente de poder switching 24V 5A 120W.

3.6.1.12. Interruptor termomagnético

Un interruptor es un aparato creado para salvaguardar el sistema de electricidad, manteniendo los cables y los componentes vinculados. Opera a través de la mezcla de calor y magnetismo, cortando el paso de la corriente cuando se perciben niveles de tensión irregulares. Las sobrecargas energéticas, provocadas por rayos, interrupciones en el servicio eléctrico o picos de tensión, pueden provocar cortocircuitos peligrosos que podrían provocar incendios, constituyendo un peligro considerable para la propiedad. (Sdindustrial, 2022).



Figura 33. Interruptor termomagnético (Sdindustrial, 2022).

3.6.1.13. Pulsador

El pulsador es un dispositivo eléctrico que regula la condición de un circuito a través de un botón cuando es presionado. Estos aparatos se producen para ser fácilmente reconocibles y se fabrican con materiales duraderos, como el plástico o el metal, con el fin de resistir un número significativo de aplicaciones (Promelsa, 2024).



Figura 34. Pulsadores (Promelsa, 2024).

3.6.1.14. Piloto led

El piloto led, también denominado testigo, es un indicador óptico que emite una señal de luz para señalar la condición de funcionamiento de un circuito determinado. Su tarea principal consiste en iluminar y señalar las distintas fases de un proceso en marcha. En estos aparatos incluye una luz de indicación y los cables de conexión requeridos para su montaje. Además,

cuentan con una tapa de color (como verde o roja) que permite emitir una luz distintiva, como se muestra en la figura (Aireyelectricidad, 2021).



Figura 35. Pilotos leds rojo y verde (Aireyelectricidad, 2021).

3.6.1.15. Borneras de conexión

Las borneras de conexión son aparatos que facilitan el enlace seguro y ordenado de cables, conexiones y dispositivos eléctricos. Están diseñadas para prevenir fallos en la conexión, evitando la inserción de pines en lugares equivocados, y poseen mecanismos de bloqueo que aseguran una fijación sólida, previniendo desconexiones involuntarias. Algunos modelos están configurados para que ciertos pines hagan contacto antes que otros, protegiendo los circuitos durante la desconexión, especialmente en aplicaciones de intercambio en caliente, donde la secuenciación correcta de las conexiones, como la tierra común, es crucial para evitar daños (Villagran, 2016).



Figura 36. Borneras de conexión (Villagran, 2016).

3.6.1.16. Riel metálico

El riel de metal sirve para instalar de forma organizada y segura para los elementos requeridos en un sistema eléctrico. Funciona como un soporte que facilita la instalación y organización de los distintos aparatos, asegurando su adecuada disposición y fijación (Duarte, 2020).



Figura 37. Riel metálico (Duarte, 2020).

3.6.1.17. Canaleta ranurada

Las canaletas ranuradas sirven para realizar una distribución adecuada de circuitos eléctricos y orientar los cables en un sistema eléctrico, facilitando su traslado de un sitio a otro de forma organizada. Estas canaletas son usadas en un tablero eléctrico, previniendo la confusión y facilitando una rápida identificación de los cables.

(Duarte, 2020).



Figura 38. Canaleta ranurada (Duarte, 2020).

3.6.1.18. Gabinete

El gabinete eléctrico es una estructura exterior, generalmente fabricada en metal, diseñada para proteger todos los componentes del circuito de control (Duarte, 2020). Estos componentes incluyen dispositivos de conexión, control, maniobra, protección, medición, señalización y distribución. Además, el gabinete permite supervisar y proteger la instalación mediante la incorporación de interruptores, fusibles, relés y medidores, garantizando un entorno seguro y eficiente para el funcionamiento del sistema eléctrico (Nvent, 2023).



Figura 39. Gabinete metálico (Duarte, 2020).

3.6.2. Instrumentos

Los siguientes instrumentos fueron usados:

3.6.2.1. Controlador lógico programable – PLC S7-1200

El controlador lógico programable (PLC) monitorea y regula máquinas o procedimientos a través del programa S7. El controlador S7 dispone de una fuente de energía y una CPU con entradas y salidas incorporadas, o puede disponer de módulos extra para administrar señales analógicas y digitales. Dentro del programa, los módulos de entrada y salida se administran mediante direcciones de entrada (%E) y salida (%A). El sistema se configura y programa utilizando el software TIA Portal (Siemens, 2018), que en esta investigación fue esencial para

la recolección y almacenamiento de datos como la tensión, corriente y las temperaturas de los acumuladores de AGM y GEL.



Figura 40. Controlador lógico programable – SIMATIC PLC S7-1200 CPU 1214C (Siemens, 2018).

3.6.2.2. Módulo de entrada analógico

El módulo de entradas analógicas, gracias a sus múltiples opciones de comunicación, es flexible. Los módulos de señales le permiten ajustar la configuración de su SIMATIC S7-1200 a sus necesidades específicas. Para lograrlo, la línea cuenta con módulos que incluyen entradas y salidas digitales, analógicas y de composición mixta, además de opciones de seguridad. Esto permite ahorrar espacio en el gabinete y reducir los costos de hardware (Siemens, 2018).



Figura 41. Módulo de entrada analógico – SIMATIC S7 -1200, SM 1231 – 8 AI (Siemens, 2018).

3.6.2.3. Pinza amperimétrica digital

Una pinza amperimétrica es un dispositivo de medición eléctrica que integra un multímetro digital básico con un sensor de corriente. Este instrumento permite a los técnicos medir la corriente colocando las tenazas de la pinza alrededor de un cable, mientras las puntas de prueba miden la tensión. Gracias a su diseño, es posible realizar mediciones sin necesidad de desconectar o desactivar el circuito, lo que facilita el análisis y mantenimiento del sistema eléctrico (Intronica, 2021).



Figura 42. Pinza amperimétrica -FLUKE 325 (Intronica, 2021).

3.7. Instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos para los acumuladores AGM y GEL se recogieron utilizando las herramientas como un multímetro y una pinza amperímetro, para medir voltaje y corriente. Incorporando monitoreo en tiempo real, se implementó un PLC (Controlador Lógico Programable) con sensores especializados, compuesto por tres sensores de temperatura, dos sensores de corriente y dos sensores de voltaje, para mantener una vigilancia continua sobre el desempeño del acumulador.

El monitoreo de los acumuladores AGM y GEL también incluye el análisis de los datos proporcionados por el fabricante de los equipos. Este sistema permitió obtener información detallada sobre el estado de los acumuladores y su comportamiento operativo.

La recolección de datos se llevó a cabo durante un periodo de tres meses, abarcando los meses de agosto, septiembre y octubre con el fin de capturar variaciones estacionales que puedan influir en el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos aislados y en el comportamiento de los acumuladores en distintas condiciones ambientales.

3.8. Técnicas de procesamiento, análisis e interpretación de datos

Para procesar los datos se emplearon el Microsoft Excel y el Software Python. El Excel se utilizó para recolectar y ordenar los datos recopilados durante los tres meses, así facilitando su preparación para el análisis. Por otra parte, el Software Python se utilizó para llevar a cabo el análisis estadístico de los datos organizados. Asimismo, se empleó para generar las gráficas y visualizaciones que nos facilitó la interpretación de los resultados obtenidos.

3.9. Presupuesto

La tabla siguiente muestra el cuadro de presupuesto de inversión para el proyecto de investigación, que ha sido financiado conjuntamente por ambos aspirantes. Este presupuesto especifica los fondos económicos destinados a cada elemento del proyecto, incluyendo los costos de equipos, materiales y otros costos requeridos para la realización del estudio.

Tabla 6*Cuadro de presupuesto*

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Costo Total
Materiales				
Módulo fotovoltaico 450 W	Unidad	2	980	1960
Controlador MPPT 100/30	Unidad	2	880	1760
Batería AGM 12V 100 Ah	Unidad	1	690	690
Batería GEL 12V 100 Ah	Unidad	1	970	970
Focos LEDs	Unidad	24	12	288
Socket	Unidad	24	5	120
Cable unifilar solar PV	Metros	16	10	160
Termomagnéticos	Unidad	3	35	105
PLC	Unidad	1	3400	3400
Módulo de Expansión	Unidad	1	2800	2800
Sensor de tensión 25V	Unidad	2	50	100
Sensor de corriente DC/AC 100A	Unidad	3	200	400
Transductor de corriente	Unidad	2	400	800
Sensor de temperatura PT100 3 hilos	Unidad	3	80	240
Transmisor para sensor de Temperatura RTD PT100	Unidad	2	170	340
Otros	Unidad	-	-	1000
Materiales de escritorio				
USB	Unidad	1	40	40
Material de estudio	Unidad	1	15	15
Libreta de campo	Unidad	1	15	15
Servicios				
Internet	Mes	---	50	50
Fotocopias e impresiones	Hojas	---	50	50

Tabla 6

Cuadro de presupuesto

(Continuación)

Transporte	Semanas	---	50	50
Imprevistos	Global	---	200	200
TOTAL				15553

Nota: Se presenta a continuación el presupuesto destinado a la adquisición de materiales y equipos utilizados para la ejecución del presente estudio. Este presupuesto contempla los componentes necesarios para la implementación de dos sistemas fotovoltaicos aislados, cada uno con un tipo diferente de acumulador (AGM y GEL), así como los dispositivos requeridos para el monitoreo y la adquisición de datos. La inversión realizada permitió el desarrollo experimental del sistema.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.Resultados de la relación entre el ciclo de vida y la profundidad de descarga (DOD) de los acumuladores.

4.1.1. Relación entre el ciclo de vida y la profundidad de descarga (DOD) de los acumuladores según la ficha técnica.

Al analizar las gráficas de las fichas técnicas de los acumuladores de AGM y GEL, se observa que la vida útil de los ciclos está inversamente relacionada con la profundidad de descarga. Es decir, a medida que aumenta la profundidad de descarga, la cantidad de ciclos de vida que puede soportar un acumulador disminuye. Mientras la profundidad de descarga esté al 100%, significa que el nivel de descarga es por completo durante cada ciclo. Y los acumuladores descargados al 100% tienen el ciclo de vida más corto. El DOD de 50% es solo la mitad de descarga de un acumulador, lo que conduce a un ciclo de vida más largo en comparación con el DOD de 100%. Al final, el DOD de 30% son descargas superficiales que dan como resultado la vida útil más larga, ya que ejercen menos presión sobre el acumulador.

Como se muestra en la Figura 43 y Figura 44 según la gráfica de las fichas técnicas de los acumuladores de AGM y GEL, se observa que, al llegar al 100 % de profundidad de descarga (DOD), el acumulador de gel alcanza aproximadamente 300 ciclos, superando ligeramente al de AGM que llega a 200 ciclos. Cuando se reduce la profundidad de descarga al 50 %, el acumulador de gel puede soportar alrededor de 700 ciclos y mientras el AGM a 500 ciclos. En el caso de descargas más superficiales, con un 30 % de DOD, el acumulador de GEL rinde aún mejor, alcanzando cerca de 1600 ciclos, y el AGM alcanza aproximadamente a 1200 ciclos, lo que indica que el acumulador GEL puede durar más que el de AGM en condiciones similares. Finalmente, se puede decir que el acumulador de gel tiende a tener una vida útil más prolongada en todos los niveles de descarga, siendo especialmente eficiente con un 30 % de DOD, lo que lo hace más adecuado para aplicaciones que requieren descargas superficiales frecuentes.

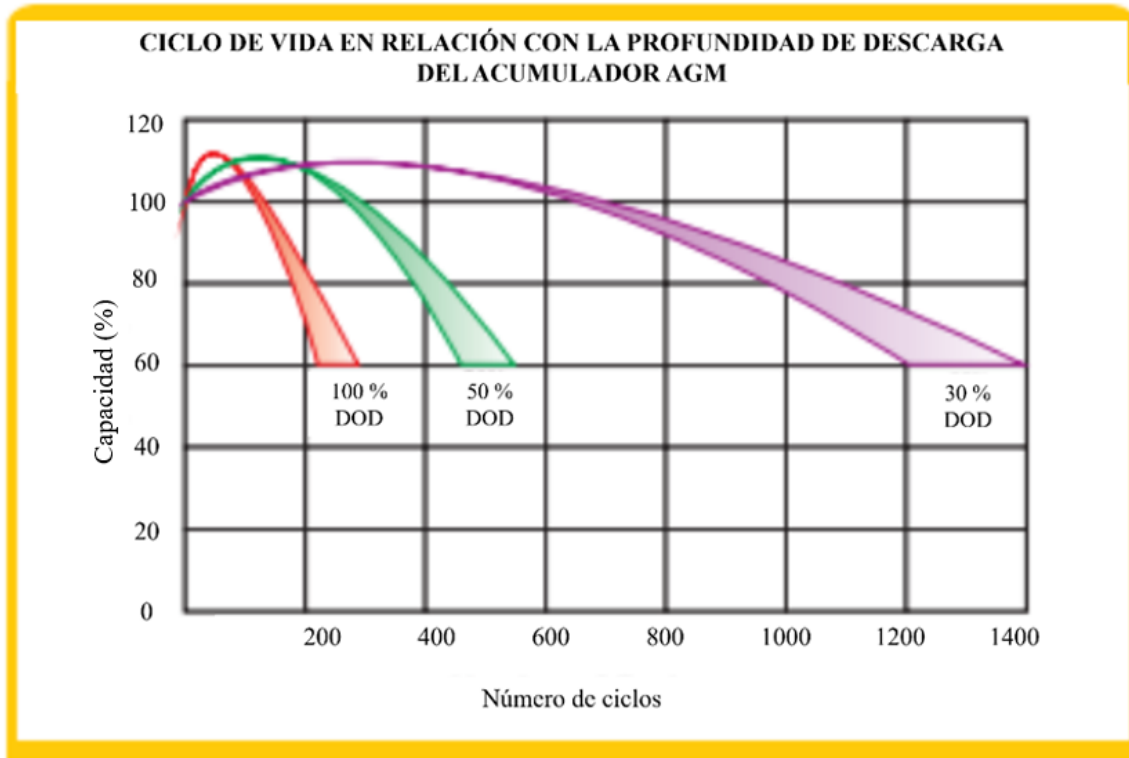


Figura 43. Ciclo de vida en relación con la profundidad de descarga (DOD) del acumulador AGM (RitarPower, 2024b).

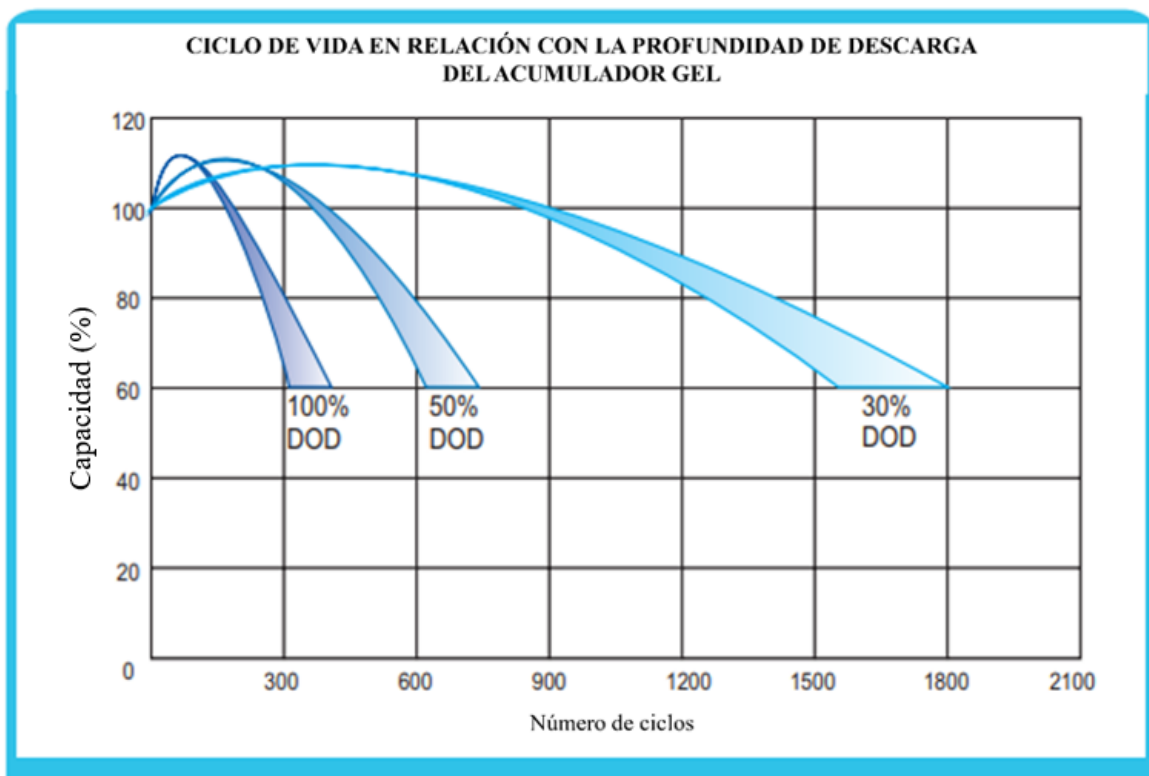


Figura 44. Ciclo de vida en relación con la profundidad de descarga (DOD) del acumulador GEL (RitarPower, 2024a).

Según la ficha técnica, se muestra que hay profundidad de descarga de 30% a 100%, en donde depende mucho sobre la descarga que se hace al acumulador. Por lo tanto, de acuerdo según los datos registrados, a una profundidad de descarga de 100% en GEL puede llegar hasta 1000 ciclos, mientras que en AGM llega hasta 300 ciclos, en donde también el tiempo y la temperatura de operación van a jugar un papel muy importante. Asimismo, los resultados de baja profundidad de descarga evidencian la conservación del número de ciclos y la vida útil. Según López de Lacalle (2017), muestra que las descargas muy profundas de 80% a 100% tienen un impacto directo en la vida útil del acumulador, reduciendo el número de ciclos. Mientras Ramón y Pineda (2015), indican las descargas profundas aceleran el envejecimiento del acumulador, en donde las descargas diarias deben oscilar entre 15% y 20%, mientras que para descargas estacionales es entre 50% y 70%.

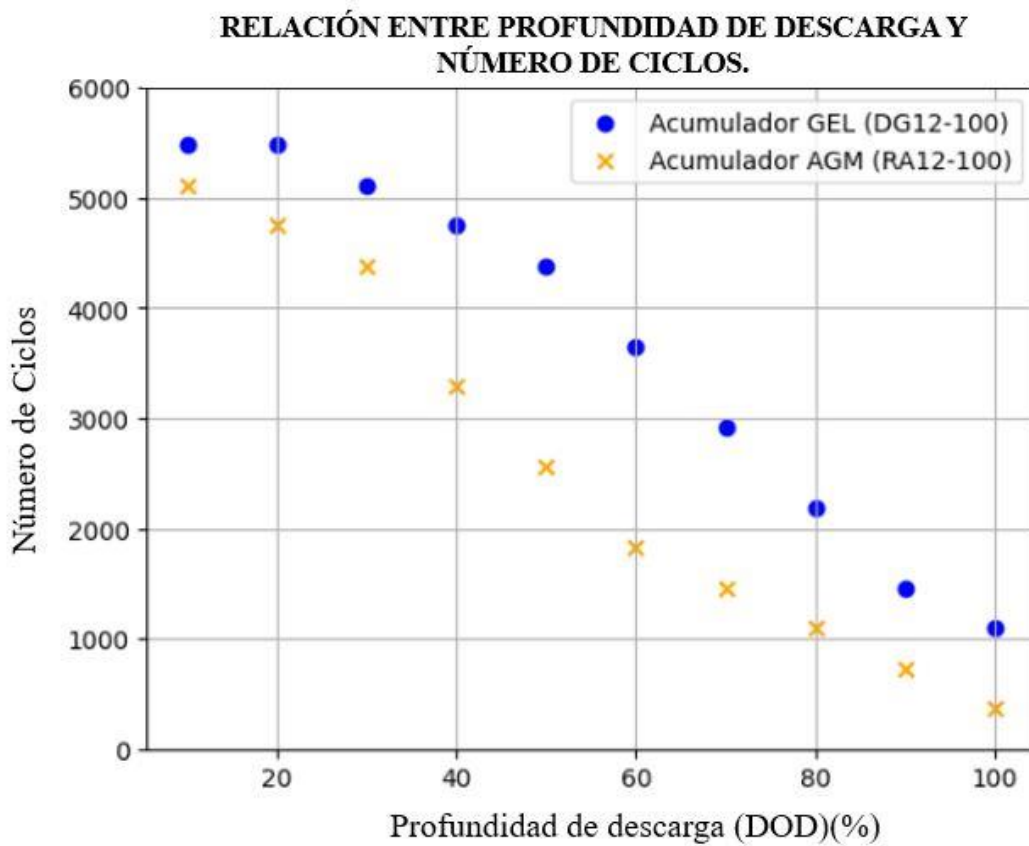


Figura 45. Profundidad de descarga y número de ciclos.

4.2. Estadísticos descriptivos de los acumuladores GEL y AGM

A continuación, se presenta un cuadro con los estadísticos descriptivos correspondientes a todos los datos obtenidos durante los tres meses de monitoreo. Los datos fueron recopilados durante los meses de agosto, septiembre y octubre, registrándose 288 datos diarios con una

frecuencia de muestreo de 5 minutos. Para calcular la profundidad de descarga (DOD) y el estado de carga (SOC) de cada acumulador, se tomó el promedio diario de los datos, considerando los valores mínimos y máximos registrados en cada acumulador.

Este resumen estadístico permite analizar el comportamiento de las variables medidas y facilita la interpretación de los resultados obtenidos a lo largo del estudio.

Tabla 7

Datos obtenidos de tensión, corriente y temperatura de los acumuladores AGM y GEL.

	Tensión del acumulador GEL	Tensión del acumulador AGM	Corriente del acumulador GEL	Corriente del acumulador AGM	Temperatura ambiente	Temperatura del acumulador AGM	Temperatura del acumulador GEL
Cantidad	26496	26496	26496	26496	26496	26496	26496
mean	12.91	12.93	1.80	2.28	17.05	13.96	18.56
std	1.24	1.21	8.33	8.40	2.72	2.31	2.82
min	5.65	6.18	-15.4	-14.6	9.93	6.11	9.64
25%	12.69	12.70	-1.25	-0.78	15.1	12.46	16.84
50%	12.92	12.93	0.79	1.22	16.98	14.09	18.48
75%	13.79	13.80	0.95	1.46	18.86	15.57	20.32
max	14.5	14.5	56	54.79	28.76	25.28	28.93

La tabla 7 nos muestra un análisis de datos recopilados de acumuladores tipo AGM y GEL, con un total de 26496 mediciones para cada variable. En cuanto a la tensión, ambos tipos de acumuladores presentan valores promedio muy cercanos, alrededor de 12.9 V, lo que indica un rendimiento similar en este aspecto. Sin embargo, la corriente muestra una mayor variabilidad, especialmente en los acumuladores GEL, donde la desviación estándar es notablemente alta. Esto sugiere que la corriente en los acumuladores GEL fluctúa más que en los AGM. La temperatura ambiente promedio se sitúa en torno a los 17 °C, mientras que las temperaturas de los acumuladores AGM y GEL son ligeramente superiores, con promedios de 13.9 °C y 18.5 °C respectivamente. Los valores mínimos y máximos revelan un rango amplio en todas las variables, lo que indica la presencia de cierta variabilidad en las condiciones de operación de los acumuladores.

4.2.1. Relación entre la profundidad de descarga (DOD) y la vida útil de los acumuladores según los datos obtenidos

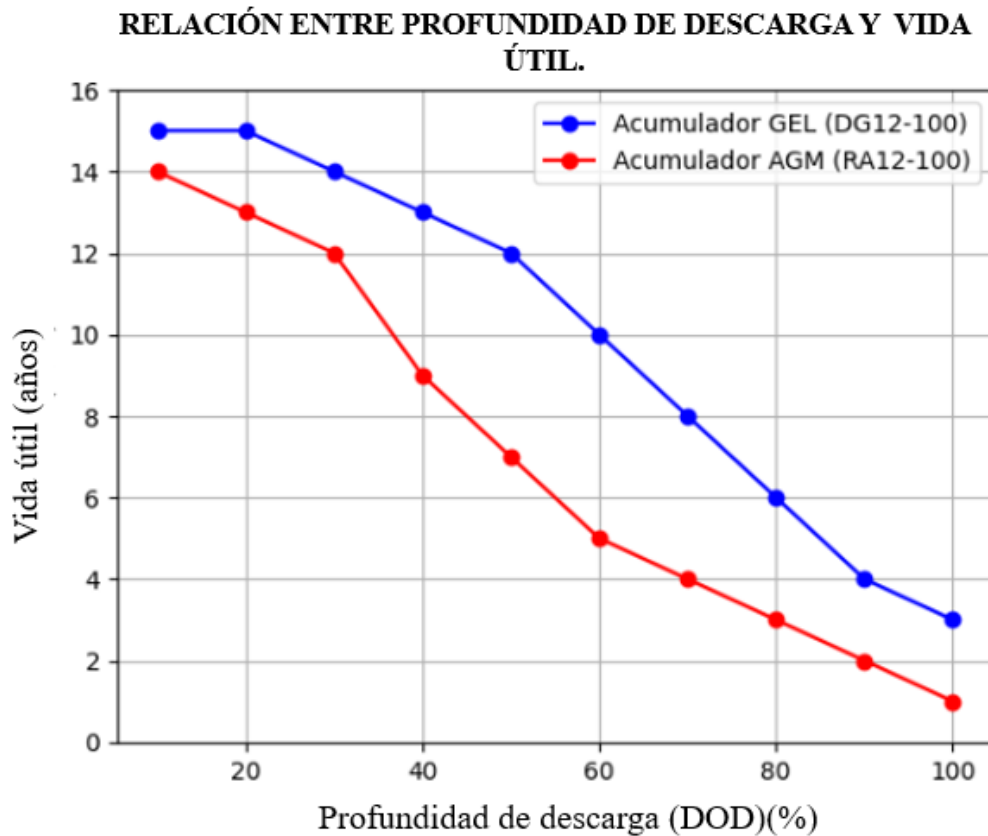


Figura 46. Profundidad de descarga y vida útil.

En la Figura 46 se observa la relación entre la profundidad de descarga (DOD) y la vida útil de dos tipos de acumuladores que son gel (DG12-100) y AGM (RA12-100), donde la profundidad de descarga indica el porcentaje de la capacidad total del acumulador que se utiliza antes de recargar, y la vida útil se mide en años o en número de ciclos.

Como se muestra en la gráfica, ambos acumuladores muestran una disminución de la vida útil a medida que aumenta la profundidad de descarga (DOD). Es decir, cuanto mayor es la profundidad de descarga (mayor porcentaje de uso de la capacidad total), menor será la vida útil de estos acumuladores.

Asimismo, el acumulador gel tiene una vida útil más prolongada que el acumulador AGM en todos los niveles de profundidad de descarga.

Tabla 8

Análisis comparativo de las gráficas presentadas en la figura 46 de los acumuladores AGM y GEL.

Profundidad de descarga (DOD) (%)	Vida útil del acumulador AGM (años)	Vida útil del acumulador GEL (años)	Observaciones
20%	13	15	Ambos tienen una vida útil prolongada, aunque el gel es ligeramente superior.
50%	7	12	El acumulador GEL demuestra ser más eficiente a profundidades de descarga mayores al 50%.
80%	3	6	El acumulador AGM empieza a reducir su vida útil significativamente.
100%	1	3	El AGM ya no es adecuado para descargas profundas debido a que la duración es de un año, mientras que el GEL aún mantiene un mejor rendimiento.

Nota: Se presenta la relación entre la profundidad de descarga (DoD) y la vida útil de cada tipo de acumulador utilizado en el estudio: AGM y GEL.

A profundidades de descarga menores del 20% - 40%, ambos acumuladores conservan una vida útil mayor, lo cual subraya la importancia de evitar descargas profundas para extender la durabilidad. Al mismo tiempo, las descargas elevadas de 80% - 100% hacen que ambos acumuladores presenten una disminución acelerada en su vida útil.

Se concluye que, para estas aplicaciones donde se busca maximizar la vida útil a lo largo del tiempo, es más adecuado el acumulador de GEL, que tolera mejor las descargas profundas en comparación que el AGM tiene una vida útil más corta, podría ser adecuado para aplicaciones donde el costo inicial sea una prioridad, pero se debe tener en cuenta que su remplazo será más frecuente. Por otra parte, se destaca la importancia de elegir el acumulador adecuado dependiendo del uso que se va dar y gestionar correctamente la profundidad de descarga.

4.2.2. Resultado de la temperatura de operación en relación a la vida útil de los acumuladores

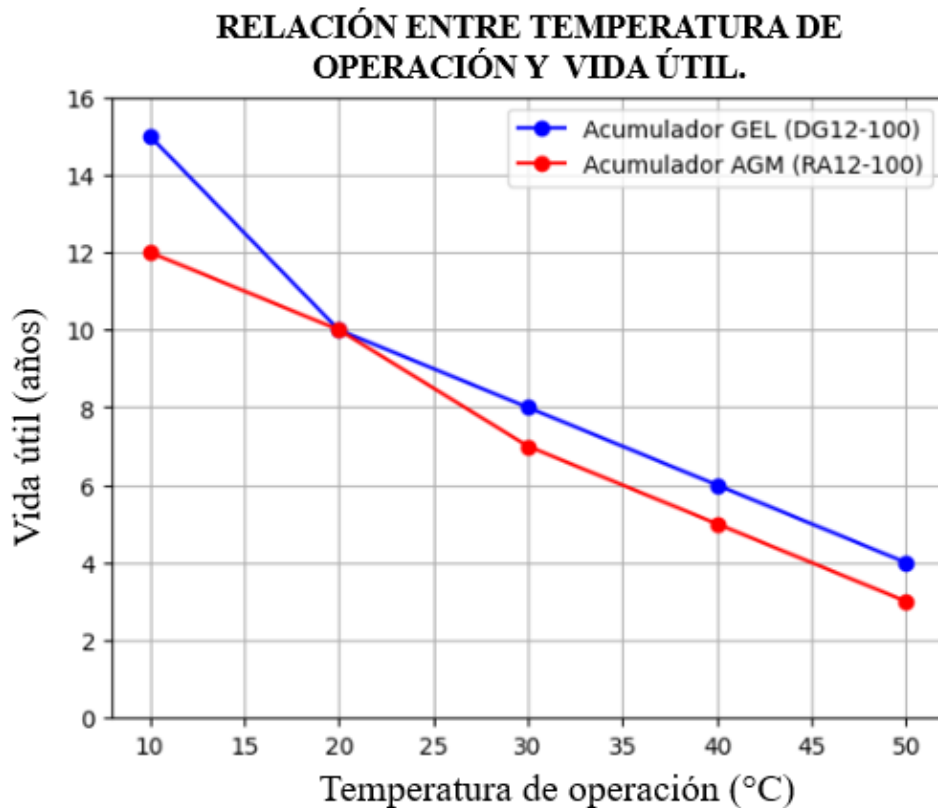


Figura 47. Temperatura de operación y vida útil.

En esta Figura 47 se muestra la relación entre la temperatura de operación y la vida útil de estos acumuladores. A medida que la temperatura de operación aumenta, la vida útil de ambos acumuladores se disminuye. Esto concuerda con el comportamiento habitual de estos acumuladores VRLA (Valve Regulated Lead Acid), ya que las temperaturas más altas aceleran los procesos de desgaste interno.

Al mismo tiempo, en la gráfica se muestra que el acumulador de gel presenta una vida útil moderadamente superior en todas las temperaturas, destacándose especialmente en climas fríos o temperaturas bajas. Esto se debe a su diseño, que le permite manejar mejor las variaciones térmicas y ser menos vulnerable al daño causado por temperaturas elevadas. Por otro lado, el acumulador AGM, aunque es competitivo, muestra una menor resistencia frente a temperaturas altas, lo que reduce su vida útil en las condiciones climáticas características de la región.

Tabla 9

Análisis comparativo de las gráficas presentados en la figura 47 de los acumuladores AGM y GEL.

Temperatura (°C)	Vida útil del acumulador AGM (años)	Vida útil del acumulador GEL (años)	Observaciones
10	12	15	Ambas tecnologías presentan una vida útil prolongada, aunque el GEL sigue siendo ligeramente superior.
20	10	10	Temperatura ideal para el desempeño óptimo de ambos acumuladores.
30	7	8	La vida útil comienza a diferenciarse entre ambas tecnologías.
50	3	4	El acumulador gel sigue siendo más duradero que el AGM a temperaturas más altas.

Nota: Se presenta la relación entre la temperatura y la vida útil de los acumuladores AGM y GEL. Esta comparación permite analizar cómo las variaciones de temperatura influyen en el rendimiento y la durabilidad de ambos tipos de acumuladores.

Estos acumuladores según los datos obtenidos son más adecuados para operar en ambientes con temperaturas moderados, ya que mantienen una vida útil superior comparada a los de AGM. Así como, para aplicaciones en regiones que tienen climas bajas y cálidas como en la ciudad de Juliaca, es conveniente optar por acumuladores de gel debido a su mayor durabilidad en estas condiciones de la región.

Las figuras obtenidas muestran que en condiciones de temperaturas altas reduce la vida útil de los acumuladores, en donde se indica que las reacciones químicas dentro de un acumulador se aceleran a temperaturas altas, y provoca un desgaste más rápido. En cambio, cuando el acumulador opera en temperaturas bajas, se explica que la actividad química disminuye, lo que reduce degradación. Sin embargo, en estos casos, la capacidad inicial en temperatura bajas puede ser menor debido a la restricción de la movilidad de los iones. Una temperatura intermedia representa un equilibrio entre ambas, ya que proporciona un deterioro más moderado.

Como afirma Ramón y Pineda (2015), la temperatura ambiente tiene un impacto significativo en la capacidad y la vida útil del acumulador. Cuando las temperaturas son

extremadamente bajas, la capacidad del acumulador se reduce significativamente, afectando su desempeño. En cambio, a altas temperaturas, a pesar de que inicialmente la capacidad pueda no ser tan afectada, el calor intensifica las reacciones químicas internas, provocando un deterioro y disminución de la durabilidad del acumulador a largo plazo. Esto demuestra como climas muy fríos y cálidos pueden ser perjudiciales para el desempeño y la durabilidad de los acumuladores. Para Pavón (2018), las variaciones de temperatura en el ambiente y el envejecimiento del acumulador afectan los ciclos de descarga. Esto podría provocar una descarga profunda, y con el transcurso del tiempo, el acumulador se ve afectado para alcanzar su voltaje de carga máximo.

4.2.3. Construcción del perfil de carga en función de tensión y corriente de los acumuladores

4.2.3.1. Perfil de carga del acumulador de AGM (RA12-100)

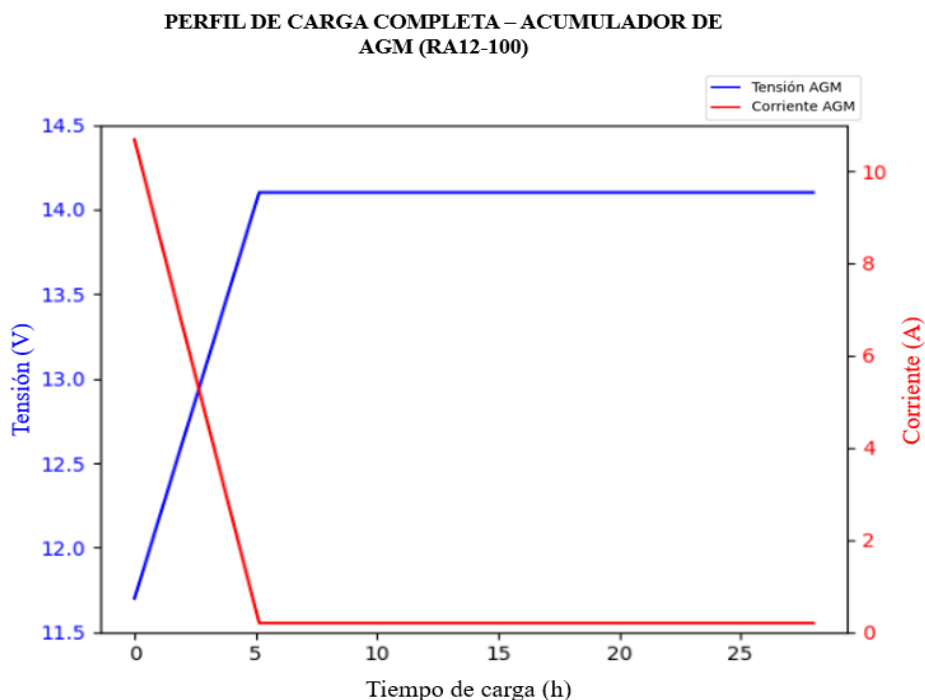


Figura 48. Perfil de carga del acumulador de AGM (RA12-100) en función de tensión y corriente.

Los ejes y unidades son los mismos que del gráfico GEL. Respecto al comportamiento de la tensión la línea anaranjada, son similares al anterior, ya que comienza es de aproximadamente 11.8 voltios y rápidamente aumenta durante las primeras 5 horas hasta alcanzar un pico de 14.2 voltios. Desde este punto, la tensión permanece constante por el resto del tiempo de carga. Sin embargo, para la corriente, la línea roja, comienza en un valor superior a los 10 amperios y disminuye rápidamente durante las primeras horas hasta llegar a cero a las 5 horas. Esto indica que el acumulador ha sido 100% cargado.

También el proceso de carga puedes dividirse en tres etapas:

- En la etapa carga inicial o Bulk, al igual que en la gráfica GEL, se observa una alta corriente al inicio y la tensión empieza a aumentar, lo que permite una carga rápida.
- En la etapa de Absorción, la corriente disminuye significativamente mientras la tensión se mantiene constante, completando la carga de forma segura y evitando cualquier posible daño a la batería.
- Finalmente, en la etapa de flotación, al que igual gel empieza a disminuir una mínima tensión y emite una corriente mínima para compensar algún auto descarga.

El proceso de carga de los acumuladores va depender del módulo fotovoltaico y del regulador de carga que se está usando, asimismo de las condiciones climatológicas. Dado que la generación energética de los módulos fotovoltaicos supera la demanda requerida para su suministro, entonces la excedente energética es para cargar a los acumuladores. Esta carga es favorable dado que se sostiene constante durante varias horas a causa de que la demanda se incrementa gradualmente como a su vez también lo hace la producción de los módulos fotovoltaicos. El instante en que la demanda se presenta llega a su punto máximo de demanda energética, el acumulador pierde el 16% de su capacidad nominal de potencia activa. Luego, el regulador de carga efectúa la desconexión del acumulador para su posterior carga, evitando así una descarga innecesaria, dado que la potencia producida por los módulos fotovoltaicos es suficiente para cubrir la demanda hasta el final de su ciclo. Así se logra un proceso de carga eficaz para el acumulador (Pavón, 2018).

4.2.3.2. Perfil de carga del acumulador de GEL (DG12-100)

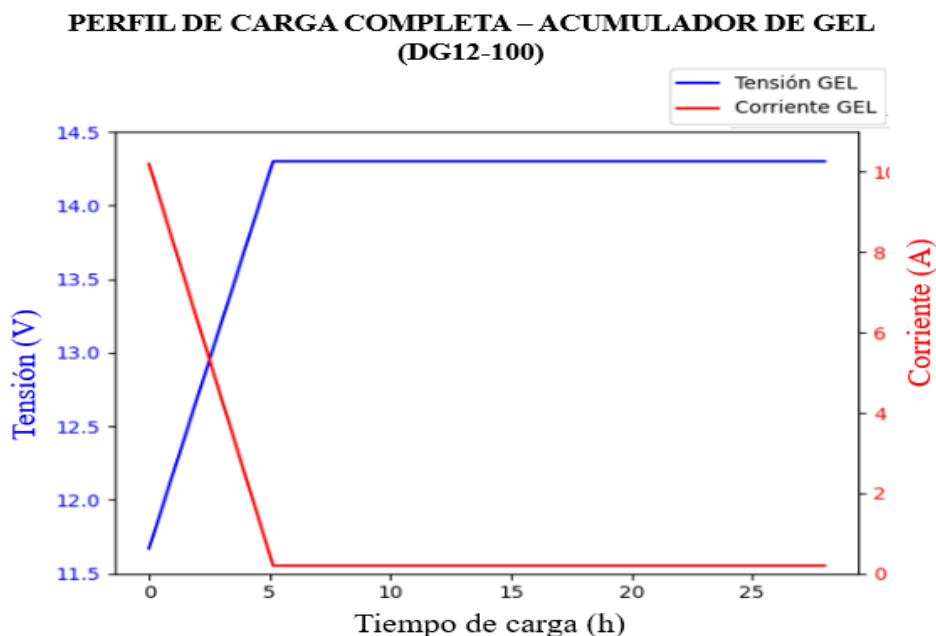


Figura 49. Perfil de carga del acumulador de GEL (DG12-100) en función de tensión y corriente.

En esta figura nos muestra, el perfil de carga del acumulador de gel lo cual en el eje X nos representa el tiempo de carga en horas. Y en el eje e izquierdo de color azul indica la tensión en voltios (V) así mismo, en eje Y derecho de color rojo muestra la corriente en amperios (A).

Al inicio del ciclo de carga, la tensión aumenta rápidamente desde aproximadamente 11.6 voltios (V) hasta estabilizarse en 14.3 voltios (V) alrededor de las primeras 5 horas. Una vez que alcanza este nivel, la tensión permanece constante durante el resto del proceso de carga.

En cuanto a la corriente, esta comienza en su valor máximo, de 10 amperios (A), y disminuye rápidamente a medida que el acumulador se carga. Durante las primeras 5 horas, la corriente desciende casi a 0 amperios (A), lo que indica que el acumulador ha alcanzado su nivel de carga completo.

En este caso el proceso de carga consta de tres fases:

- Carga rápida o conocido como fase Bulk, durante las primeras horas, la corriente es elevada, lo que permite una carga rápida hasta que el acumulador alcance su tensión de carga.
- En la fase de Absorción, después de las 5 horas, la corriente disminuye al mínimo, mientras la tensión se mantiene constante para completar la carga de manera segura y sin dañar el acumulador.
- En la fase de Flotación, empieza a disminuir una mínima tensión mientras la corriente emite una mínima corriente para compensar algún auto descarga.

4.3.Discusiones

En primer lugar, la vida útil del acumulador depende de la profundidad de descarga (DOD). Como señalan Ramón y Pineda (2015), trabajar con profundidades de descarga diaria y estacional de 15% a 20% ayuda a su vida útil con mayor frecuencia; de 50% a 70% se utiliza la capacidad máxima del acumulador sin reducir la vida útil del acumulador. Este aspecto es crucial, ya que, en los sistemas autónomos, la carga de energía juega un papel fundamental en el funcionamiento normal del sistema. Por tal motivo se debe tener en claro estos límites que pueden poner en riesgo el rendimiento del sistema. Por otro lado, según los resultados obtenidos, se corroboró que las descargas mayores del 50% afectan a ambos acumuladores, aunque el gel muestra ser prometedor a descargas mayores de 50%. Mientras el AGM puede ser utilizado en descargas no mayores al 30% de descarga.

Así pues, la relación entre la temperatura y la vida útil de los acumuladores es crucial, especialmente en regiones con climas variados como Juliaca. Según Pavón (2018), el cambio constante de la temperatura (temperaturas muy bajas de 5 a -7 °C o temperaturas muy altas de

45 a 100°C) ocasiona daños en el ciclo de carga y descarga. Según los resultados obtenidos, se concuerdan con las afirmaciones del autor mencionado.

También el desarrollo de perfiles de cada acumulador refleja el desempeño. Como señalan Acosta y Gómez (2019), la carga del acumulador dependerá de la capacidad del módulo fotovoltaico que se va a usar y el tiempo de carga dependerá de la zona en que se encuentre la instalación del sistema. En cambio, según resultados, el perfil de carga de cada acumulador es de 5 horas, ya que se ha empleado un módulo fotovoltaico de 450 watts para cada acumulador.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Para finalizar, se analizó que el rendimiento del acumulador tipo AGM es inferior al del acumulador tipo GEL en un sistema fotovoltaico aislado en la ciudad de Juliaca. En el caso del AGM, su desempeño se ve afectado negativamente por las descargas profundas y por temperaturas extremas, tanto bajas como altas, lo que provoca una mayor frecuencia de descarga y una reducción en su vida útil. En contraste, el acumulador GEL presenta un mejor rendimiento, ya que ofrece mayor resistencia a descargas profundas y mantiene una mayor estabilidad frente a variaciones de temperatura. Aunque ambos tipos de acumuladores se ven influenciados por las condiciones térmicas. En cambio, el AGM puede ser una opción viable en el costo inicial, pero las descargas profundas y temperaturas de la región afectan su rendimiento.

Se evaluó la profundidad de descarga (DOD) que tiene un impacto directo en la vida útil de los acumuladores VRLA de tipo AGM y GEL. Se muestra que el acumulador GEL tiene una vida útil superior en todos los niveles de descarga por tanto soporta 1600 ciclos con un DOD de 30%. Por otra parte, el AGM en las mismas condiciones muestra la debilidad en descargas profundas y variaciones de temperatura por tanto alcanza alrededor de 1200 ciclos con el mismo DOD del otro acumulador. Por ende, en la ciudad de Juliaca, se observa que el acumulador GEL es más eficiente que el AGM cuando alcanzan profundidades de descarga del 50%, el GEL puede soportar descargas mayores al 50%, mientras que el AGM no es adecuado para aplicaciones con los niveles de descargas profundas.

Se determinó que la vida útil de ambos tipos de acumuladores disminuye conforme aumenta la temperatura de operación, siendo la temperatura ideal para ambos de 20 °C alcanzando una vida útil de 10 años. Las temperaturas altas mayores de 45 °C son perjudiciales ya que el GEL demuestra mayor resistencia a las variaciones de temperatura, manteniendo una vida útil más prolongada. A 50 °C, el GEL conserva 4 años mientras el AGM llega 3 años.

Finalmente, se construyó los perfiles de carga de los acumuladores AGM y GEL en función de tensión y corriente de carga en donde el comportamiento de carga es similar durante las tres etapas de carga como inicial (bulk), absorción y flotación. Ambos acumuladores alcanzan su carga completa en 5 horas utilizando un panel de 450 watts. Sin embargo, el GEL presenta un desempeño superior en la etapa de flotación, lo que reduce el riesgo de sobrecarga. Este estudio, realizado a una latitud de 15°27'39.5" S, longitud 70°06'42.3" W y a una altitud de 3,824 msnm,

demuestra que el acumulador GEL es más adecuado para sistemas aislados en comparación con el acumulador AGM.

4.2.Recomendaciones

- Se recomienda evitar las descargas profundas mayores a 50% ayudaran a mantener la vida útil de los acumuladores.
- Se recomienda seleccionar el acumulador según a los usos que le va dar, para descarga profundas y para climas variados es gel, y para aplicaciones de descargas menores es AGM.
- Se recomienda vigilar de manera constante la temperatura interna y tomar acciones para preservarla dentro de los límites sugeridos por el fabricante
- Se recomienda comprobar de manera regular que las etapas del proceso de carga se finalicen correctamente.
- Se recomienda realizar controles preventivos y pruebas de la capacidad del acumulador para saber su estado.
- Se recomienda programar en el controlador el nivel de profundidad de descarga (DOD) y los parámetros de estado de carga de acuerdo con las fichas técnicas proporcionadas por cada fabricante de acumuladores. Esta configuración debe adaptarse al tipo de uso y a la cantidad de energía que se consumirá, con el fin de proteger el acumulador y prolongar su vida útil.

4.3.Sugerencias para trabajos futuros

Presentamos a continuación algunas sugerencias para futuros trabajos de investigación relacionados con este estudio. Estas recomendaciones tienen como objetivo contribuir a la mejora continua de análisis y evaluación de sistemas fotovoltaicos con acumuladores tipo AGM y GEL, promoviendo investigaciones más completas, eficientes y con mayor impacto técnico.

- Realizar pruebas en diferentes estaciones del año para evaluar el rendimiento de los acumuladores AGM y GEL bajo distintas condiciones climatológicas, especialmente en regiones con alta variabilidad de temperatura.
- Ampliar el tiempo de monitoreo para extender el período de evaluación a seis meses o un año permitiría obtener resultados más robustos y confiables sobre la degradación y eficiencia de los acumuladores.
- Monitorear con mayor frecuencia y reducir el intervalo de adquisición de datos (por ejemplo, cada minuto) para obtener una resolución más detallada del

comportamiento del sistema, especialmente durante cambios bruscos de carga o irradiancia.

- Simular fallos o condiciones críticas para probar cómo responden los sistemas ante sobrecargas, desconexiones o altas temperaturas para evaluar su confiabilidad y seguridad.
- Implementar almacenamiento en la nube para el respaldo de los datos del PLC en una base de datos remota para facilitar el acceso y seguimiento en tiempo real.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, J. A., & Gómez, Á. J. (2019). *Estudio de factibilidad y almacenamiento de carga y descarga de baterías para una microred*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17014>
- Aireyelectricidad. (2021, julio 28). *Función del piloto luminoso: verde y rojo*. Blog. https://aireyelectricidad.com/blog/21_piloto-luminoso.html?srsId=AfmBOoplCtk2ijhrnUcpZR_xiRJmSX7VCnP8Evo6DtCDdl57_G8MyQL2
- Alonso, J. A. (2024, septiembre 4). *Batería AGM o Gel*. <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/bateria-agm-o-gel-cual-elegir/>
- Areatecnologia. (2018). *Baterías para paneles solares fotovoltaicos*. <https://www.areatecnologia.com/electricidad/baterias-para-paneles-solares.html>
- Astudillo, J. J., Fuster, J., Hernández, J., Jara, D., Jofré, I., López, M., López, C., Rosas, J., & Vergara, J. (2020). *Sistemas de almacenamiento con energía solar fotovoltaica en Chile*. <https://www.4echile.cl/proyectos/nama/>
- AutoSolar. (2020). *¿Qué es un regulador de carga?* Blog. <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/que-es-un-regulador-de-carga>
- AutoSolar. (2023). *¿Cómo funcionan las baterías de plomo ácido?* Blog. <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/como-funcionan-las-baterias-de-plomo-acido#:~:text=En%20las%20bater%C3%ADas%20de%20plomo%20%C3%A1cido%20%20el%20electrodo%20positivo%20se,una%20disoluci%C3%B3n%20de%20%C3%A1cido%20sulf%C3%BArico.>
- AutoSolar. (2024). *¿Qué es una batería AGM?* Blog. <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/que-es-una-bateria-agm?utm>
- Baterías, S. (2020, noviembre 12). *Acumuladores de GEL Y AGM*. Blog. <https://bateriaslaspalmas.es/blog/17-agm-o-gel>
- Bayod, Á. A. (2009). *Energías renovables sistemas fotovoltaicos*. (1° Edición). <https://es.scribd.com/document/428458221/Energias-Renovables-Sistemas-Fotovoltaicos-Angel-Antonio-Bayod-Rujula>
- Biancon, J., & Henrique, M. (2007). *Baterías en sistemas solares fotovoltaicos*. <https://doi.org/10.59627/cbens.2007.1726>
- Blackbox. (2024). *¿Cuál es la diferencia entre CAT5e y CAT6?* <https://www.blackbox.com.mx/mx-mx/page/46780/Recursos/Technical/black-box-explica/Copper-Cable/Categorias-5e-y->

- Gauchía, L. (2008). *Modelado y simulación HIL (hardware-in-the-loop) de un sistema pila de combustible - batería*. <https://hdl.handle.net/10016/7260>
- Generatuluz. (2018). *Baterías AGM o Gel*. <https://www.generatuluz.com/tu-propia-instalacion-aislada/tipos-de-baterias-y-sus-caracteristicas/agm-o-gel/>
- Grant, S. (2024, febrero 26). *Transductores de corriente contra transformadores de corriente: ¿Cuáles son las diferencias?* Blog. <https://dewesoft.com/es/blog/transductores-de-corriente-vs-transformadores-de-corriente>
- Intronica. (2021, junio 3). *¿Qué es una pinza amperimétrica?* Blog. <https://www.intronica.com/blog-publicaciones/que-es-una-pinza-amperimetrica/64?srsltid=AfmBOoooLimONMnhFqT11ILOVZTa4D5sPWBZt0PiffgGAL13e4L-Ipm0>
- Izdin, M., Ramachandaramurthy, V. K., Sarhan, A., & Umashankar, A. P. (2019). Optimum battery depth of discharge for off-grid solar PV/battery system. *Journal of Energy Storage*, 26. <https://doi.org/10.1016/j.est.2019.100999>
- Jäger, K., Olindo, I., Smets, A., Van Swaaij, R., & Zeman, M. (2014). *Solar Energy Fundamentals, Technology, and Systems*. https://courses.edx.org/c4x/DelftX/ET.3034TU/asset/solar_energy_v1.1.pdf
- JYC BATTERY. (2023, septiembre). *¿Cuáles son los tipos de baterías de plomo-ácido?* <https://www.jycbattery.com/es/tipos-de-baterias-de-plomo-acido/?utm>
- Larcher, D., & Tarascon, J. M. (2015). Towards greener and more sustainable batteries for electrical energy storage. En *Nature Chemistry* (Vol. 7, Número 1). <https://doi.org/10.1038/nchem.2085>
- Levtech. (2024). *Transmisor de temperatura 4-20mA delgado para Pt100 o Pt1000*. <https://levtech.ro/es/producto/slim-4-20ma-transmisor-de-temperatura/?srsltid=AfmBOopIMAg3UPw5rgpP60yFZ99ozBuSnkar0GX7Ps45aQzadgWNFQx8>
- López de Lacalle, A. (2017). Estimación de la vida útil de baterías en sistemas fotovoltaicos. Influencia de la gestión energética del sistema. *Tesis*. <https://zaguan.unizar.es/record/69855/files/TAZ-TFG-2018-020.pdf>
- Maps, G. (2024). *Google Maps*. https://www.google.com/maps/place/15%C2%B027'39.5%22S+70%C2%B006'42.2%22W/@-15.460973,-70.1123747,303m/data=!3m2!1e3!4b1!4m4!3m3!8m2!3d-15.460973!4d-70.111731?entry=tту&g_ep=EgoyMDI0MDkwNC4wIKXMDSOASAFQAaw%3D%3D

- Martínez, J. (2017). Métodos de estimación del estado de carga de baterías electroquímicas. *Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona*.
- Nvent. (2023, marzo 25). *Qué es un tablero eléctrico y cuáles son sus características*. Blog. <https://hoffman-latam.com/blog/que-es-un-gabinete-o-tablero-electrico/>
- Omega. (2023). *Pt100: Introducción y tipos de sensores Pt100*. <https://es.omega.com/prodinfo/pt100.html>
- Pavón, G. A. (2018). *Cálculo del rendimiento de baterías en sistemas fotovoltaicos usando criterios de eficiencia energética*.
- Planas, O. (2023, octubre 9). *Baterías de gel: funcionamiento, pros y contras*. <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/baterias-solares/baterias-de-gel?utm>
- POWMr. (2023, julio 19). *Explicación de las etapas de carga de batería fotovoltaica*. BLOG. <https://powmr.com/es/blogs/news/what-are-the-solar-controller-s-battery-charging-stages?srsId=AfmBOooQipJ4bmoB1gW2h-v1cDEdOFKgJVKoItQenWMvGENT8dMTD0pP>
- Promelsa. (2024, febrero 9). *¿Qué es un pulsador y cómo elegir el adecuado para tu proyecto o instalación?* Blog. <https://www.promelsa.com.pe/blog/post/que-es-pulsador-electrico.html>
- Ramírez, C. (2008). Componentes de una instalación solar fotovoltaica. En *Componentes de una instalación solar fotovoltaica*. <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>
- Ramón, A. J., & Pineda, R. E. (2015). "Análisis del rendimiento de los acumuladores de energía del sistema fotovoltaico existente en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca". <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7945>
- RitarPower. (2024a). *Serie DG baterías GEL VRLA de ciclo profundo*. <https://www.bateriasritarpower.com/2017/05/series-dg.html>
- RitarPower. (2024b). *Serie RA baterías AGM VRLA de 33 Ah a 260Ah*. <https://www.bateriasritarpower.com/2022/08/fichas-tecnicas-series-ra.html>
- Rossi, D. G., & Rossi, R. E. (2020). *Estudio comparativo entre baterías Gel y LFP, proyecto fotovoltaica off grid-distrito Napo 2020*. <http://publicaciones.usanpedro.edu.pe/handle/20.500.129076/20123>
- Sdindustrial. (2022). *¿Qué es y dónde se utiliza un interruptor termomagnético?* Blog. <https://sdindustrial.com.mx/blog/interruptor-termomagnetico-que-es/>
- Siemens. (2018). *Configuración hardware específica – CPU SIMATIC S7-1200 1215C, DC/DC/DC*. <https://www.automation.siemens.com/sce-static/learning-training->

documents/tia-portal/hw-config-s7-1200/sce-011-102-hardware-configuration-s7-1200-cpu1215c-r1807-es.pdf

Upkeep. (2020). *¿Cómo funciona un sensor de voltaje? Definición y usos comunes.*
<https://upkeep.com/es/learning/voltage-sensors/>

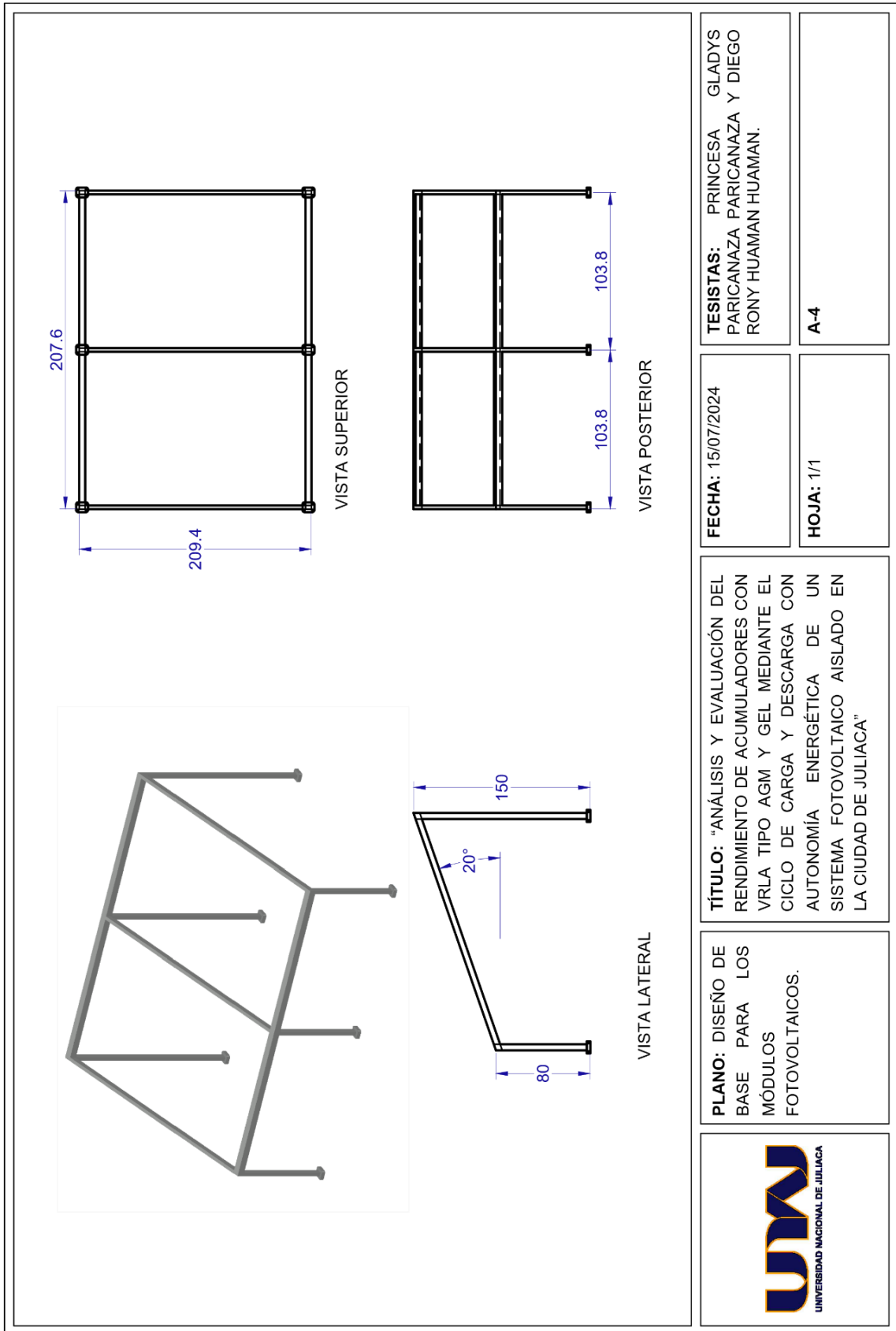
Valentín, J. L. (2018). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas* (D. Aguilar, Ed.; 4ta ed.).
Donostiarra S. A.
https://books.google.com.pe/books?id=4OUZ9ngL5oEC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Villagran, V. (2016, marzo 4). *Que son las bornas eléctricas – materiales eléctricos.* Blog.
<https://jdelectricos.com.co/las-bornas-electricas/>

Voltaika. (2024). *¿Qué son los Paneles Solares?* . Blog. <https://voltaika.net/paneles-solares-2024-precios-peru/>

ANEXOS

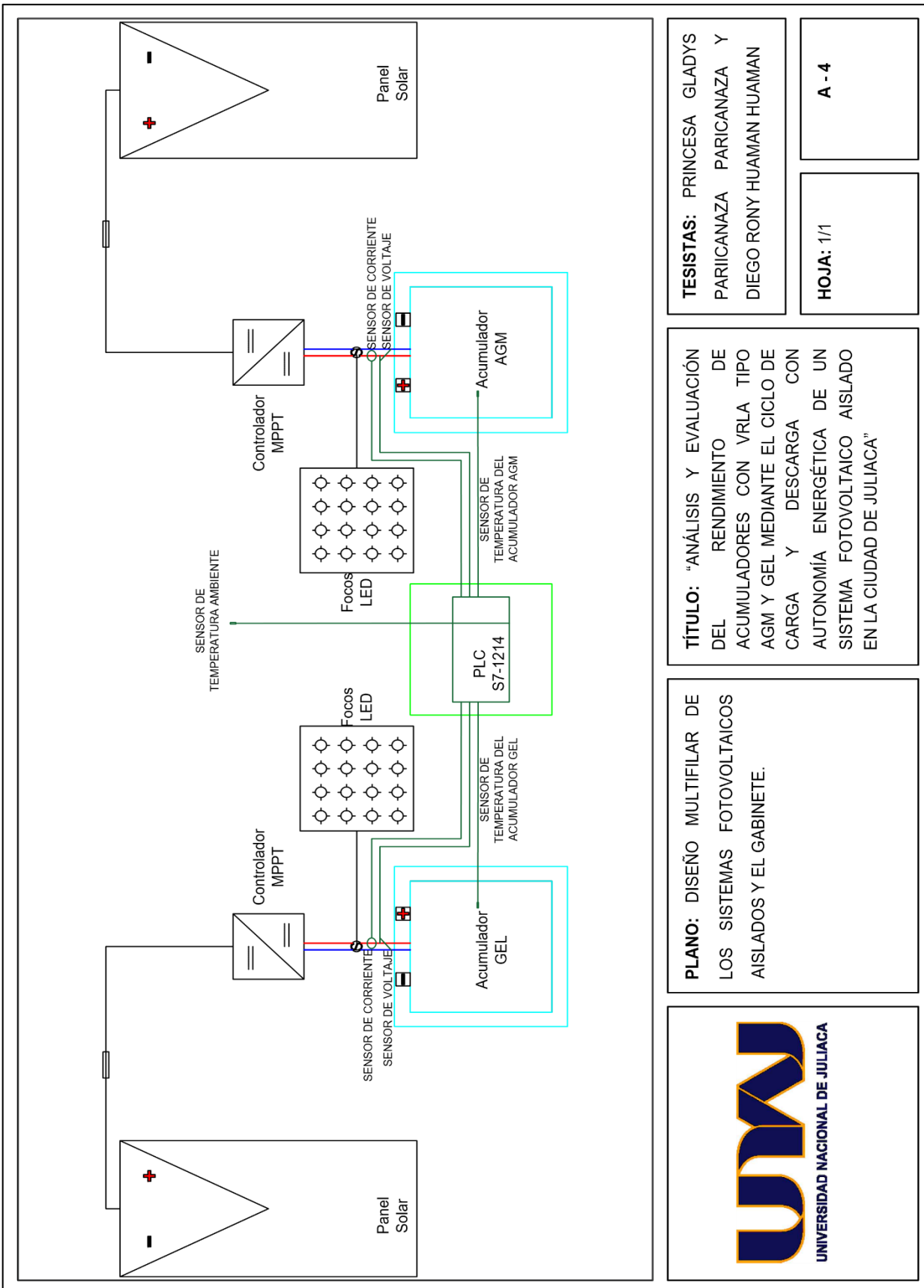
Anexo 1. Diseño y construcción del soporte para los módulos fotovoltaicos.



Designe objetos:



Anexo 2. Diagramas de los sistemas fotovoltaicos aislados y del sistema de monitoreo y control con PLC.



TESISTAS: PRINCESA GLADYS
PARICANAZA PARICANAZA Y
DIEGO RONY HUAMAN HUAMAN

HOJA: 1/1

A - 4

TÍTULO: "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE ACUMULADORES CON VRLA TIPO AGM Y GEL MEDIANTE EL CICLO DE CARGA Y DESCARGA CON AUTONOMÍA ENERGÉTICA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO EN LA CIUDAD DE JULIACA"

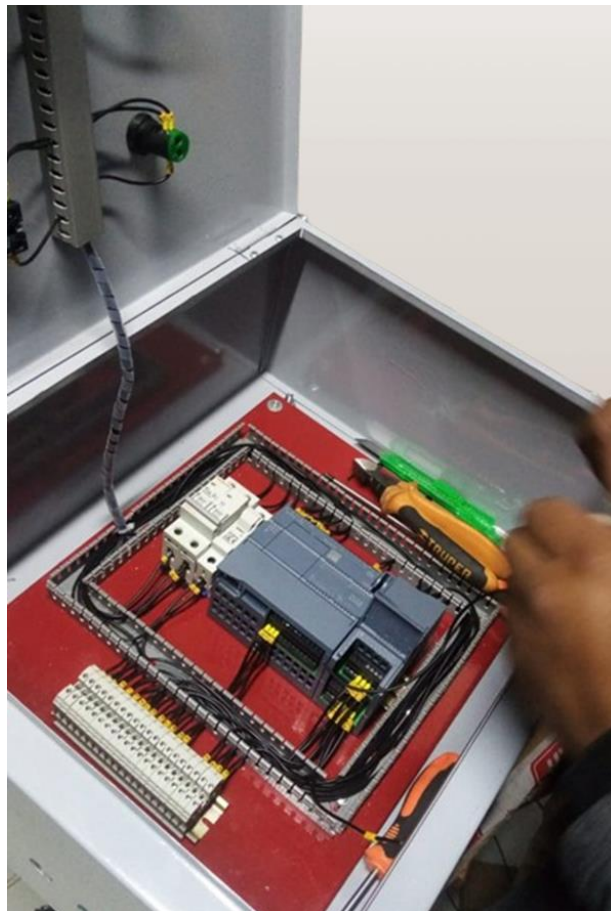
PLANO: DISEÑO MULTIFILAR DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AISLADOS Y EL GABINETE.

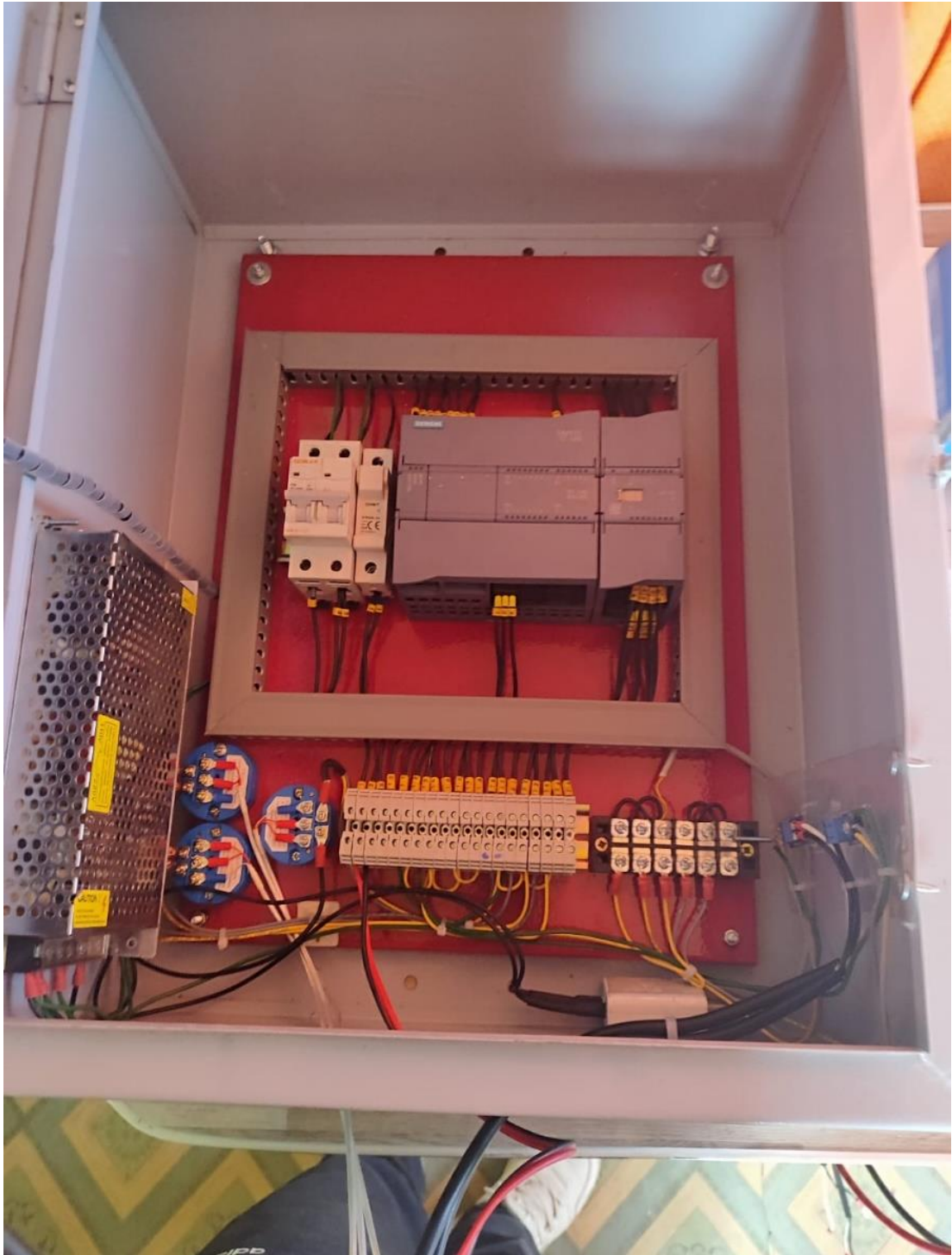


Anexo 3. Instalación de los sistemas fotovoltaicos con acumuladores AGM y GEL.



Anexo 4. Instalación del tablero de monitoreo y control con PLC.





Anexo 5. Armado de cuadro de cargas en DC.



Anexo 6. Pruebas de funcionamiento.



Anexo 7. Fichas técnicas de los equipos utilizados en el estudio.

En esta sección se presentan las fichas técnicas de los principales equipos utilizados en el desarrollo del estudio, los cuales forman parte del sistema fotovoltaico aislado evaluado. Estos documentos técnicos contienen información clave sobre las características eléctricas, mecánicas y operativas de cada componente, tales como el controlador de carga MPPT, los acumuladores tipo AGM y GEL, el PLC, el módulo de expansión y los sensores de corriente, tensión y temperatura. La revisión detallada de estas especificaciones permite comprender el comportamiento individual de cada equipo dentro del sistema, así como sustentar técnicamente el análisis de rendimiento y eficiencia realizado durante la investigación.

Ficha técnica del acumulador AGM (RA12-100)



Specification

Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Nominal Capacity	100Ah@10hour rate to 1.80V per cell @25°C
Weight	Approx. 27.5 Kg (Tolerance: ± 3.0%)
Internal Resistance	Approx. 6.5 mΩ
Terminal	F5(MB)/F12(MB)L7
Max. Discharge Current	1000A (5 sec)
Short Circuit Current	2150A
Design Life	12 years (Float charging)
Max. Charging Current	30.0 A
Reference Capacity	C3 77.4AH C5 87.0AH C10 100.0AH C20 106.0AH
Standby Use Voltage	13.6 V~13.8 V @ 25°C Temperature Compensation: -3mV/°C/Cell
Cycle Use Voltage	14.6 V~14.8 V @ 25°C Temperature Compensation: -4mV/°C/Cell
Operating Temperature Range	Discharge: -20°C~60°C Charge: 0°C~50°C Storage: -20°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 rate is less than 3% at 25°C. Please charge batteries before using.
Container Material	A.B.S. UL94-HB, UL94-V0 Optional.



RA series is a general purpose battery with 12 years design life in float service. It meets with IEC, JIS, BS, GB/T and YD/T standards. With advanced AGM valve regulated technology and high purity raw material, the RA series battery maintains high consistency for better performance and reliable standby service life. It is suitable for UPS/EPS, Telecom, power grid, medical equipment, emergency light and security system applications.



Dimensions



Constant Current Discharge Characteristics : A (25°C)

F.V/Time	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	224.9	179.8	107.3	61.1	36.4	28.2	22.2	18.9	12.7	10.5	5.52
1.65V	206.8	171.9	103.0	59.0	35.2	27.3	21.6	18.4	12.5	10.4	5.43
1.70V	190.4	161.0	98.5	57.1	34.1	26.6	21.0	17.9	12.3	10.3	5.36
1.75V	174.3	149.9	94.1	55.0	32.9	25.8	20.4	17.4	12.2	10.1	5.30
1.80V	157.8	138.4	90.0	52.9	31.7	25.0	19.9	17.0	12.0	10.0	5.25
1.85V	128.9	114.8	77.5	47.4	29.1	23.1	18.5	15.9	11.2	9.41	4.98

Constant Power Discharge Characteristics : WPC (25°C)

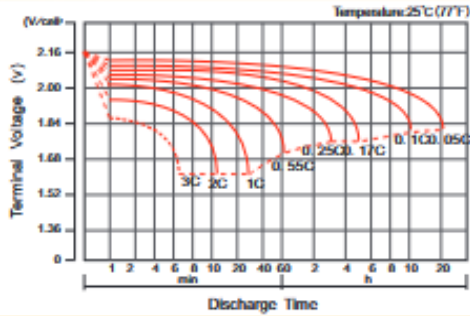
F.V/Time	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	372.1	320.9	196.9	114.8	69.0	53.9	42.6	36.4	24.8	20.7	10.9
1.65V	358.4	311.3	191.0	111.5	67.1	52.4	41.6	35.6	24.5	20.5	10.7
1.70V	336.0	295.9	184.4	108.6	65.3	51.2	40.6	34.8	24.2	20.2	10.6
1.75V	313.1	279.4	178.1	105.2	63.3	49.9	39.7	34.0	23.9	20.0	10.5
1.80V	288.3	261.6	171.9	101.8	61.3	48.6	38.7	33.2	23.6	19.8	10.4
1.85V	239.8	220.2	149.5	91.9	56.5	45.1	36.1	31.1	22.2	18.6	9.87

(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 C₁₀₀ should reach 95% after the first cycle and 100% after the third cycle.

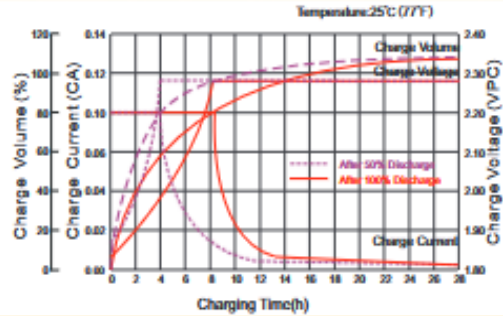
RA12-100(12V100Ah)



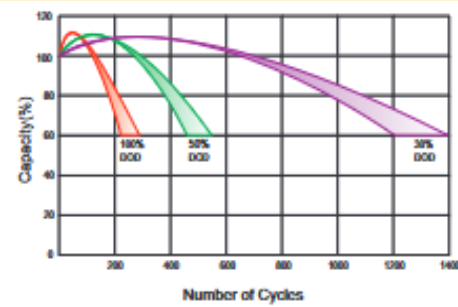
Discharge Characteristics Curve



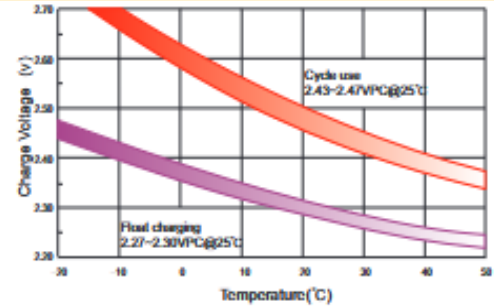
Charge Characteristic Curve For Standby Use



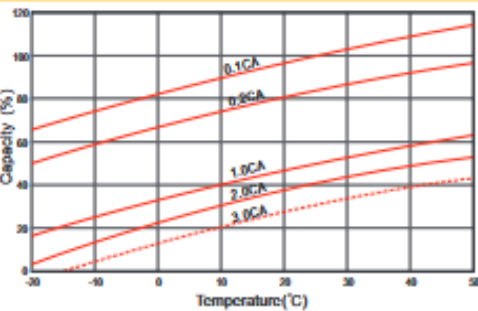
Cycle Life In Relation To Depth Of Discharge



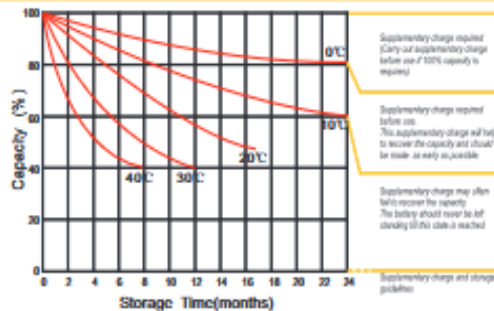
Relationship Between Charging Voltage And Temperature



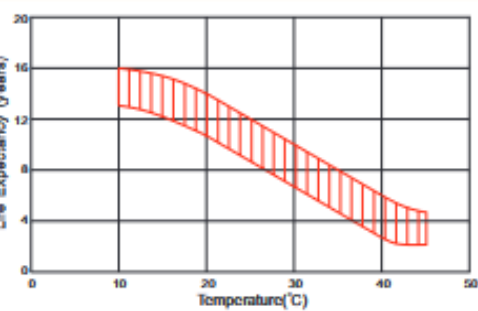
Temperature Effects On Capacity



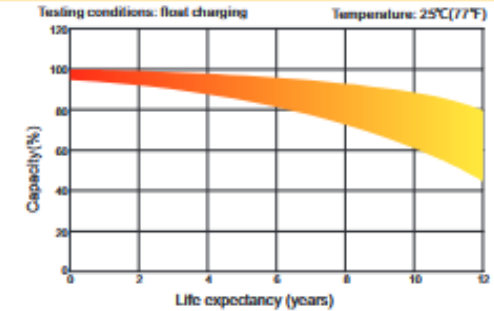
Storage Characteristics



Effect Of Temperature On Long Term Life



Life Characteristics Of Standby Use



(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 Huzhang Road, Songmu Industrial Park, Shigu District, Hengyang, Hunan, China 421001
 Tel: +86-734-8505528 Fax: +86-734-8505518 E-mail: sales@ritarpower.com

Version 21A-0

Ficha técnica del acumulador GEL.



Specification

Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	100Ah@20hr-rate to 1.75V per cell @25°C
Weight	Approx. 29.0 Kg (Tolerance \pm 3.0%)
Internal Resistance	Approx. 7.5 m Ω
Terminal	F12(M6)/F5(M8)
Max. Discharge Current	1000A (5 sec)
Design Life	15 years (floating charge)
Max. Charging Current	20.0 A
Reference Capacity	C3 88.4Ah
	C5 77.0Ah
	C10 68.0Ah
	C20 100.0Ah
Float Charging Voltage	13.8 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 \pm 5°C
Self Discharge	RITAR VRLA (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 rate is less than 2% at 20°C. Please charge 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 offer 2 times cyclic life than the standard series. It is suitable for solar & wind system, marine, deep discharge UPS etc.



Dimensions

F12 Terminal

Length	328±0.2mm (12.9 inches)
Width	172±0.2mm (6.77 inches)
Height	215±0.2mm (8.48 inches)
Total Height	250±0.2mm (9.88 inches)
Terminal	Value
M3	6-7 M \times m
M6	8-10 M \times m
M8	10-12 M \times m

Unit: mm

Constant Current Discharge Characteristics - A(25°C)

F. V/Time	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	163.7	132.8	87.1	54.3	33.2	24.9	19.8	16.7	11.3	9.28	5.20
1.65V	154.7	126.9	83.6	52.4	32.1	24.1	19.3	16.2	11.1	9.17	5.12
1.70V	142.4	118.9	79.9	50.7	31.1	23.5	18.8	15.8	11.0	9.03	5.06
1.75V	130.4	110.6	76.4	48.9	30.0	22.8	18.3	15.4	10.8	8.91	5.00
1.80V	118.0	102.2	73.0	47.0	28.9	22.0	17.8	15.0	10.6	8.80	4.95
1.85V	96.4	84.8	62.9	42.2	26.5	20.4	16.5	14.0	10.0	8.28	4.70

Constant Power Discharge Characteristics : WPC(25°C)

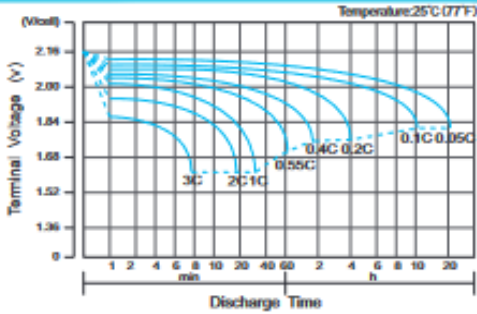
F. V/Time	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	316.2	263.8	179.8	116.0	71.5	54.0	43.3	36.5	25.0	20.7	11.6
1.65V	300.9	253.5	174.1	112.8	69.5	52.7	42.3	35.7	24.7	20.5	11.5
1.70V	285.6	243.3	168.4	109.6	67.6	51.3	41.3	34.9	24.4	20.2	11.4
1.75V	266.1	229.7	162.6	106.3	65.5	50.0	40.4	34.1	24.1	20.0	11.2
1.80V	245.1	215.1	157.0	102.8	63.5	48.7	39.4	33.3	23.8	19.8	11.1
1.85V	203.9	181.0	136.6	92.8	58.5	45.2	36.7	31.2	22.4	18.6	10.6

(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 C₁₀₀ should reach 95% after the first cycle and 100% after the third cycle.

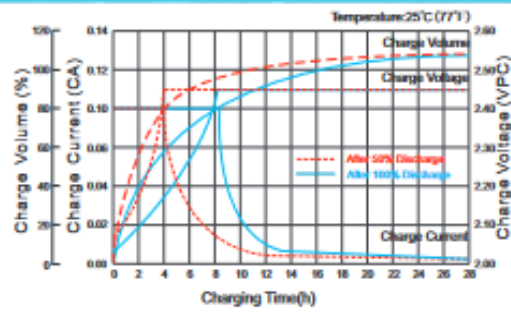
DC12-100(12V100Ah)



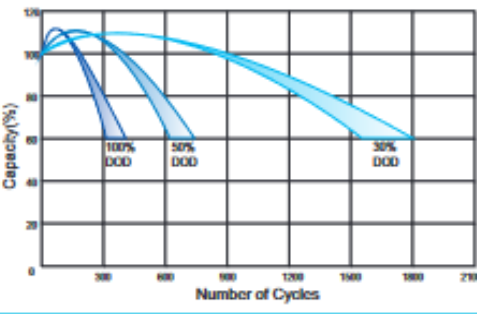
Discharge Characteristics Curve



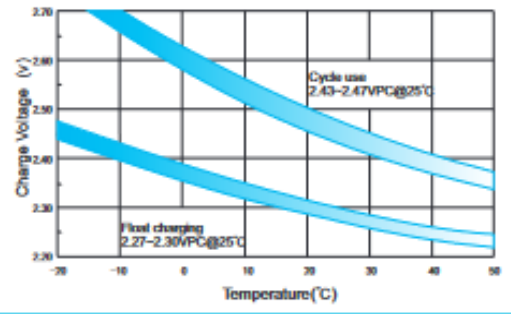
Charge Characteristic Curve for Cycle Use(IU)



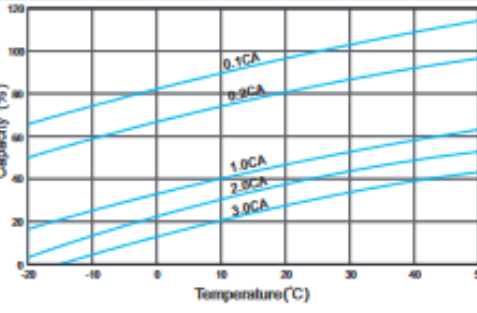
Cycle Life in Relation to Depth of Discharge



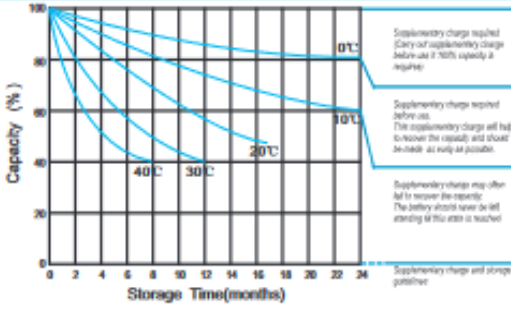
Relationship Between Charging Voltage and Temperature



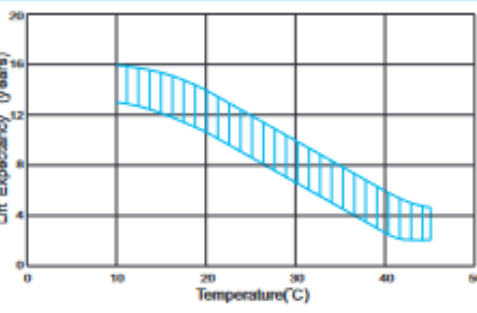
Temperature Effects on Capacity



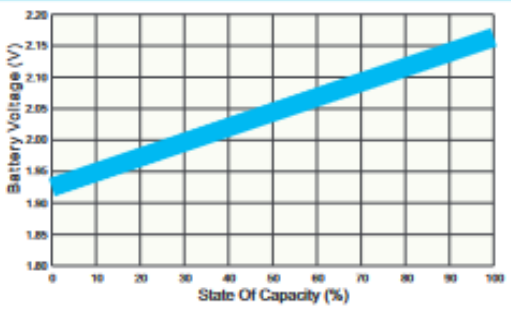
Storage Characteristics



Effect of Temperature on Long Term Life



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





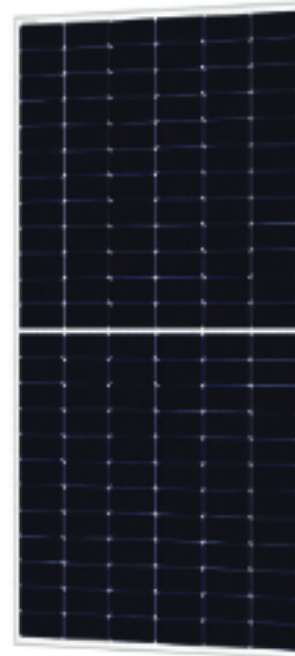
IGNITE THE POWER OF NATURE

RD450M6H(144 Half Cells)

450Wp Potencia de salida
Voltaje máximo del sistema 1500V

Características

- ☑ Rendimiento excepcional en condiciones de poca luz
- ☑ Excelente coeficiente de temperatura
- ☑ 0~+5W de tolerancia positiva garantizan una salida confiable
- ☑ Colección de corriente acortada, resistencia en serie baja
- ☑ Distribución de tensión más uniforme, capacidad antigrietas
- ☑ Excelente diseño de módulo anti-PID
- ☑ Certificado para soportar altas cargas de viento (3600pa) y cargas de nieve (8000pa)
- ☑ Resistencia a la corrosión por niebla salada y amoníaco

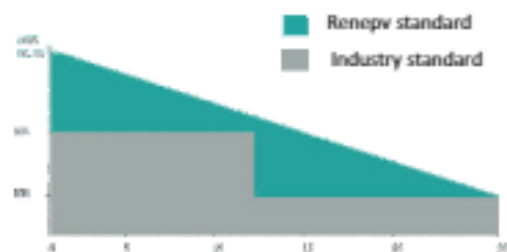


Sistema de certificación de calidad

ISO 9001:2015 Sistemas de gestión de calidad		
ISO 14001:2015 Sistemas de gestión ambiental		
OHSAS 18001:2007 Sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo		

Garantía lineal para el módulo

- 12** 12 años de garantía de materiales y mano de obra
- 25** 25 años de garantía de rendimiento lineal



IEC61215 IEC61730 UL1703 IEC61701 IEC62716



IGNITE THE POWER OF NATURE

Datos eléctricos (STC)

Tipo de módulo	RD450MGH	
Salida de potencia	W	450
Eficiencia del módulo	%	20.30
Voltaje en Pmax	V	42.17
Corriente en Pmax	A	10.49
Voltaje en circuito abierto	V	49.93
Corriente en corto circuito	A	11.49

STC: 1000W/m² irradiancia, 25°C T° de celda, AM1.5g espectro según IEC 60904-03
Reducción de la eficiencia relativa media de 5% a 200W/m², según IEC 60904-1

Datos mecánicos

Celdas (Cantidad)	Mono166*83 144pcs(6*12*2)
Material de soldado	LVA
Hoja trasera	Hoja blanca
Cubierta frontal (material/grosor)	Vidrio templado bajo en hierro / 3.2mm
Material del marco	Aleación de aluminio anodizado
Caja de conexiones (grado de protección)	≥ IP67 con diodo de derivación
Cable (longitud / área transversal)	2*1200MM-Sección4.0mm ² TUV
Conector (tipo / grado de protección)	MC4 / IP67
Seguridad contra incendios (IEC 61730)	Clase C

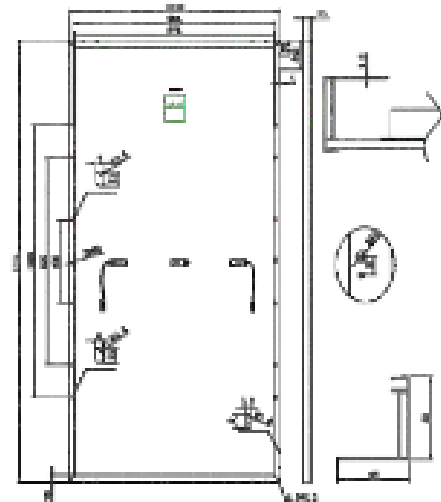
Condiciones de trabajo y temperatura

T° nominal de funcionamiento de celda	NMOT	44°C±2°C
Coefficiente de T° de Pmax	β(%/°C)	-0.385
Coefficiente de T° de Voc	β(%/°C)	-0.304
Coefficiente de T° de Isc	α(%/°C)	0.046
Voltaje máximo del sistema (IEC)	VDC	1500
Rating máximo de fusibles en serie	A	20
T° de funcionamiento y almácón	°C	-40~+85

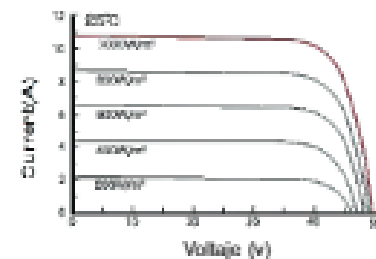
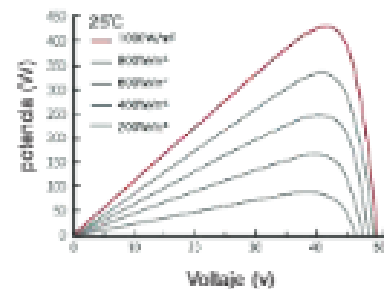
Dimensiones

Dimensión	2094*1038*35 mm
Peso	23.6kg

unidades: mm



Curvas IV



SmartSolar Charge Controllers MPPT 100/30 & 100/50

www.victronenergy.com



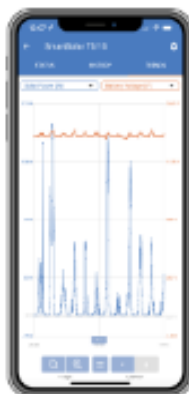
SmartSolar Charge Controller
MPPT 100/50



Bluetooth sensing
Smart Battery Sense



Bluetooth sensing
BMV-712 Smart Battery Monitor



Bluetooth Smart built-in

The wireless solution to set-up, monitor, update and synchronise SmartSolar Charge Controllers.

VE.Direct

For a wired data connection to a Color Control GX, other GX products, PC or other devices.

Ultrafast Maximum Power Point Tracking (MPPT)

Especially in case of a cloudy sky, when light intensity is changing continuously, an ultra-fast MPPT controller will improve energy harvest by up to 30 % compared to PWM charge controllers and by up to 10 % compared to slower MPPT controllers.

Advanced Maximum Power Point Detection in case of partial shading conditions

If partial shading occurs, two or more maximum power points may be present on the power-voltage curve. Conventional MPPTs tend to lock to a local MPPT, which may not be the optimum MPPT. The innovative BlueSolar algorithm will always maximise energy harvest by locking to the optimum MPPT.

Outstanding conversion efficiency

No cooling fan. Maximum efficiency exceeds 98 %.
The full output current up to 40 °C (104 °F).

Flexible charge algorithm

Fully programmable charge algorithm (see the software page on our website), and eight pre-programmed algorithms, selectable with a rotary switch (see manual for details).

Extensive electronic protection

Over-temperature protection and power derating when temperature is high.
PV short circuit and PV reverse polarity protection.
PV reverse current protection.

Internal temperature sensor

Compensates absorption and float charge voltage for temperature.

Optional external battery voltage and temperature sensing via Bluetooth

A Smart Battery Sense or a BMV-712 Smart Battery Monitor can be used to communicate battery voltage and temperature to one or more SmartSolar Charge Controllers.

Fully discharged battery recovery function

Will initiate charging even if the battery has been discharged to zero volts.
Will reconnect to a fully discharged Li-Ion battery with integrated disconnect function.

SmartSolar Charge Controller	MPPT 100/30	MPPT 100/50
Battery voltage	12/24 V Auto Select	
Rated charge current	30 A	50 A
Nominal PV power, 12 V 1a,b)	440 W	700 W
Nominal PV power, 24 V 1a,b)	880 W	1400 W
Maximum PV open circuit voltage	100 V	100 V
Max. PV short circuit current 2)	35 A	60 A
Maximum efficiency	98 %	98 %
Self-consumption	12 V: 30 mA 24 V: 20 mA	
Charge voltage 'absorption'	Default setting: 14,4 V / 20,8 V (adjustable)	
Charge voltage 'float'	Default setting: 13,8 V / 27,6 V (adjustable)	
Charge algorithm	multi-stage adaptive	
Temperature compensation	-16 mV / °C resp. -32 mV / °C	
Protection	PV reverse polarity Output short circuit Over temperature	
Operating temperature	-30 to +60 °C (full rated output up to 40 °C)	
Humidity	95 %, non-condensing	
Data communication port	VE.Direct See the data communication white paper on our website	
ENCLOSURE		
Colour	Blue (RAL 5012)	
Power terminals	16 mm ² / AWG6	
Protection category	IP43 (electronic components), IP22 (connection area)	
Weight	1,3 kg	
Dimensions (h x w x d)	130 x 186 x 70 mm	
STANDARDS		
Safety	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2	
STORED TRENDS		
Data stored	Battery voltage, current and temperature, as well as load output current, PV voltage and PV current.	
Number of days trends data is stored	45	
1a) If more PV power is connected, the controller will limit input power. 1b) The PV voltage must exceed Vbat + 5 V for the controller to start. Thereafter the minimum PV voltage is Vbat + 1 V. 2) A PV array with a higher short circuit current may damage the controller.		

SIEMENS

Hoja de datos

6ES7214-1BG40-0XB0



SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, CPU compacta AC/DC/relé, E/S INTEGRADAS: 14 DI 24 V DC; 10 DO, relé 2 A; 2 AI 0-10V DC, alimentación: AC 85-264 V AC con 47-63 Hz, Memoria de programas/datos 100 KB

Información general	
Designación del tipo de producto	CPU 1214C AC/DC/Relay
Versión de firmware	V4.4
Ingeniería con	
<ul style="list-style-type: none"> Paquete de programación 	STEP 7 V16 o superior
Tensión de alimentación	
Valor nominal (AC)	
<ul style="list-style-type: none"> 120 V AC 230 V AC 	SI
Rango admisible, límite inferior (AC)	85 V
Rango admisible, límite superior (AC)	264 V
Frecuencia de red	
<ul style="list-style-type: none"> Rango admisible, límite inferior Rango admisible, límite superior 	47 Hz 63 Hz
Intensidad de entrada	
Consumo, máx.	300 mA con 120 V AC; 150 mA con 240 V AC
Intensidad de cierre, máx.	20 A; con 264 V
I ² t	0,8 A ² ·s
Intensidad de salida	
Para bus de fondo (5 V DC), máx.	1 600 mA
Pérdidas	
Pérdidas, típ.	14 W
Memoria	
Memoria de trabajo	
<ul style="list-style-type: none"> Integrada ampliable 	100 kbyte No
Memoria de carga	
<ul style="list-style-type: none"> Integrada 	4 Mbyte
Respaldo	
<ul style="list-style-type: none"> existente libre de mantenimiento sin pila 	SI SI SI
Tiempos de ejecución de la CPU	
para operaciones de bits, típ.	0,08 µs
para operaciones a palabras, típ.	1,7 µs
para aritmética de coma flotante, típ.	2,3 µs
CPU-bloques	



SIMATIC S7-1200, módulo de entradas analógicas, SM 1231, 4 AI, +/-10V, +/-5V, +/-2,5V, o 0-20 mA/4-20 mA, 12 bits + signo (13 bits ADC)

Información general	
Designación del tipo de producto	SM 1231, AI 4x13 bit
Tensión de alimentación	
Valor nominal (DC)	24 V
Intensidad de entrada	
Consumo, tlp.	45 mA
de bus de fondo 5 V DC, tlp.	80 mA
Pérdidas	
Pérdidas, tlp.	1,5 W
Entradas analógicas	
Nº de entradas analógicas	4; Entradas diferenciales tipo corriente o tensión
Tensión de entrada admisible para entrada de tensión (límite de destrucción), máx.	35 V
Intensidad de entrada admisible para entrada de corriente (límite de destrucción), máx.	40 mA
Tiempo de ciclo (todos los canales), máx.	625 µs
Rangos de entrada	
• Tensión	SI; ±10 V, ±5 V, ±2,5 V
• Intensidad	SI; 4 a 20 mA, 0 a 20 mA
• Termopar	No
• Termorresistencias	No
• Resistencia	No
Rangos de entrada (valores nominales), tensiones	
• -10 V a +10 V	SI
• -2,5 V a +2,5 V	SI
• -5 V a +5 V	SI
Rangos de entrada (valores nominales), Intensidades	
• 0 a 20 mA	SI
— Resistencia de entrada (0 a 20 mA)	280 Ω
• 4 mA a 20 mA	SI
— Resistencia de entrada (4 mA a 20 mA)	280 Ω
Formación de valor analógico para entradas	
Tiempo de Integración y conversión/resolución por canal	
• Resolución con rango de rebase (bits incl. signo), máx.	12 bit; + signo
• Tiempo de Integración parametrizable	SI
• Supresión de perturbaciones de tensión para frecuencia perturbadora f1 en Hz	40 dB, DC a 60 V para frecuencia de perturbación 50/60 Hz

Ficha técnica de la fuente de poder switching 24/5 A.



FUENTE DE PODER SWITCHING 24V/5A-120W

¡Atención! Si lo utiliza para un trabajo continuo (24 horas), la corriente nominal de la fuente debe ser inferior al 85 % de la corriente máxima.

Nuestros productos cumplen con todos los estándares de calidad.



CARACTERÍSTICAS GENERALES:	
Marca	PEPTEL
Modelo	PE-120-24
Tecnología	Fuente conmutada
Garantía	1 Año
Material	Aluminio
Tamaño	199 x 98 x 38mm
INGRESO:	
Ingreso	200V - 220V AC
Rango	100V - 240V AC
Conectores de Ingreso	Bornera Baquelita
Fase	Monofásico
Frecuencia	50 - 60 Hz
SALIDA:	
Potencia Real	120W
Salida	24V DC (100% Estabilizado)
Rango	+/- 1%
Amperaje	5 Amp
Conectores de salida	Bornera Baquelita
Eficiencia	≥ 85%
Distorsión de onda	Nula
Distorsión Armónica	<3%
CONDICIONES DE TRABAJO:	
Altitud	4800 m.s.m
Temperatura de Trabajo	0° ~ 60 °C
Humedad Relativa	0 ~ 95 % Sin condensación
RECOMENDACIÓN:	
➤ No utilice este equipo fuera de sus parámetros de trabajo ni lo sobre cargue.	

Ficha técnica de sensor de temperatura.

Sensor de Temperatura RTD Platino – PT100 – 3 hilos



Descripción

Para la detección de temperatura con precisión, nada supera un RTD de Platino. Los detectores de temperatura de resistencia (RTDs) son sensores de temperatura que contienen una resistencia que cambia el valor de resistencia a medida que cambia su temperatura, básicamente un tipo de termistor. En este sensor, la resistencia es en realidad una pequeña tira de Platino con una resistencia de 100 ohmios a 0°C, debido a esto es el nombre PT100. En comparación con la mayoría de los termistores NTC/PTC, el tipo PT de RTD es mucho más estable y preciso (pero también más caro), los PT100 han sido utilizados durante muchos años para medir la temperatura en laboratorios e industrias y han desarrollado una reputación de precisión, repetibilidad y estabilidad (mejor que los termopares).

Este sensor PT100 de alta temperatura está equipado con una cubierta de acero inoxidable que es buena para hasta 500 °C.

Características

- Basado en principios de medición de resistencia.
- El material de la resistencia es platino con un valor de 100 ohmios a la temperatura de 0°C.
- El platino tiene un factor de temperatura de resistencia positivo; la resistencia aumenta con el aumento de la temperatura.
- La variación de resistencia es función de la temperatura: 0.385 Ω/°C nominal.
- Alta precisión y estabilidad en comparación con termopares, sensores de temperatura basados en silicio o termistores.

Cada sensor viene con tres cables. Dos de los cables se conectan a ambos lados de la resistencia de platino como usted esperaría. El tercer cable también está conectado a un extremo del PT100. Si su amplificador de RTD soporta sensores de 3 hilos, conectará la resistencia con los dos primeros cables y medirá las diferencias de tensión de modo que pueda sustraer cualquier caída de voltaje de los cables. Si su amplificador de RTD sólo tiene soporte de 2 hilos simplemente deje el tercer cable desconectado.

Especificaciones del cable:

- Tubo de acero inoxidable: 4 mm de diámetro por 30 mm de largo (el tamaño de la cápsula de acero inoxidable puede variar)
- El cable es aproximadamente 1m / 100cm largo
- Contiene un sensor de temperatura PT100
- Tres cables con terminales

Especificaciones técnicas PT100:

- Rango de temperatura utilizable: -200 a 500 ° C
- Utiliza interfaz de 3 hilos
- Precisión de ±0,5 °C de -10 °C a + 85 °C

Ficha técnica de sensor de voltaje.

Módulo Sensor de Voltaje 0 ~ 25V DC

INFORMACIÓN

Es un pequeño módulo divisor de tensión con resistencias de 30K y 7K5. Puede medir un voltaje de hasta 25V DC y lo divide por un factor de 5 ($7.5/(30+7.5)$). Es compatible con placas de **Arduino**, **NodeMCU**, **ESP32** y otros microcontroladores MCU de 5V o 3.3V. Para MCU de 5V no sobrepasar el voltaje de medición de 25V esto evitara dañar el MCU, para el caso de MCU de 3.3V no sobrepasar el voltaje de medición de 16.5V.



Este sensor es muy útil para medir el estado de una batería, comprobar la alimentación de un dispositivo de 12V o 24V, como una tira LED, un electroimán, un ventilador, o una celda peltier por ejemplo.

ESPECIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS

- Tipo: Sensor de voltaje
- Rango de entrada de voltaje VCC: DC 0-25V
- Rango de detección de voltaje VCC: DC 0.02445V – 25V
- Resolución analógica de voltaje: 0.00489 V
- Voltaje detección entrada máximo: 25V ($5V \times 5 = 25V$) o 16.5v ($3.3V \times 5 = 16.5V$)
- Tipo de salida: Analógica
- Con orificio de sujeción
- Tiene un conector block de dos tornillos para medir tensión
- Polaridad marcada en módulo
- Compatible con Arduino, PICs y otros.
- Aplicaciones: Medición de voltaje

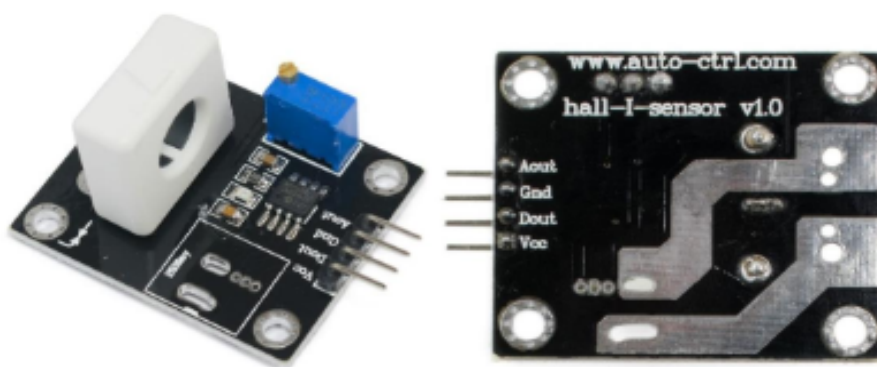
Pines de medición:

- **VCC**: Voltaje a medir de 0 ~ 25V
- **GND**: Pin negativo del voltaje a medir

Pines de salida:

- **S**: Señal analógica, conectar a pin analógico del microcontrolador (5V o 3.3V)
- **+**: Pin de entrada positiva MCU. No está conectada a nada no utilizar
- **-**: Conectar al GND del MCU (5V o 3.3V)

SENSOR DE CORRIENTE DC/AC 100A WCS1600



DESCRIPCIÓN

El Sensor de Corriente WCS1600 permite medir corriente DC o AC utilizando el efecto Hall. A diferencia de las mediciones de corriente con resistencias Shunt, en los sensores por efecto Hall la carga está aislada del sensor, esto es útil en sistemas donde se requiere de aislamiento eléctrico además de no disipar energía (pérdidas por efecto Joule). El sensor compensa las desviaciones por temperatura gracias a un circuito interno.

Utilizar el sensor es muy sencillo, primero debemos colocar el conductor de corriente dentro del agujero del sensor hall, luego necesitamos alimentar el módulo por los pines VCC y GND, se puede alimentar el módulo con 5V o 3.3V. El módulo posee 2 salidas: una salida analógica (Aout) y una salida digital (Dout). La salida analógica (Aout) entrega un voltaje analógico proporcional a la corriente medida, por ejemplo cuando la corriente a medir es 0A el voltaje de salida es 2.5V, cuando la corriente es 100A el voltaje de salida es 4.7V y cuando la corriente es -100A el voltaje será 0.3V. La salida analógica puede ser conectado a una entrada ADC de un microcontrolador como Arduino o PIC y utilizar la formula: $I = (Aout - 2.5) * 45.4545$ para obtener el dato de corriente medida. La salida digital (Dout) es la salida de un circuito comparador entre la lectura de corriente y el valor seteado en el potenciómetro. La salida digital es utilizada principalmente como un sensor de sobre corriente y se puede utilizar para manejar un relay que desconecte la carga al sobrepasar cierta corriente.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Voltaje de alimentación: 5 VDC
- Voltaje de salida proporcional a la corriente AC y DC
- Rango de sensado de corriente: +-100A (DC), 70A RMS(AC)
- Rango de salida analógica: 0.3V a 4.7V (proporcional a la corriente a medir)
- Sensibilidad: 22mV/A
- Diámetro máx. del conductor: 9mm
- Voltaje de aislamiento: 4000V
- Ancho de banda: 23KHz
- Temperatura de funcionamiento: -20°C ~ 125°C
- Dimensiones: 36*31*24 mm
- Peso: 12.4 gramos

Ficha técnica de sensor de corriente CC.

Sensor de corriente CC 10mA 20mA 500mAh, 10A, 50A, 300A, 600A Transductor de corriente DC24V 4-20ma 0-10V RS485 Transmisor de corriente de efecto Hall 0.866 in tamaño del agujero Voltaje DC24V.

Descripción del producto

Sensor de corriente DC 10mA 20mA 500mAh, 10A, 50A, 300A, 600A Transductor de corriente DC24V 4-20ma 0-10V RS485 Efecto Hall Transmisor de corriente 0.866 in tamaño de agujero Voltaje DC24V.



Información de producto

Dimensiones del paquete	1,18 x 0,79 x 0,39 pulgadas
Departamento	Unisex adulto
Fabricante	ANTBEE
ASIN	B0CSJNQMBK
Número de modelo del producto	ANTBEE
Se requiere ensamblaje	No
Número de piezas	1

Anexo 8. Códigos en Python para el procesamiento y análisis de datos de los acumuladores AGM y GEL

Se desarrollaron scripts en Python para el procesamiento y análisis de los datos obtenidos de los acumuladores tipo AGM y GEL. Estos códigos permiten organizar, limpiar y visualizar la información recopilada durante los ciclos de carga y descarga, así como calcular indicadores clave de desempeño, tales como la profundidad de descarga (DOD) y la vida útil. Además, se utilizaron bibliotecas especializadas como pandas, matplotlib y numpy para facilitar el manejo de los datos y generar gráficos comparativos que sustentan el análisis técnico realizado en este estudio.

Código para generar la gráfica de relación entre la profundidad de descarga (DOD) y la vida útil en el lenguaje Python.

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
dod_percentages = np.array([10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100])
life_expectancy_gel = np.array([15, 15, 14, 13, 12, 10, 8, 6, 4, 3])
life_expectancy_agm = np.array([14, 13, 12, 9, 7, 5, 4, 3, 2, 1])
plt.figure()
plt.plot(dod_percentages, life_expectancy_gel, marker='o', label="Batería GEL (DG12-100)")
plt.plot(dod_percentages, life_expectancy_agm, marker='o', label="Batería AGM (RA12-100)")
plt.xlabel("Profundidad de Descarga (DOD) (%)")
plt.ylabel("Vida Útil (años)")
plt.title("Relación entre Profundidad de Descarga y Vida Útil")
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.ylim([0, 16])
plt.show()
```

Código para generar la gráfica de relación entre temperatura de operación y vida útil en el lenguaje Python.

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
temperature_gel = np.array([10, 20, 30, 40, 50]) # Temperatures in °C from datasheet
```

```

life_expectancy_gel = np.array([15, 10, 8, 6, 4]) # Life expectancy in years
temperature_agm = np.array([10, 20, 30, 40, 50]) # Temperatures in °C from datasheet
life_expectancy_agm = np.array([12, 10, 7, 5, 3]) # Life expectancy in years
plt.figure()
plt.plot(temperature_gel, life_expectancy_gel, marker='o', label="Batería GEL (DG12-100)")
plt.plot(temperature_agm, life_expectancy_agm, marker='o', label="Batería AGM (RA12-100)")
plt.xlabel("Temperatura de Operación (°C)")
plt.ylabel("Vida Útil (años)")
plt.title("Relación entre Temperatura de Operación y Vida Útil")
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.ylim([0, 16])
plt.show()

```

Código para generar la gráfica de perfil de carga en función de la tensión y corriente en el lenguaje Python.

```

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
# Adjusting the voltage and current profiles for GEL and AGM batteries based on the new specifications
gel_voltage_profile_adjusted = np.concatenate([
    np.linspace(11.67, 14.3, 10), # Bulk stage: voltage increases from 11.67V to 14.3V
    np.full(40, 14.3)          # Absorption stage: constant voltage at 14.3V
])
gel_current_profile_adjusted = np.concatenate([
    np.linspace(10.2, 1, 10),   # Bulk stage: current decreases from 10.2A to 1A
    np.zeros(40)               # Float stage: no current as battery is fully charged
])
agm_voltage_profile_adjusted = np.concatenate([
    np.linspace(11.7, 14.1, 10), # Bulk stage: voltage increases from 11.7V to 14.1V
    np.full(40, 14.1)          # Absorption stage: constant voltage at 14.1V
])
agm_current_profile_adjusted = np.concatenate([

```

```

    np.linspace(10.68, 1, 10), # Bulk stage: current decreases from 10.68A to 1A
    np.zeros(40)             # Float stage: no current as battery is fully charged
])
time_adjusted = np.linspace(0, 28, 50) # Represents hours
fig, ax1 = plt.subplots()
ax1.plot(time_adjusted, gel_voltage_profile_adjusted, label="Voltaje GEL", linestyle="-",
color="orange")
ax1.set_xlabel("Tiempo de Carga (h)")
ax1.set_ylabel("Voltaje GEL (V)", color="blue")
ax1.tick_params(axis='y', labelcolor="blue")
ax1.set_ylim([11.5, 14.5])
ax2 = ax1.twinx()
ax2.plot(time_adjusted, gel_current_profile_adjusted, label="Corriente GEL", linestyle="-",
color="red")
ax2.set_ylabel("Corriente GEL (A)", color="red")
ax2.tick_params(axis='y', labelcolor="red")
ax2.set_ylim([0, 11])
fig.suptitle("Perfil de Carga Completo - Batería de GEL (DG12-100)")
fig.legend(loc="upper right")
fig.tight_layout()
plt.show()
fig, ax1 = plt.subplots()
ax1.plot(time_adjusted, agm_voltage_profile_adjusted, label="Voltaje AGM", linestyle="-",
color="orange")
ax1.set_xlabel("Tiempo de Carga (h)")
ax1.set_ylabel("Voltaje AGM (V)", color="blue")
ax1.tick_params(axis='y', labelcolor="blue")
ax1.set_ylim([11.5, 14.5])
ax2 = ax1.twinx()
ax2.plot(time_adjusted, agm_current_profile_adjusted, label="Corriente AGM", linestyle="-",
color="red")
ax2.set_ylabel("Corriente AGM (A)", color="red")
ax2.tick_params(axis='y', labelcolor="red")
ax2.set_ylim([0, 11])

```

```
fig.suptitle("Perfil de Carga Completo - Batería AGM (RA12-100)")  
fig.legend(loc="upper right")  
fig.tight_layout()  
plt.show()
```

Anexo 9. Datos obtenidos de tensión, corriente, temperatura de los acumuladores AGM y GEL.

Datos obtenidos del 29 de julio del 2024.

JULIO									
Nº	Fecha	Hora	Tensión del acumulador GEL	Tensión del acumulador AGM	Corriente del acumulador GEL	Corriente del acumulador AGM	Temperatura ambiente	Temperatura del acumulador AGM	Temperatura del acumulador GEL
1	07/29/2024	20:00:03	12.500	12.700	0.925	1.460	18.200	15.700	16.500
2	07/29/2024	20:05:03	12.500	12.600	0.910	1.470	18.200	14.700	16.500
3	07/29/2024	20:10:03	12.500	12.600	0.910	1.380	18.200	14.700	16.500
4	07/29/2024	20:15:03	12.500	12.600	0.910	1.380	18.200	14.700	16.500
5	07/29/2024	20:20:03	12.500	12.600	0.910	1.350	18.200	14.700	16.500
6	07/29/2024	20:25:03	12.500	12.600	0.910	1.350	18.200	14.700	16.500
7	07/29/2024	20:30:03	12.500	12.600	0.850	1.400	18.100	14.700	16.500
8	07/29/2024	20:35:03	12.500	12.600	0.984	1.320	18.000	14.700	16.400
9	07/29/2024	20:40:03	12.500	12.600	0.954	1.370	18.000	14.700	16.400
10	07/29/2024	20:45:03	12.500	12.600	0.910	1.440	17.900	14.700	16.400
11	07/29/2024	20:50:03	12.500	12.600	0.880	1.430	17.800	14.700	16.400
12	07/29/2024	20:55:03	12.500	12.600	1.530	1.400	17.700	14.700	16.300
13	07/29/2024	21:00:03	12.500	12.600	0.895	1.350	17.600	14.600	16.300
14	07/29/2024	21:05:03	12.500	12.400	0.895	1.340	17.700	14.600	16.300
15	07/29/2024	21:10:03	12.500	12.600	0.925	2.160	17.600	14.600	16.300
16	07/29/2024	21:15:03	12.500	12.500	0.954	1.370	17.500	14.600	16.200
17	07/29/2024	21:20:03	12.300	12.600	0.939	2.030	17.500	14.600	16.200
18	07/29/2024	21:25:03	12.500	12.500	0.939	1.370	17.400	14.500	16.200
19	07/29/2024	21:30:03	12.200	12.600	2.020	1.400	17.400	14.600	16.200
20	07/29/2024	21:35:03	12.300	12.600	5.740	1.370	17.400	14.500	16.200
21	07/29/2024	21:40:03	11.900	12.600	0.939	1.560	17.300	14.500	16.100
22	07/29/2024	21:45:03	12.100	12.500	1.680	1.380	17.300	14.500	16.100
23	07/29/2024	21:50:03	12.400	12.600	1.220	1.850	17.300	14.500	16.100
24	07/29/2024	21:55:03	12.300	12.500	2.780	1.320	17.300	14.500	16.100
25	07/29/2024	22:00:03	12.300	12.000	0.910	2.720	17.200	14.500	16.100
26	07/29/2024	22:05:03	11.900	12.300	1.270	2.280	17.200	14.500	16.100
27	07/29/2024	22:10:03	12.200	11.800	0.895	2.500	17.100	14.500	16.100
28	07/29/2024	22:15:03	12.100	12.200	1.270	7.610	17.100	14.400	16.000
29	07/29/2024	22:20:03	12.300	12.300	0.954	6.790	17.000	14.400	16.000
30	07/29/2024	22:25:03	12.200	12.100	0.984	4.550	17.000	14.400	16.000
31	07/29/2024	22:30:03	12.500	12.300	0.895	1.340	16.900	14.400	16.000
32	07/29/2024	22:35:03	12.400	12.500	1.590	1.320	16.900	14.400	15.900
33	07/29/2024	22:40:03	12.100	12.500	1.720	2.560	16.800	14.400	15.900
34	07/29/2024	22:45:03	12.100	12.200	0.925	3.910	16.700	14.300	15.900
35	07/29/2024	22:50:03	12.200	11.900	0.999	3.290	16.800	14.300	15.900
36	07/29/2024	22:55:03	12.400	12.500	0.969	2.520	16.700	14.300	15.900
37	07/29/2024	23:00:03	12.500	12.500	2.540	1.350	16.600	14.200	15.800
38	07/29/2024	23:05:03	12.400	12.500	0.925	3.460	16.600	14.200	15.800
39	07/29/2024	23:10:03	12.500	12.500	0.925	1.340	16.600	14.300	15.800
40	07/29/2024	23:15:03	12.500	12.500	0.984	1.960	16.600	14.200	15.800
41	07/29/2024	23:20:03	12.500	12.500	1.010	1.340	16.500	14.200	15.700
42	07/29/2024	23:25:03	12.500	12.500	0.954	1.250	16.400	14.200	15.700
43	07/29/2024	23:30:03	12.500	12.500	0.939	1.310	16.400	14.100	15.700
44	07/29/2024	23:35:03	12.500	12.500	0.984	1.310	16.300	14.100	15.700
45	07/29/2024	23:40:03	12.500	12.500	0.969	1.290	16.300	14.100	15.600
46	07/29/2024	23:45:03	12.500	12.500	0.880	1.350	16.300	14.100	15.600
47	07/29/2024	23:50:03	12.500	12.500	0.984	1.310	16.300	14.100	15.600
48	07/29/2024	23:55:03	12.500	12.500	0.969	1.320	16.300	14.100	15.600
49	07/30/2024	0:00:03	12.500	12.500	1.030	1.310	16.300	14.000	15.500
50	07/30/2024	0:05:03	12.500	12.500	0.939	1.280	16.200	14.000	15.500
51	07/30/2024	0:10:03	12.500	12.500	0.954	1.260	16.200	13.900	15.500
52	07/30/2024	0:15:03	12.500	12.500	0.969	1.290	16.100	13.900	15.400
53	07/30/2024	0:20:03	12.500	12.500	0.969	1.280	16.200	13.900	15.400
54	07/30/2024	0:25:03	12.300	12.500	0.984	1.250	14.800	13.600	14.900
55	07/30/2024	0:30:03	12.500	12.500	0.969	1.260	15.700	13.700	15.200
56	07/30/2024	0:35:03	12.500	12.500	1.250	1.320	15.800	11.000	15.300
57	07/30/2024	0:40:03	12.500	12.500	0.969	1.250	15.700	11.300	15.200
58	07/30/2024	0:45:03	12.500	12.500	0.925	1.250	15.700	11.500	15.200
59	07/30/2024	0:50:03	12.400	12.500	1.030	1.320	15.600	11.500	15.200
60	07/30/2024	0:55:03	12.500	12.500	0.969	1.230	15.500	11.600	15.200
61	07/30/2024	1:00:03	12.400	12.500	1.010	1.250	15.500	11.600	15.100
62	07/30/2024	1:05:03	12.500	12.500	0.895	1.250	15.500	11.700	15.200
63	07/30/2024	1:10:03	12.500	12.500	0.954	1.250	15.400	11.700	15.100
64	07/30/2024	1:15:03	12.500	12.400	0.984	1.320	15.300	11.700	15.100

Datos obtenidos del 21 de agosto del 2024.

AGOSTO									
Nº	Fecha	Hora	Tensión del acumulador GEL	Tensión del acumulador AGM	Corriente del acumulador GEL	Corriente del acumulador AGM	Temperatura ambiente	Temperatura del acumulador AGM	Temperatura del acumulador GEL
6386	08/21/2024	0:05:03	12.740	12.764	0.984	1.367	15.241	13.719	16.194
6387	08/21/2024	0:10:03	12.733	12.760	0.984	1.337	15.191	13.690	16.186
6388	08/21/2024	0:15:03	12.720	12.749	0.969	1.322	15.176	13.647	16.172
6389	08/21/2024	0:20:03	12.728	12.755	0.939	1.337	15.104	13.618	16.136
6390	08/21/2024	0:25:03	12.709	12.735	0.954	1.337	15.104	13.596	16.093
6391	08/21/2024	0:30:03	12.715	12.738	0.984	1.352	15.061	13.589	16.071
6392	08/21/2024	0:35:03	12.711	12.742	0.969	1.322	15.018	13.553	16.049
6393	08/21/2024	0:40:03	12.717	12.746	0.984	1.292	14.967	13.539	16.013
6394	08/21/2024	0:45:03	12.702	12.731	0.999	1.307	14.931	13.495	15.970
6395	08/21/2024	0:50:03	12.699	12.726	0.954	1.307	14.902	13.459	15.963
6396	08/21/2024	0:55:03	12.699	12.726	0.999	1.337	14.866	13.445	15.919
6397	08/21/2024	1:00:03	12.709	12.735	0.984	1.307	14.801	13.409	15.905
6398	08/21/2024	1:05:03	12.699	12.724	0.954	1.307	14.772	13.373	15.862
6399	08/21/2024	1:10:03	12.690	12.718	0.954	1.292	14.722	13.322	15.833
6400	08/21/2024	1:15:03	12.684	12.715	0.999	1.307	14.671	13.308	15.797
6401	08/21/2024	1:20:03	12.681	12.711	0.925	1.277	14.643	13.286	15.761
6402	08/21/2024	1:25:03	12.690	12.715	0.969	1.277	14.606	13.265	15.732
6403	08/21/2024	1:30:03	12.684	12.715	0.939	1.261	14.542	13.228	15.696
6404	08/21/2024	1:35:03	12.686	12.704	0.969	1.307	14.491	13.207	15.681
6405	08/21/2024	1:40:03	12.670	12.697	0.984	1.292	14.484	13.171	15.645
6406	08/21/2024	1:45:03	12.664	12.693	0.925	1.292	14.419	13.135	15.609
6407	08/21/2024	1:50:03	12.677	12.708	0.954	1.261	14.376	13.099	15.559
6408	08/21/2024	1:55:03	12.664	12.706	0.925	1.201	14.354	13.070	15.544
6409	08/21/2024	2:00:03	12.666	12.695	0.999	1.277	14.289	13.048	15.508
6410	08/21/2024	2:05:03	12.655	12.688	0.999	1.307	14.267	13.012	15.458
6411	08/21/2024	2:10:03	12.650	12.681	0.939	1.246	14.231	12.976	15.429
6412	08/21/2024	2:15:03	12.652	12.682	0.939	1.201	14.181	12.947	15.400
6413	08/21/2024	2:20:03	12.655	12.688	0.969	1.277	14.123	12.911	15.378
6414	08/21/2024	2:25:03	12.653	12.681	0.954	1.246	14.087	12.889	15.342
6415	08/21/2024	2:30:03	12.652	12.684	0.910	1.231	14.073	12.868	15.313
6416	08/21/2024	2:35:03	12.643	12.677	0.954	1.261	14.036	12.832	15.263
6417	08/21/2024	2:40:03	12.644	12.670	0.910	1.246	13.993	12.803	15.234
6418	08/21/2024	2:45:03	12.632	12.666	0.865	1.155	13.950	12.745	15.184
6419	08/21/2024	2:50:03	12.628	12.657	0.984	1.246	13.950	12.745	15.184
6420	08/21/2024	2:55:03	12.619	12.650	0.969	1.246	13.871	12.716	15.148
6421	08/21/2024	3:00:03	12.633	12.664	0.954	1.277	13.863	12.695	15.119
6422	08/21/2024	3:05:03	12.623	12.655	0.984	1.216	13.813	12.666	15.061
6423	08/21/2024	3:10:03	12.615	12.646	0.954	1.231	13.777	12.622	15.054
6424	08/21/2024	3:15:03	12.606	12.644	0.939	1.216	13.719	12.572	14.996
6425	08/21/2024	3:20:03	12.603	12.639	0.939	1.201	13.676	12.557	14.974
6426	08/21/2024	3:25:03	12.614	12.652	0.910	1.201	13.654	12.521	14.946
6427	08/21/2024	3:30:03	12.606	12.643	0.939	1.186	13.611	12.493	14.909
6428	08/21/2024	3:35:03	12.605	12.641	0.954	1.231	13.582	12.464	14.873
6429	08/21/2024	3:40:03	12.606	12.644	0.910	1.186	13.517	12.428	14.830
6430	08/21/2024	3:45:03	12.586	12.626	0.969	1.231	13.510	12.406	14.801
6431	08/21/2024	3:50:03	12.592	12.621	0.910	1.140	13.467	12.363	14.765
6432	08/21/2024	3:55:03	12.599	12.633	0.939	1.170	13.416	12.327	14.729
6433	08/21/2024	4:00:03	12.579	12.624	0.954	1.201	13.380	12.312	14.700
6434	08/21/2024	4:05:03	12.585	12.630	0.925	1.201	13.337	12.254	14.635
6435	08/21/2024	4:10:03	12.572	12.614	0.939	1.186	13.329	12.233	14.614
6436	08/21/2024	4:15:03	12.583	12.626	0.925	1.170	13.257	12.204	14.578
6437	08/21/2024	4:20:03	12.568	12.610	0.939	1.231	13.236	12.168	14.542
6438	08/21/2024	4:25:03	12.567	12.608	0.910	1.155	13.156	12.132	14.520
6439	08/21/2024	4:30:03	12.559	12.606	0.969	1.231	13.149	12.110	14.462
6440	08/21/2024	4:35:03	12.556	12.599	0.939	1.201	13.091	12.074	14.441
6441	08/21/2024	4:40:03	12.567	12.608	0.954	1.201	13.034	12.060	14.390
6442	08/21/2024	4:45:03	12.561	12.603	0.984	1.201	13.034	12.009	14.368
6443	08/21/2024	4:50:03	12.548	12.597	0.939	1.140	12.969	11.995	14.347
6444	08/21/2024	4:55:03	12.547	12.592	0.910	1.125	12.904	11.959	14.311

UWU