



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



**“ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN MANUAL Y GUÍAS
PARA EL SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO CON DISTINTOS
TIPOS DE PANELES SOLARES, CONTROLADORES PWM Y MPPT,
CON Y SIN ACUMULACIÓN DE POLVO DEL LABORATORIO DE
ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA DE LA EPIER UNAJ”**

Bach. Yeison Huaracha Tupac

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

ASESOR: Dra. Vilma Sarmiento Mamani
CO – ASESOR: M.Sc. Junior Torres Yucra



JULIACA – PERÚ

2025

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



**“ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN MANUAL Y GUÍAS
PARA EL SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO CON DISTINTOS
TIPOS DE PANELES SOLARES, CONTROLADORES PWM Y MPPT,
CON Y SIN ACUMULACIÓN DE POLVO DEL LABORATORIO DE
ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA DE LA EPIER UNAJ”**

Bach. Yeison Huaracha Tupac

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

ASESOR: Dra. Vilma Sarmiento Mamani

CO – ASESOR: M.Sc. Junior Torres Yucra

Juliaca, 2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Huaracha T. (2024). *Elaboración e implementación de un manual y guías para el sistema fotovoltaico autónomo con distintos tipos de paneles solares, controladores PWM y MPPT, con y sin acumulación de polvo del laboratorio de Energía Solar Fotovoltaica de la EPIER UNAJ.* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Juliaca.

Autor: Yeison Huaracha Tupac

Título: Elaboración e implementación de un manual y guías para el sistema fotovoltaico autónomo con distintos tipos de paneles solares, controladores PWM y MPPT, con y sin acumulación de polvo del laboratorio de Energía Solar Fotovoltaica de la EPIER UNAJ.

Publicación: Juliaca, 2025

Descripción: Cantidad de páginas (250 páginas)

Nota: Tesis - Escuela profesional de Ingeniería en Energías Renovables - Universidad Nacional de Juliaca

Código: 02-000048-02/H84

Nota: Incluye bibliografía

Asesor: Dra. Vilma Sarmiento Mamani

Co - asesor: M.Sc. Junior Torres Yucra

Palabras clave: Energía Solar Fotovoltaica, Guías Fotovoltaicas, Manual de Energía Solar Fotovoltaica, Sistemas Fotovoltaicos Autónomos.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES

“ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN MANUAL Y GUÍAS PARA EL SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO CON DISTINTOS TIPOS DE PANELES SOLARES, CONTROLADORES PWM Y MPPT, CON Y SIN ACUMULACIÓN DE POLVO DEL LABORATORIO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA DE LA EPIER UNAJ”

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

Presentada por:

Yeison Huaracha Tupac

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

Dr. Ubaldo Yancachajlla Tito

PRESIDENTE DE JURADO



1° MIEMBRO

Mg. Armando Antonio Salinas Del Carpio

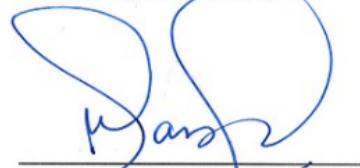
JURADO (secretario)



2° MIEMBRO

Mg. Washington Miguel Soncco Vilcapaza

JURADO (Vocal)



3° MIEMBRO



**Dr. Vilma Sarmiento Mamani
ASESOR DE TESIS**

turnitin

turnitin

turnitin

turnitin

Yeison Huaracha Tupac

ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN MANUAL Y GUÍAS PARA EL SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO CON DISTIN...

 Universidad Nacional de Juliaca

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:540692378

249 páginas

Fecha de entrega

15 dic 2025, 12:43 a.m. GMT-5

43.808 palabras

Fecha de descarga

15 dic 2025, 12:48 a.m. GMT-5

262.446 caracteres

Nombre del archivo

INFORME DE TESIS CORREGIDO (1) yeison.pdf

Tamaño del archivo

9.2 MB



10% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 9% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 5% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

- Texto oculto**
2 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

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

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



DEDICATORIA

A mis padres, quienes son la inspiración de este proyecto de investigación, Nelida Huaracha Tupac, Juan Carlos Beizaga Umpire, mi hermana Celeste Beizaga Huaracha, la razón de mi inspiración para seguir adelante, su apoyo diario que me dan y la paciencia y amor que me brindaron en este tiempo.

Dedico mi presente proyecto de investigación a mi madre, Nelida Huaracha Tupac, que con su apoyo constante y su amor incondicional es mi mayor inspiración para continuar, tus consejos y apoyo me fueron necesarios para culminar una de mis presentes metas.

También tener presente a mi padre Juan Carlos Beizaga por demostrarme que todo es posible con dedicación y esfuerzo, y enseñarme a no rendirme, también deseo reconocer a mis colegas, que me brindaron su ayuda y compañía a lo largo del desarrollo de este trabajo, mis amigos por estar siempre presentes en mis días difíciles.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme disfrutar y tener el apoyo de mi familia, por su apoyo incondicional en cada decisión que eh tomado y cada proyecto realizado en el trayecto de mi vida, agradecer por cada nueva posibilidad de crecer como persona y aprender cada día, recalcar a dios por darme salud y esta oportunidad de lograr un logro importante en mi vida.

A mi Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables por acogerme en sus alas, a mis docentes por brindarme el conocimiento necesario para afrontar los retos profesionales que se presentan, a mi asesora de mi proyecto de tesis, Dra. Vilma Sarmiento Mamani, por su confianza brindada en mi persona, a mi amigo y colega Ing. Junior Torres por ayudarme en este camino profesional, agradecido por ingenieros de la Escuela Profesional de Ingeniera en Energías Renovables.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xii
RESUMEN	9
ABSTRAC	10
INTRODUCCION.....	11

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del problema	12
1.1.1 Formulación del problema general:.....	13
1.1.2 Formulación de los problemas específicos.....	13
1.2 Objetivos de la investigación	13
1.2.1 Objetivo general	13
1.2.2 Objetivos específicos	13
1.3 Justificación de la investigación	14
1.3.1 Justificación practica	14
1.3.2 Justificación social.....	14
1.3.3 Justificación técnica.....	15
1.3.4 Justificación económica.....	15
1.3.5 Justificación Ambiental	15

CAPITULO II REVISION DE LA LITERATURA

2.1. Antecedentes del proyecto de investigación.....	16
2.1.1. Antecedentes Internacionales	16
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	17
2.1.3. Antecedentes locales	18
2.2. Marco conceptual.....	19
2.3. Normatividad	34
2.3.1. Reglamento técnico “especificaciones técnicas y ensayos de los componentes de sistemas fotovoltaicos hasta 500 Wp”.	34
2.3.2. Norma IEC 61215.....	34
2.3.3. Norma IEC 62109-1:2010	35

2.3.4.	El esquema CB	35
2.3.5.	Certificación TUV	35
2.3.6.	Certificado UL	35
2.3.8.	UNE-EN IEC 63000:2018 (Ratificada).....	36
2.3.9.	UNE-EN 55014-1:2017/A11:2021	36
2.3.10.	RESOLUCIÓN DE CONSEJO DE COMISIÓN ORGANIZADORA Nº083-2024-CCO-UNAJ.....	36

CAPITULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	Lugar de estudio.....	37
3.2.	Población	38
3.3.	Muestra	38
3.4.	Módulo experimental.....	39
3.4.1.	Estructura de soporte	39
3.4.2.	Tecnología de Módulos Fotovoltaicos	39
3.4.3.	Controlador de tecnología MPPT	40
3.4.4.	Controlador PWM	40
3.4.5.	Baterías	41
3.4.6.	Sistema de cargas	41
3.4.7.	Sistema de monitorización, adquisición, y almacenamiento de datos.....	41
3.4.8.	Sistema de protección.....	42
3.5.	Metodología de la Investigación.....	42
3.5.1.	Tipo de investigación	42
3.5.2.	Método de investigación.....	42
3.6.	Técnicas, instrumentos de recolección de datos	43
3.6.1.	Instrumentos	43
3.6.2.	Técnicas de procesamiento.....	44
3.6.3.	Requerimiento computacional de Software y Hardware.....	45
3.7.	Método.....	45
3.7.1.	Identificación de componentes que conforman el sistema fotovoltaico.....	45
3.7.2.	Caracterización de componentes que integran el sistema fotovoltaico	46
3.7.3.	Elaboración del manual de enseñanza y 7 guías de práctica de laboratorio....	47
3.7.4.	Evaluación del manual de enseñanza	47
3.7.5.	Elaboración de las guías de práctica de laboratorio de energía solar fotovoltaica. 49	
3.7.6.	Evaluación de las guías de práctica de laboratorio.....	50
3.8.	Hipótesis de la Investigación	51

3.8.1. Hipótesis general	51
3.8.2. Hipótesis Específicas	51
3.9. Operacionalización de Variables	52

CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Aspecto general.....	54
4.2. Identificación de los componentes eléctricos que integran al sistema fotovoltaico autónomo de la EPIER UNAJ.	54
4.3. Caracterización del sistema solar fotovoltaico autónomo con controladores de carga tipo PWM y MPPT.....	60
4.4. Caracterización del sistema solar fotovoltaico autónomo de controladores de carga con tecnología PWM y MPPT en condiciones de polvo y sin polvo.	75
4.5. Caracterización del comportamiento de las cargas de consumo frente a la generación FV. 84	
4.6. Caracterización en días nublados o con ausencia de irradiancia solar.....	88
4.7. Manual de enseñanza del sistema solar fotovoltaico autónomo de silicio poli cristalino y mono cristalino, con controladores PWM y MPPT.....	89

CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES	208
5.2 RECOMENDACIONES.....	209
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	212
ANEXOS	217

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Datos de las principales variables climáticas de las estaciones de referencia.....	21
Tabla 2	Tipo de investigación	42
Tabla 3	Metodología de investigación.....	42
Tabla 4	Técnicas, instrumentos de recolección de datos.....	43
Tabla 5	Estructura básica de una guía de practica.....	47
Tabla 6	Encuesta en escala de Likert propuesta para la percepción del manual de enseñanza.....	48
Tabla 7	Estructura básica de una guía de práctica.....	49
Tabla 8	Operacionalización de la variable dependiente 1.	52
Tabla 9	Definición operativa de la variable independiente 1	52
Tabla 10	Especificación de la variable Independiente 2	52
Tabla 11	Desarrollo de la variable Independiente 3	53
Tabla 12	Especificaciones técnicas del módulo solar Mono cristalino de 100 Wp.	55
Tabla 13	Parámetros técnicos del módulo solar poli cristalino de 100 wp.	55
Tabla 14	Especificaciones técnicas de la batería GP12120 del sistema fotovoltaico.....	56
Tabla 15	Características Técnicas del controlador de carga tipo MPPT 75/15.....	57
Tabla 16	Especificaciones técnicas del controlador tipo PWM 12/24	59
Tabla 17	Especificaciones técnicas del consumo de carga tipo CC	60
Tabla 18	Datos paramétricos de módulo mono cristalino con controladores de carga PWM y MPPT.....	63
Tabla 19	Calores paramétricos del módulo solar silicio poli cristalino con controladores. ..	69
Tabla 20	Valores paramétricos de dos módulos solares silicio Poli cristalino con controladores.	75
Tabla 21	Valores paramétricos de los módulos silicio mono.	80
Tabla 22	Diferencias entre un SF autónomo frente a uno conectado a la red eléctrica.....	93
Tabla 23	Tabla de características eléctricas de modulo solar mono cristalino 100 WP.....	102
Tabla 24	Tabla de características eléctricas del módulo solar policristalino 100 WP.....	102
Tabla 25	Tabla de características eléctricas del controlador tipo MPPT.....	103
Tabla 26	Tabla de características eléctricas del controlador de carga tipo PWM.	103
Tabla 27	Características eléctricas del consumo de energía del sistema.....	104
Tabla 28	Características eléctricas de la resistencia Smart shunt 500 A.....	105
Tabla 29	Características técnicas del control de monitoreo cerbo GX.....	105

Tabla 30 Parámetros básicos de configuración inicial del controlador de carga tipo PWM.	106
Tabla 31 Parámetros iniciales de la configuración de la batería.	108
Tabla 32 Parámetros iniciales de la configuración del controlador tipo MPPT.....	110
Tabla 33 Mantenimiento y verificación periódica de cada componente de SF autónomo.	113
Tabla 34 Tabla de seguridad general para el sistema fotovoltaico autónomo.	114
Tabla 35 Secuencia de lecciones.	116
Tabla 36 Tabla de resultado Pretest y Postest del manual de enseñanza.	119
Tabla 37 Tabla de modelo escala de Likert.	121
Tabla 38 Guías de práctica de laboratorio	123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Clasificación del flujo de energía solar en la superficie terrestre.	22
Figura 2	Energía solar fotovoltaica.	23
Figura 3	Esquema de un Sistema fotovoltaico autónomo.	24
Figura 4	Módulo fotovoltaico fabricado con celdas solares tipo monocristalino	25
Figura 5	Módulo fotovoltaico fabricado con celdas tipo poli cristalino.	25
Figura 6	Estructura Mono poste Regulable 2x2 para paneles solares.	26
Figura 7	Módulo solar fotovoltaico.	26
Figura 8	Baterías de ciclo profundo para sistemas fotovoltaicos autónomos.	27
Figura 9	Convertidor de corriente 12V 700 w Schneider Xantrex.....	28
Figura 10	Controlador de carga Modelo Steca 30 A solarix PRS3030.....	28
Figura 11	Grafica que representa una señal tipo PWM.....	29
Figura 12	Diagrama del comportamiento de un controlador MPPT.	30
Figura 13	Orientación recomendada en el hemisferio sur de un módulo solar.	31
Figura 14	Condiciones STC de ensayo de un módulo solar.....	33
Figura 15	Datos para la temperatura nominal de un módulo fotovoltaico.	34
Figura 16	Ubicación del sitio de estudio.	37
Figura 17	Lugar de estudio del proyecto de investigación.....	37
Figura 18	Ubicación del sistema fotovoltaico.	38
Figura 19	Estudiantes participes para la evaluación del manual.	39
Figura 20	Diagrama de flujo.....	44
Figura 21	Representación funcional de un SFV de acuerdo a la NTP.	54
Figura 22	Caracterización de la curva de radiación el día 08 de septiembre del 2023.	61
Figura 23	Configuración tipo I del sistema fotovoltaico.....	62
Figura 24	Configuración tipo II del sistema fotovoltaico.	62
Figura 25	Visualización de la corriente eléctrica del módulo solar.	64
Figura 26	Curva de tensión y corriente del módulo solar mono cristalino.	65
Figura 27	Comportamiento de la intensidad eléctrica del módulo solar.	66
Figura 28	Caracterización de las tensiones de paneles Mono cristalinos.....	67
Figura 29	Potencia del módulo de silicio mono cristalino con controladores PWM y MPPT.	68
Figura 30	Visualización de la corriente eléctrica del módulo solar.	70
Figura 31	Curva de tensión y corriente del módulo solar silicio poli cristalino.....	71

Figura 32 Comportamiento de la corriente eléctrica del módulo solar silicio poli cristalino.	72
Figura 33 Caracterización de las tensiones de paneles poli cristalinos.	73
Figura 34 Potencia generada del módulo solar silicio Poli cristalino.	74
Figura 35 Potencia de los módulos silicio poli cristalino.....	76
Figura 36 Comportamiento de tensión y corriente de los módulos solares poli cristalino...77	
Figura 37 Relación de la potencia generada del módulo silicio poli cristalino.....	78
Figura 38 Temperatura de módulos policristalino con controlador MPPT.....	79
Figura 39 Potencias de módulos silicio mono cristalino.	81
Figura 40 Curvas tensión corriente del módulo silicio mono cristalino.....	82
Figura 41 Correlación de la corriente eléctrica de módulos en condición de polvo y sin polvo.....	83
Figura 42 Temperaturas de los módulos solares.	84
Figura 43 Diagrama de conexión de las cargas consumidoras del SF autónomo	85
Figura 44 Comportamiento de la corriente de generación de FV	86
Figura 45 Diagrama de barras caracterizando la energía producida por el sistema fotovoltaico.....	87
Figura 46 Comportamiento de la tensión y corriente en un día nublado.....	88
Figura 47 Comportamiento de potencia del módulo.	88
Figura 48 Sistema fotovoltaico autónomo.....	92
Figura 49 Sistema fotovoltaico autónomo de la EPIER.....	93
Figura 50 Panel solar silicio mono cristalino.	94
Figura 51 Panel solar silicio policristalino.	95
Figura 52 Controlador Victron Blue Solar.	96
Figura 53 Controlador Smart Solar MPPT 75V 15 A. (Victron Energy).....	96
Figura 54 Batería GP 12120 12 AH CSB, (CSB).	97
Figura 55 Consumo de energía Narva,60 WP, 12V (Elaboración propia).....	98
Figura 56 Resistencia Smart Shunt 500 A (Victron Energy).	98
Figura 57 Centro de comunicaciones Cerbo GX (Victron Energy).	99
Figura 58 Fusible de protección contra sobre corrientes.....	100
Figura 59 Diodo transistor 10 A.....	100
Figura 60 Error de sobre corriente en el controlador PWM (elaboración propia).	101
Figura 61 Caja de protección de los módulos solares	101
Figura 62 Entradas y salidas del controlador PWM.....	107

Figura 63	Configuración inicial de la resistencia Smart Shunt de Victron	107
Figura 64	Estado de carga con controlador PWM.....	108
Figura 65	Configuración del Controlador de carga tipo MPPT (elaboración propia).....	109
Figura 66	Porcentaje de la batería	110
Figura 67	Encendido del sistema fotovoltaico autónomo (elaboración propia).....	111
Figura 68	Esquema de conexión eléctrica del sistema fotovoltaico autónomo.....	117
Figura 69	Tablero de control del sistema fotovoltaico autónomo.....	118
Figura 70	Comparación de puntajes Pretest y Postes del manual de enseñanza.	120
Figura 71	Percepción escala de Likert del manual de enseñanza.....	122
Figura 72	Inspección visual del espacio de trabajo.	130
Figura 73	Modulo solar policristalino y monocristalino.	138
Figura 74	Instalación del módulo solar.	140
Figura 75	Medición de Irradiación.	140
Figura 76	Instrumento de medición de multímetro.	141
Figura 77	Instrumento de medición de temperatura PT100.	141
Figura 78	Controlador victron Blue solar PWM- LCD&USB 12/24V 10 A. (MANUAL VICTRON).	156
Figura 79	Controlador victron MPPT 75/15(MANUAL VICTRON).	156
Figura 80	Gráfico de barras del resultado de percepción de los estudiantes.....	202
Figura 81	Estudiantes participantes en la evaluación.....	203
Figura 82	Indicaciones previas para el uso del sistema fotovoltaico autónomo.	203
Figura 83	Evaluación teórica del manual y guías de laboratorio de energía solar fotovoltaica.	203

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Plano eléctrico del sistema fotovoltaico autónomo de módulos solares silicio poli cristalino y monocristalino con controladores de carga tipo PWM y MPPT situado en el Instituto de Energías Renovables y Eficiencia Energética de la UNAJ	218
Anexo 2. Proceso del armado de tablero de control del sistema fotovoltaico con controladores PWM y MPPT	219
Anexo 3. Ficha Técnica del fabricante del módulo solar monocristalino de potencia 100 Wp.	235
Anexo 4. ficha técnica del módulo solar silicio poli cristalino 100 Wp	235
Anexo 5. Ficha técnica de batería 12AH GP12120.....	236
Anexo 6. Ficha técnica del controlador de carga tipo MPPT75/12VC	237
Anexo 7. Ficha técnica del controlador tipo PWM 12/24.....	238
Anexo 8. Ficha técnica del smartshunt controlador de batería.....	239

LISTA DE ABREVIATURAS

PM_{áx.}	: Potencia máxima
Tol	: Tolerancia de potencia
V_{mp}	: Voltaje de potencia máxima
I_{mp}	: Corriente de potencia máxima
V_{oc}	: Voltaje en circuito abierto
I_{sc}	: Corriente en corto circuito
Kwh	: Kilowatt/hora
STC	: Condiciones estándar
NOCT	: Condición nominal
T^{°c}	: Temperatura
V.E direct	: Puerto de comunicación

RESUMEN

El estudio presenta la identificación y caracterización de los componentes de un sistema fotovoltaico autónomo utilizando controladores MPPT y PWM, con módulos solares monocristalinos y policristalinos bajo condiciones de polvo y sin polvo. El sistema estuvo compuesto por dos controladores, cuatro módulos solares, cuatro baterías, una resistencia shunt, un sistema Cerbo GX y una carga en corriente continua de 85 W. Se verificó que los equipos cumplen la norma técnica peruana NTP 399.403 2006, aunque se detectaron oportunidades de mejora, como la insuficiente información en las etiquetas de los acumuladores.

Los resultados muestran que el controlador MPPT ofrece una eficiencia superior frente al PWM, lo cual fue confirmado mediante la caracterización de sus parámetros eléctricos. Asimismo, se evidenció que la presencia de polvo disminuye el rendimiento del sistema, destacando la necesidad de evaluar su desempeño en entornos variables.

A partir de los hallazgos, se elaboraron un manual de enseñanza y siete guías de laboratorio que siguen el reglamento académico de la Universidad Nacional de Juliaca. El manual explica el uso y programación de cada componente, mientras que las guías abordan temas como determinación de potencia, eficiencia de los controladores y análisis de baterías. Para evaluar estos materiales, se aplicaron un pretest y postest a estudiantes, junto con encuestas basadas en una escala de Likert.

Los estudiantes mostraron una mejora promedio de 3.1 puntos entre pretest y postest ($p < 0.05$), evidenciando un impacto significativo en su aprendizaje. La percepción también fue de manera positiva, resaltando un puntaje promedio de 7.39/8. La fiabilidad de la encuesta resultó considerable, con un Alfa de Cronbach de 0.92, el trabajo aporta una base sólida para la enseñanza y el análisis de sistemas fotovoltaicos autónomos en la región de Puno.

Palabras Clave: Caracterización de módulos solares, manual y guías para sistemas fotovoltaicos autónomos, Controladores solares MPPT y PWM.

ABSTRAC

The study presents the identification and characterization of the components of an autonomous photovoltaic system using MPPT and PWM controllers, with monocrystalline and polycrystalline solar modules under dusty and dust-free conditions. The system consisted of two controllers, four solar modules, four batteries, a shunt resistor, a Cerbo GX system, and an 85 W direct current load. It was verified that the equipment complies with the Peruvian technical standard NTP 399.403 2006, although some areas for improvement were identified, such as insufficient information on the battery labels.

The results show that the MPPT controller offers higher efficiency compared to the PWM controller, which was confirmed through the characterization of their electrical parameters. It was also observed that dust reduces the system's performance, highlighting the need to evaluate its operation in variable environments.

Based on the findings, a teaching manual and seven laboratory guides were developed following the academic regulations of the National University of Juliaca. The manual explains the use and configuration of each component, while the guides address topics such as power determination, controller efficiency, and battery analysis. To evaluate these materials, a pretest and posttest were administered to students, along with perception surveys based on a Likert scale.

Students showed an average improvement of 3.1 points between the pre-test and post-test ($p < 0.05$), demonstrating a significant impact on their learning. Perception was also positive, highlighting an average score of 7.39/8. The reliability of the survey was considerable, with a Cronbach's Alpha of 0.92. The study provides a solid foundation for the teaching and analysis of standalone photovoltaic systems in the Puno region.

Keywords: Characterization of solar modules, manual and guides for autonomous photovoltaic systems, MPPT and PWM solar controllers.

INTRODUCCION

Hoy en día, el estudio de las energías renovables se ha vuelto fundamental, especialmente ante la escasez de fuentes de energía convencionales que han sido utilizadas durante muchos años. Para la región de Puno que tiene una óptima irradiación solar sobre la superficie con un valor aproximado de 5,9 kWh/ m² día, tener estudios sobre el tema fotovoltaico debe ser de mucha importancia ya que este factor es un parámetro fundamental para los sistemas fotovoltaicos.

El estudio y desarrollo de sistemas fotovoltaicos, como la monitorización y el estudio de datos permiten mejorar y aportar en la mejora del conocimiento energético y mejorar la eficiencia de instalaciones tanto en plazos de (mantenimiento, indisponibilidad del sistema, etc.) como a largo plazo (en ubicación eficiente de posteriores sistemas, manejo de distintas tecnologías, etc.), de la energía solar fotovoltaica autónoma, estos estudios de la producción de energía eléctrica ha generado un avance óptimo en la investigación y mejora de las mismas (Guerra, 2023).

En los últimos años, la energía solar fotovoltaica ha adquirido una importancia creciente a nivel mundial, una de las cada vez más frecuentes instalaciones es la de las plantas solares, y sistemas autónomos que por su exposición a las condiciones de intemperie resultan afectadas por la deposición del polvo siendo una problemática grave que afecta al rendimiento y la productividad entre otros factores. Esta deposición depende en gran medida del entorno local, debido a la cultura de la optimización de recursos y la reducción de la contaminación, el uso de energías renovables ha crecido en popularidad. Esto ha provocado la demanda de proyectos que proporcionen información que mejore el funcionamiento o la implantación de este tipo de sistemas, (Alfaro et al., 2019).

El Capítulo I desarrolla los aspectos generales del estudio, como el planteamiento del problema, los objetivos generales y específicos, la justificación y la hipótesis de investigación. El Capítulo II presenta el sustento teórico, incorporando los antecedentes, los conceptos básicos y las principales bases teóricas. En el Capítulo III se expone el contexto del estudio y la metodología aplicada, detallando el tipo de investigación, la población y muestra, así como las técnicas e instrumentos utilizados de acuerdo con el diseño elegido, además de la comprobación de la hipótesis. Finalmente, el Capítulo V reúne las conclusiones y recomendaciones, junto con los anexos que respaldan el desarrollo del proyecto de investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del problema

El departamento de Puno, ubicado en la zona sur del Perú, se encuentra la escuela profesional orientada a la formación de ingenieros en Energías Renovables, dentro de las cual se incorpora la asignatura de energía solar fotovoltaica. Este campo es especialmente relevante debido al crecimiento de tecnologías limpias y al rol que desempeñan en la mitigación del cambio climático. El perfil profesional del ingeniero en Energías Renovables establece que el egresado debe ser capaz de diseñar y formular sistemas energéticos para la generación de electricidad mediante la captación, conversión y aprovechamiento de la energía solar. Para cumplir dichas competencias, resulta indispensable un proceso formativo que integre adecuadamente el componente teórico con experiencias prácticas en laboratorio. En la sede Ayabacas, el laboratorio de energía solar fotovoltaica cuenta con un sistema fotovoltaico autónomo equipado con módulos solares monocristalinos y policristalinos, en condiciones de superficie limpia y con acumulación de polvo. El sistema incluye controladores de carga tipo PWM y MPPT, acumuladores de energía y otros elementos necesarios para su operación. A pesar de esta infraestructura, se identifica una deficiencia significativa de material didáctico actualizado y específico sobre la operación, funcionamiento y análisis de sistemas fotovoltaicos autónomos. La ausencia de guías técnicas y procedimientos estructurados limita el adecuado desarrollo de prácticas académicas, impidiendo que los estudiantes consoliden competencias relacionadas con la instalación, evaluación de desempeño y diagnóstico de sistemas fotovoltaicos. Un material didáctico pertinente permitiría reforzar la comprensión teórica, mejorar la manipulación correcta de los equipos, y brindar una visión más amplia de las diferentes tecnologías disponibles en sistemas fotovoltaicos autónomos, contribuyendo así a elevar la calidad del proceso formativo y a la formación de profesionales más competitivos.

1.1.1 Formulación del problema general:

¿Cómo implementar material didáctico teórico - práctico, que permita el desarrollo de competencias técnicas y el aprendizaje integral en la operación y caracterización de un sistema fotovoltaico autónomo con paneles solares policristalino y monocristalino, con controladores de carga tipo PWM y MPPT, para el laboratorio de Energía Solar Fotovoltaica de la EPIER UNAJ?

1.1.2 Formulación de los problemas específicos

- ¿cómo identificar los componentes y equipos que integran el sistema fotovoltaico autónomo, del laboratorio de Energía Solar Fotovoltaica de la EPIER UNAJ?
- ¿cómo caracterizar el sistema fotovoltaico autónomo con módulos solares tipo monocristalinos y policristalino, con controladores tipo PWM y MPPT, bajo Normas Técnicas Nacionales e Internacionales?
- ¿Cómo evaluar la efectividad del manual de enseñanza y siete guías prácticas de laboratorio, diseñadas para el sistema fotovoltaico autónomo con módulos solares de tipo monocristalino y policristalino y controladores de carga tipo PWM y MPPT, mediante su implementación y medición del impacto en el aprendizaje de los estudiantes, en el laboratorio de energía solar fotovoltaica de la UNAJ?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Implementar material didáctico de consulta, compuesto por recursos teóricos y prácticos para el sistema fotovoltaico autónomo con distintos tipos de paneles solares monocristalino y policristalino, con controladores de carga tipo PWM y MPPT, que contribuya al desarrollo de competencias técnicas y al aprendizaje integral en el laboratorio de energía solar fotovoltaica de la EPIER UNAJ.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar los componentes y equipos que integran el sistema fotovoltaico autónomo, con módulos solares tipo monocristalino y policristalino, y controladores de carga tipo PWM y MPPT, del laboratorio de energía solar fotovoltaica de la EPIER UNAJ.

- Caracterizar el sistema fotovoltaico autónomo compuesto por módulos solares policristalinos y monocristalinos, con controladores de carga PWM y MPPT, en condiciones de limpieza y acumulación de polvo, conforme a normas técnicas nacionales e internacionales aplicables en condiciones operativas.
- Evaluar la efectividad de un manual de enseñanza y 7 guías de prácticas de laboratorio para el sistema fotovoltaico autónomo, mediante su implementación y medición del impacto en el aprendizaje de los estudiantes, estructurado bajo el formato académico de la UNAJ, para su aplicación en el laboratorio de energía solar fotovoltaica.

1.3 Justificación de la investigación

1.3.1 Justificación practica

Esta investigación se justifica debido a que contribuirá información teórica y técnica de los equipos y componentes que conforman el sistema fotovoltaico autónomo, además de poder desarrollar prácticas de laboratorio garantizando resultados óptimos en el desarrollo de aprendizaje teórico-practico, para los estudiantes de carrera profesional de ingenierías en energías renovables, docentes, proyectistas e interesados, el disponer de sistema fotovoltaico autónomo en funcionamiento beneficiará y promoverá el aprendizaje favoreciendo la interacción con la práctica de laboratorio, Según Malagón Sánchez et al., (2013), afirma que una base o marco fenomenológico de datos observacionales que se organizaría según una «teoría» concreta puede desarrollarse o ampliarse mediante la acción experimental.

1.3.2 Justificación social

Se considera como favorecido principal a los profesionales en formación de la carrera de Ingeniería en Energías Renovables, de la Universidad Nacional de Juliaca en su sede Ayabacas, además de otras escuelas profesionales que quieran consolidar temas relacionados con la cátedra. Los docentes que enseñan dicha catedra también se verán beneficiados al vincular de manera más fácil y factible los conocimientos teóricos con la práctica, finalmente la sociedad también se verá afectada de manera positiva al formar profesionales

con un alto nivel de desenvolvimiento en el ámbito laboral y la mejora de toma de decisiones.

1.3.3 Justificación técnica

El contenido del manual básico, será de mucha importancia porque caracterizara cada equipo del sistema fotovoltaico autónomo para un monitoreo adecuado de dichos implementos, ya que todo equipo e instrumento en su periodo de funcionamiento tienden a tener imperfecciones, independientemente de la tecnología de producción y los materiales usados en su construcción todo ello apoyado por las Normas técnicas Nacionales e Internacionales aplicables a sistemas fotovoltaicos autónomos (SFV).

1.3.4 Justificación económica

Como en algunos laboratorios los equipos, maquinas e instrumentos son usados hasta el extremo de que estos ya no cumplen su funciona normal, lo cual conlleva a contratar personas capacitadas con una tarifa costosa para la solución al problema, con la implementación del manual se podrá evitar estos costos de servicio.

1.3.5 Justificación Ambiental

La implementación de sistemas fotovoltaicos autónomos favorece la sostenibilidad al reducir costos operativos, evitar pérdidas por transmisión y brindar energía confiable sin necesidad de grandes infraestructuras. Además, contribuye a la educación ambiental. En conjunto, ofrece beneficios económicos, sociales y ecológicos para un desarrollo sostenible.

CAPITULO II

REVISION DE LA LITERATURA

2.1. Antecedentes del proyecto de investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Ariza Rodríguez y Ospino Gómez (2015) desarrollaron en Barranquilla, Colombia, un proyecto de investigación orientado al diseño de una guía teórico-práctica de energía solar fotovoltaica para el Laboratorio de Fuentes Renovables de la Universidad de la Costa. En su trabajo organizaron una serie de actividades experimentales con los equipos disponibles en el laboratorio, de modo que los estudiantes pudieran relacionar los conceptos vistos en clase con procedimientos reales de medición y operación. La propuesta metodológica se apoyó en la revisión de bibliografía especializada y en la elaboración de material didáctico que integra explicaciones teóricas, instrucciones paso a paso y espacios para el registro de datos. Como resultado, los autores estructuraron una guía de laboratorio que fortalece las competencias de los alumnos en el uso de sistemas fotovoltaicos y sirve como apoyo permanente para las asignaturas vinculadas a energías renovables.

Castillo Santiago et al. (2018) analizaron el efecto de una guía teórico-práctica como recurso pedagógico en la enseñanza de la energía solar térmica. El estudio se desarrolló con estudiantes de la Maestría en Gestión Energética de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Atlántico, quienes cursaban asignaturas vinculadas a este ámbito. La investigación consideró una muestra de 15 participantes, distribuidos en un grupo control y un grupo experimental, a los que se aplicaron actividades de laboratorio relacionadas con el funcionamiento de un equipo de prácticas de energía solar térmica. Para valorar el impacto de la guía se utilizó una prueba t con un nivel de significancia del 5%, evidenciándose que el material didáctico mejoró de forma notable el rendimiento del grupo experimental, particularmente en aspectos como la claridad de las explicaciones, la coherencia de los procedimientos y la exactitud de los resultados obtenidos durante las prácticas, la guía para construir su experiencia de laboratorio obtuvieron unos resultados medios excelentes tanto en claridad (4.45), congruencia (4.92) y exactitud (4.78).

En el estudio realizado por Rodríguez Guevara & Moreno Lugo (2021) desarrolla como objetivo el “diseño e implementación de un banco didáctico de energía solar fotovoltaica para prácticas de los estudiantes de la Universidad Antonio Nariño sede Villavicencio, Colombia”. Se usa como población a la facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y

Biomédicas, la metodología aplicada es experimental en etapas, y finalmente se concluye con la elaboración de 6 guías de práctica que evidencian el uso del material didáctico de energía solar para prácticas y se apliquen en los conocimientos obtenidos en su desarrollo profesional.

El aprendizaje es un elemento muy relevante para la formación de estudiantes de ingeniera, ya que es a partir de ella con el cual se logra adquirir el conocimiento necesario para afrontar cualquier reto, el uso de la práctica es mucho más importante ya que ayuda a afianzar y mejorar el conocimiento del estudiante. El presente proyecto realizado por contreras Castillo et al., (2018) busca mejorar la calidad de enseñanza sobre las Energías sostenibles, puntualizando, la energía solar fotovoltaica el cual sigue el sistema de enseñanza de la Universidad Santo Tomas, donde se menciona que el modelo se enfrenta a 3 retos los cuales se dirigen a la modernización y ecología, la globalización y la transformación hacia una sociedad orientada al conocimiento así como nuevos escenarios educativos, el desarrollo de este proyecto le da al estudiante la oportunidad de enfrentar situaciones reales donde pueda afrontar y aplicar los conocimientos adquiridos, mencionados anteriormente, el proyecto también presenta innovación para la educación además da iniciativa a una concientización desde la educación en aspectos ambientales y generación de energía limpia.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

El proyecto de investigación elaborado por Galarreta Asian (2016), desarrollado en Perú, propone como objetivo el incorporar material visual como apoyo didáctico en las prácticas realizadas en el laboratorio de física II, en la unidad de estudios generales ciencias de la Pontificia Universidad Católica del Perú, el autor refiere que el curso al ser de vital importancia para los alumnos en general, cuenta con prácticas de laboratorio, donde cuyo objetivo es adquirir conocimientos en clase por medio de la experimentación, entonces se propone la elaboración de material audio Visual que complementan Al material didáctico del laboratorio de física II, buscando así homogeneizar la información que los estudiantes adquieren mediante el curso teórico donde finalmente se obtiene como resultado la mejora de percepción del estudiante sobre el curso y posteriormente mayor nota en sus calificaciones.

Salvador jara (2017) realizó un estudio orientado a sistematizar los procedimientos analíticos del Laboratorio de Química de la UDEP y, a partir de ello, elaborar manuales para la ejecución de ensayos en suelos y agregados de construcción. En una primera etapa observó el trabajo del personal técnico, registrando paso a paso las actividades que se llevan a cabo en cada prueba, así como los materiales, equipos e insumos empleados. Con esta información comparó los

procedimientos existentes con lo establecido en las normas técnicas vigentes y determinó además los tiempos de ejecución de los distintos análisis de suelos y agregados. Finalmente, estructuró varios manuales de procedimientos ajustados a la normativa y a los recursos disponibles en el laboratorio, los cuales constituyen una guía para futuros usuarios sobre la forma correcta de realizar cada ensayo en el Laboratorio de Química de la UDEP.

Blanco Condor & Poma Yaranga, (2015) desarrollaron una investigación titulada ‘Manual de laboratorio de Ciencia, Tecnología y Ambiente y rendimiento académico en alumnos de tercero de secundaria de la I.E. Emblemática Santa Isabel – Huancayo’. El propósito central fue analizar cómo influye la aplicación de un manual de laboratorio de Ciencia, Tecnología y Ambiente en el rendimiento académico de los estudiantes de tercer año de secundaria, específicamente en el curso de Química. Los autores plantearon como hipótesis que el uso sistemático del manual mejora de manera significativa el aprendizaje de proposiciones por combinación y la comprensión de conceptos científicos en los alumnos. Los resultados obtenidos indican que la implementación del manual contribuye positivamente al desempeño académico de los estudiantes involucrados en el estudio.

Rodríguez, J., Pérez, M., y Gómez, A. (2018). Evaluación de la Eficiencia de Sistemas Fotovoltaicos en la Costa Peruana. Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Lima. Este estudio evaluó el rendimiento de distintos tipos de paneles solares en condiciones costeras, analizando factores como la orientación, inclinación y condiciones ambientales. Se destaca la importancia de la normativa NTP 399.403 2006 en la implementación de sistemas fotovoltaicos.

García, L., y López, R. (2019). Análisis Comparativo de Controladores MPPT y PWM en Sistemas Fotovoltaicos. Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Lima. La investigación comparó la eficiencia de los controladores MPPT y PWM en sistemas fotovoltaicos instalados en Lima, considerando variaciones en la radiación solar y la acumulación de polvo. Los resultados mostraron una clara ventaja del controlador MPPT en términos de eficiencia energética.

2.1.3. Antecedentes locales

Machaca Quispe & Coronel Rodríguez, (2023) estudiaron el efecto del polvo y la lluvia sobre el rendimiento de sistemas fotovoltaicos en la ciudad de Puno. Para ello instalaron dos paneles solares, uno con limpieza periódica y otro sin mantenimiento, conectados a un controlador lógico programable (PLC) que registraba en tiempo real la irradiancia solar y

otros datos operativos mediante un programa en lenguaje Ladder. El objetivo fue cuantificar la influencia de las precipitaciones y del material particulado en la energía generada. Los resultados muestran que el módulo que no recibe limpieza periódica reduce su producción alrededor de 6,20% por mes debido a la acumulación de polvo, mientras que el panel limpiado mantiene un desempeño más estable. Estos hallazgos resaltan la importancia del mantenimiento de los módulos, especialmente en Puno, donde la combinación de polvo ambiental y condiciones climáticas variables genera fluctuaciones significativas en la energía eléctrica producida.

Flores, A., y Condori, P. (2021). Implementación de Energía Solar Fotovoltaica en Comunidades Rurales de Puno. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez (UANCV). La investigación se centró en la implementación de sistemas fotovoltaicos en zonas alejadas rurales de Puno, destacando los beneficios sociales y económicos de la energía solar. Se realizaron capacitaciones y se elaboraron guías de uso para la comunidad.

Quispe, C., y Mamani, J. (2020). Rendimiento de Sistemas Fotovoltaicos en la Región de Puno: Un Estudio de Caso. Universidad Nacional del Altiplano (UNA), Puno. Este estudio analizó el rendimiento de sistemas fotovoltaicos instalados en la región de Puno, considerando las condiciones climáticas locales como la altitud, la radiación solar y la acumulación de polvo afectan en la eficiencia del sistema.

2.2.Marco conceptual

- El uso de la energía solar en todo el mundo

El sol como fuente de toda la energía y materia en la Tierra. Los combustibles fósiles, responsables del daño ambiental, son energía solar almacenada durante millones de años. Aunque el sol nos brinda energía constantemente, su desafío radica en ser una fuente difusa y poco concentrada, lo que requiere esfuerzo para aprovecharla de manera eficiente (Brown, 1998).

La energía solar es la energía obtenida de manera directa del sol, separadamente de su uso como fuente de iluminación, la radiación solar que incide en la tierra puede producirse de dos maneras principales, derivándose en energía solar térmica y energía solar fotovoltaica, esto mediante módulos helio térmicos y sistemas fotovoltaicos (Martínez Rufez, 2010).

- El desarrollo de la energía solar en el Perú

La energía solar se ha consolidado en el Perú como una alternativa a las fuentes fósiles, especialmente por la ubicación geográfica del país cercana al ecuador, que favorece una alta

disponibilidad de radiación durante gran parte del año. De acuerdo con el Ministerio de Energía y Minas, en la sierra peruana la irradiancia media anual se sitúa aproximadamente entre 5,5 y 6,5 kWh/m²·día, mientras que en la selva los valores son ligeramente menores, alrededor de 4,5 a 5,0 kWh/m²·día. En este contexto, el desarrollo de la energía solar se impulsa en varios frentes: por un lado, existen organizaciones y empresas dedicadas a la fabricación y mantenimiento de equipos; por otro, los programas de electrificación rural han permitido llevar sistemas fotovoltaicos a localidades alejadas de la red convencional. Informes de electrificación indican que una fracción importante de la población rural aún no dispone de energía eléctrica en sus viviendas, y que los proyectos con módulos fotovoltaicos pueden beneficiar a cientos de miles de hogares en zonas aisladas del país.

En el Perú se han desarrollado diversos programas de electrificación rural basados en sistemas fotovoltaicos autónomos. Entre ellos destaca un proyecto financiado por el Banco Mundial y el Global Environment Facility (GEF), que instaló sistemas solares piloto para más de dos mil familias y prevé ampliar la cobertura a varios miles de hogares adicionales mediante subproyectos complementarios. Asimismo, iniciativas como Euro Solar han implementado pequeñas centrales híbridas solar-eólica para abastecer de energía a instituciones públicas y comunidades rurales. De manera paralela, los planes nacionales de electrificación contemplan llevar suministro eléctrico mediante sistemas solares a decenas de miles de nuevas localidades que no cuentan con conexión a la red convencional, lo que evidencia el papel estratégico de la energía fotovoltaica en la inclusión energética del país (PUCP, 2017).

- Generación de energía eléctrica en zonas rurales del Perú

El MINEM, dio a conocer mediante la dirección general de electrificación rural (DGER), la implementación de módulos fotovoltaicos que generaría energía eléctrica a 100 000 familias rurales, todo esto mediante el programa masivo fotovoltaico II que es impulsado por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), este programa está dirigido a poblaciones de diferentes regiones que se encuentran en situación de pobreza, donde también la geografía dificulta la llegada de energía eléctrica de la red. Este programa extensivo fotovoltaico, fue incorporado desde el 2017 en todo el Perú, y ya va trabajando, donde en su primera etapa, llevo energía eléctrica a un total de 205 138 viviendas de las zonas rurales, así como 2368 instituciones educativas y 639 establecimientos de salud (Ministerio de Energía y minas, 2021).

- Irradiación solar en el sur del Perú

El SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú) compuesta de una estación meteorológica, la irradiación solar directa e indirecta se registra directamente con aparatos como piranómetros y heliógrafos. Los datos de estos instrumentos se han utilizado para validar datos históricos ya recogidos y para utilizar esta base de datos en lugares sin acceso a la información. Los datos recolectados por los piranómetros se encuentran registrados en planillas y fueron digitados directamente de la red de estaciones de irradiación solar.

En la tabla 1 se detalla las principales variables climatológicas, también se puede observar que la radiación solar máxima está registrada en el departamento de Puno (SENAMHI, 2003).

Tabla 1

Datos de las principales variables climáticas de las estaciones de referencia.

Estación Meteorológica	Energía Solar Diaria (Kwh/M2)	Heliofanía Relativa (%)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Precipitación Total (Mm/Año)
Costa					
Miraflores	5,75	56	30,7	19,3	216
A. von Humboldt	4,03	40	23,3	15,5	16
San Camilo	5,92	61	28,7	13,4	11
La Joya	7,03	75	27	10,1	77
Sierra					
Bambamarca	4,56	44	19,4	9,5	737
Weberbauer	4,92	49	21,3	7,6	644
Cosmos	4,92	46	9,2	-0,7	1047
Huayao	6	56	19,6	4,4	765
Granja Kcayra	5,44	53	20,7	3,7	674
Chuquibambilla	6,08	59	16,8	-2,4	715
Puno	6,36	70	14,7	2	753
Characato	6,5	73	22,8	6,8	78
Selva					
San Román Sm	4,67	41	31,3	20,8	2158
El Porvenir	3,87	41	32,5	20,4	1041

Nota. En la siguiente tabla se resalta la energía solar diaria del departamento de Puno según SENAMHI, 2023.

El flujo de energía recibido por unidad de superficie a una distancia media de la Tierra al Sol, fuera de cualquier atmósfera y perpendicular a la irradiancia solar se conoce como constante solar. Para calcular la constante solar debe tenerse en cuenta una distancia media, ya que la órbita irregular de la Tierra hace que esta distancia fluctúe. Dado que múltiples estudios han demostrado que la variación de la energía solar durante un ciclo solar (unos 22 años) es inferior al 1%, el sol puede considerarse una fuente continua de energía (Quispe Tecce, 2017).

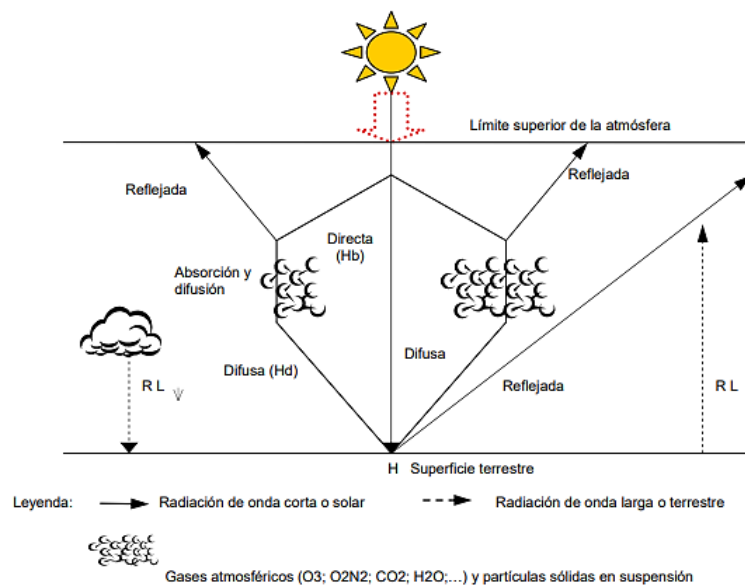
La irradiancia solar también conocida Energía solar incidente, tiene un valor de 1.367 W/m^2 con una variación de $\pm 7 \text{ W/m}^2$ (Martínez Rufe, 2010)

- La radiación solar

La radiación solar o flujo de energía solar, se define como la liberación de una cantidad considerada de energía en forma de Oscilaciones electromagnéticas provenientes del sol, este fenómeno se dispersa por el espacio y una pequeña parte intercepta con la superficie terrestre, se estima que la potencia de radiación es de $3,68 \times 10^{26} \text{ w}$. En la Figura 1 se puede observar que la radiación solar al atravesar la capa externa de la atmosfera, se distribuye de forma directa, difusa y reflejada (Valentín Labarta, 2012).

Figura 1

Clasificación del flujo de energía solar en la superficie terrestre.



Nota. Adaptada del libro de (Bernardelli, 2010).

- La energía fotovoltaica

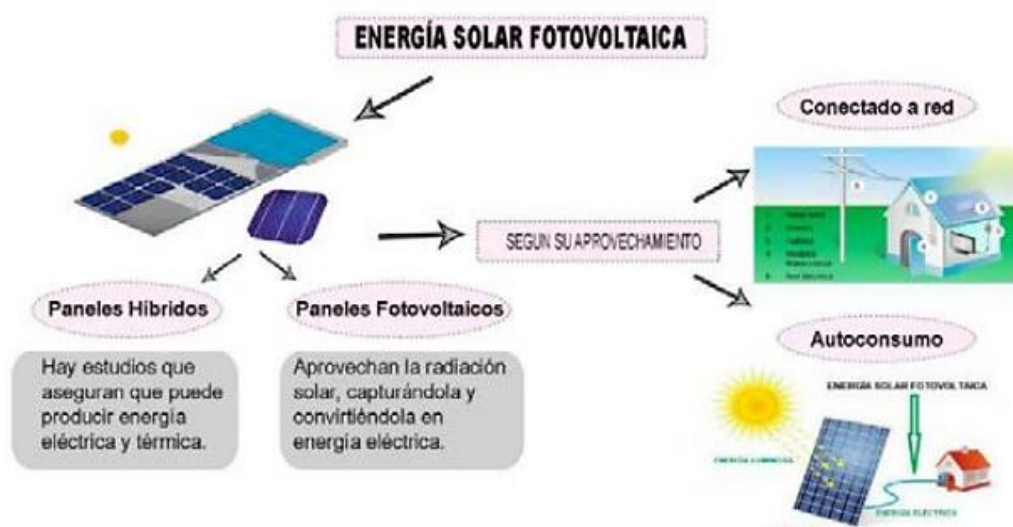
Según Palpa Bueno (2019) desafortunadamente, no se encuentra un uso óptimo para la energía proveniente del sol, porque los generadores solares fotovoltaicos son relativamente

innovadores que se encuentran en constante evolución tecnológica. Ante esta situación, países como Estados Unidos, Francia y Japón, popularizan y fomentan el desarrollo de la industria fotovoltaica. El apoyo de los avances tecnológicos y económicos en el mundo, el costo económico de la energía solar fotovoltaica ha ido descendiendo con el surgimiento de los primeros sistemas de acumuladores de energía comerciales. Actualmente los sistemas fotovoltaicos demuestran ser un sistema que puede competir frente a otros tipos de producción de energía no renovable y puede ser utilizado por todo el país y el área geográfica del territorio perteneciente, el efecto fotovoltaico generado no es más que convertir la luz emitida por el sol en energía eléctrica.

En la figura 2 se puede visualizar el uso y funciones que representan la energía solar fotovoltaica.

Figura 2

Energía solar fotovoltaica.



Nota. Energía solar fotovoltaica (Palpa Bueno, 2019).

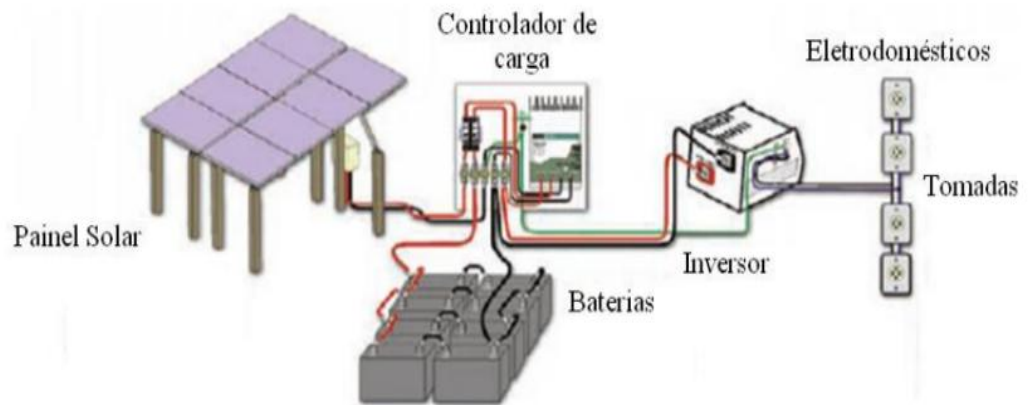
- Sistemas solares aislados

Los sistemas aislados, generalmente, usan alguna forma de acumuladores de energía, este almacenamiento puede realizarse por medio de baterías, para luego darle utilidad. Algunos sistemas aislados no requieren almacenamiento, como es la situación del riego solar donde toda el agua bombeada consume energía directamente, en estos sistemas fotovoltaicos aislados las baterías disponen de un dispositivo llamado controlado de carga, que tiene como funcionalidad no dejar que el acumulador de energía se dañe por exceder en la carga y descarga profunda y descarga de la batería. El controlador de carga se usa en sistemas

pequeños donde los electrodomésticos se aplican baja tensión y corriente continua (DC) Para alimentar equipos de corriente alterna (AC) se es necesario un inversor de corriente (Farias et al., 2010).

Figura 3

Esquema de un Sistema fotovoltaico autónomo.



Nota. En la figura 3 se puede observar el modelo de un sistema fotovoltaico aislado conocido también como autónomo (Farias et al., 2010).

- Tipos de módulos solares

Se encuentran en su mayoría fabrican los tipos con silicio y pueden consistir en cristales de silicio de tecnología monocristalino, policristalino o amorfo.

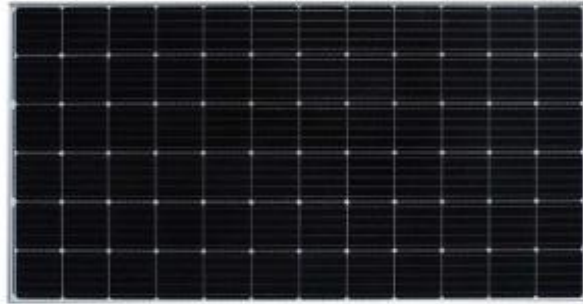
- Módulo solar monocristalino

La celda de silicio monocristalino es la más utilizada y comercializada en los módulos fotovoltaicos. Para su fabricación se usa el proceso conocido como Czochralski, donde la sustancia se desoxida, refina y solidifica en enormes hornos después de fundir el silicio y una pequeña cantidad de dopante. Con este procedimiento se alcanzan niveles de pureza de entre el 98 y el 99%, destacando su eficiencia energética y resultando económico.

El silicio para dar función como célula fotovoltaica también requiere la integración de dispositivos semiconductores. Con el silicio como material base, las células fotovoltaicas monocristalinas ofrecen la máxima eficiencia, alcanzando una eficiencia de 15% a 18 % fabricadas en laboratorio (Farias et al. 2010). En la figura 4 se muestra un módulo solar tipo monocristalino.

Figura 4

Módulo fotovoltaico fabricado con celdas solares tipo monocristalino



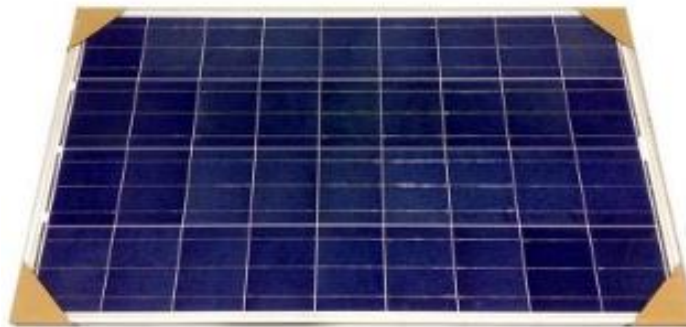
Nota. Módulo fotovoltaico fabricado con celdas solares tipo monocristalino (Tecsol Energy, 2022).

- Módulo solar Policristalino

Construidas por celdas de silicio policristalino son de costo económico accesible en comparación al silicio monocristalino, ya que su proceso de fabricación es menos exigente. Pero la eficacia es menos eficiente teniendo un máximo de 12,5% a escala industrial, la figura 5 muestra un módulo fotovoltaico, con celdas de silicio policristalino (Farias et al., 2010).

Figura 5

Módulo fotovoltaico fabricado con celdas tipo poli cristalino.



Nota. Módulo fotovoltaico fabricado con celdas tipo poli cristalino (Farias et al., 2010).

- Componentes de un sistema fotovoltaico autónomo

Un sistema de fotovoltaico autónomo está integrado por múltiples componentes, cada componente cumple un rol específico dentro del sistema, este está compuesto por Módulos solares, acumuladores de energía, inversores y reguladores de carga.

- Estructura de Soporte

la función que cumple la estructura de soporte en un sistema fotovoltaico es que, de no disponer una superficie adecuada y bien orientada, se instale los módulos fotovoltaicos sobre la estructura como se observa en la Figura 6, previniendo cualquier tipo de sombra u otra dificultad que pueda encontrarse en la instalación del sistema (Tecsol Energy, 2022).

Figura 6

Estructura Mono poste Regulable 2x2 para paneles solares.



Nota. (Tecsol Energy, 2022).

- Módulo Fotovoltaico

En la figura 7 se muestra el componente primordial de la generación fotovoltaica, construido con un marco de aluminio o acero, vidrio templado con una capa anti reflexión, láminas de etileno vinil y acetato, celdas solares, lamina posterior de fluoruro de polivinilo y una caja de conexiones con diodos que se encargan de la protección del módulo (Rodríguez Montaña, 2017).

Figura 7

Módulo solar fotovoltaico.



Nota. (Rodríguez Montaña, 2017).

- Baterías o Acumuladores de Energía

Estos dispositivos tienen la función de almacenar la energía captada por el módulo fotovoltaico en forma de electroquímica, de acuerdo a su construcción puede ser clasificado en acumuladores de energía primarios y secundarios, los primarios solo se pueden usar una sola vez, al concluir su descarga, queda inservible, mientras que los acumuladores secundarios son aquellas que pueden ser recargadas y son usadas en los sistemas fotovoltaicos autónomos, la más adecuada son las baterías de ciclo profundo debido a su rentabilidad y confiabilidad como se ve en la figura 8, estas baterías de ciclo profundo tienen vida útil hasta de 4 a 6 años de acuerdo a su carga y descarga (Rodríguez Montaña, 2017).

Figura 8

Baterías de ciclo profundo para sistemas fotovoltaicos autónomos.



Nota. (Tecsol Energy, 2022).

- Inversores DC/AC

Un inversor DC/AC, es un dispositivo electrónico que tiene como funcionalidad de convertir una señal continua en una señal alterna del tipo sinusoidal modificado u onda cuadrada adaptable en sistemas autónomos, o del tipo sinusoidal puro utilizado en sistemas conectados a la red. (Rodríguez Montaña, 2017).

Figura 9

Convertidor de corriente 12V 700 w Schneider Xantrex.



Nota. (Tecsol Energy, 2022).

- Reguladores de Carga

El regulador de carga, es un dispositivo electrónico usado en los sistemas fotovoltaicos aislados de la red eléctrica, cuya función es controlar y resguardar el estado de utilidad de la batería a través de supervisión constante del voltaje en los bornes. Cuando se detecta un descarga o sobrecarga excesiva por encima de lo establecido por el fabricante esta envía una señal al controlador para su desconexión. Para un mayor rendimiento del sistema fotovoltaico algunos reguladores corrigen el voltaje que interceptan al entregar a la batería; estos se describen en tipos de reguladores: serie, paralelo, PWM y MPPT (Rodríguez Montaña, 2017).

Figura 10

Controlador de carga Modelo Steca 30 A solarix PRS3030.



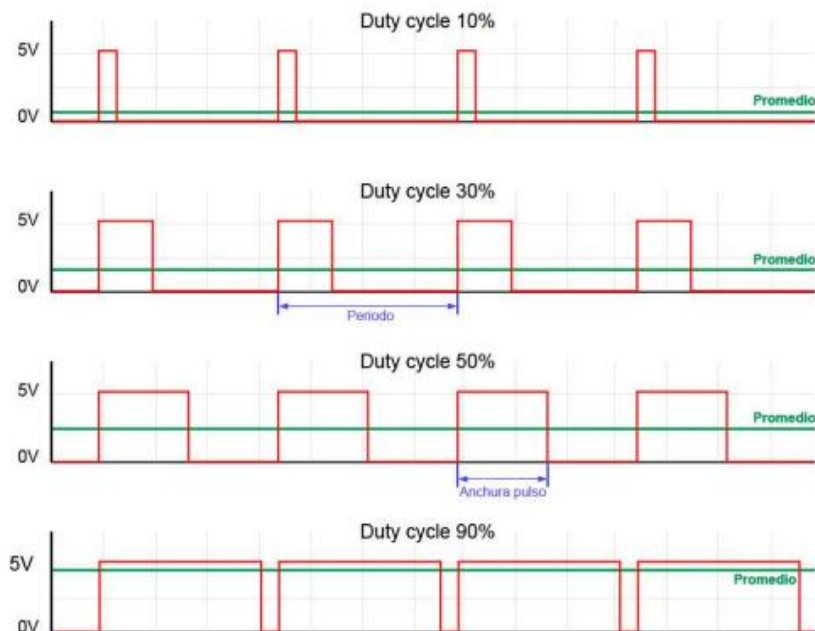
Nota. (Tecsol Energy, 2022).

- Regulador de carga tipo PWM

Este tipo de controlador permite el paso de corriente del módulo fotovoltaico hacia el acumulador de energía, usando la técnica de modulación por ancho de pulso, donde la transmisión de la corriente decrece a medida que se recargan, mientras que el voltaje varía de acuerdo al proceso de recarga de la batería, estos cambios se describen en porcentajes, es decir si el ciclo de trabajo de la señal PWM está al 50% , está transfiriendo solo la mitad del voltaje que está generando el módulo solar, si está en 25% se estaría entregando $\frac{1}{4}$ de la potencia suministrada al acumulador de energía, este regulador limita a que el valor nominal de tensión de la batería sea igual o cercano al del módulo fotovoltaico (Trejos Betancur, 2016).

Figura 11

Grafica que representa una señal tipo PWM.



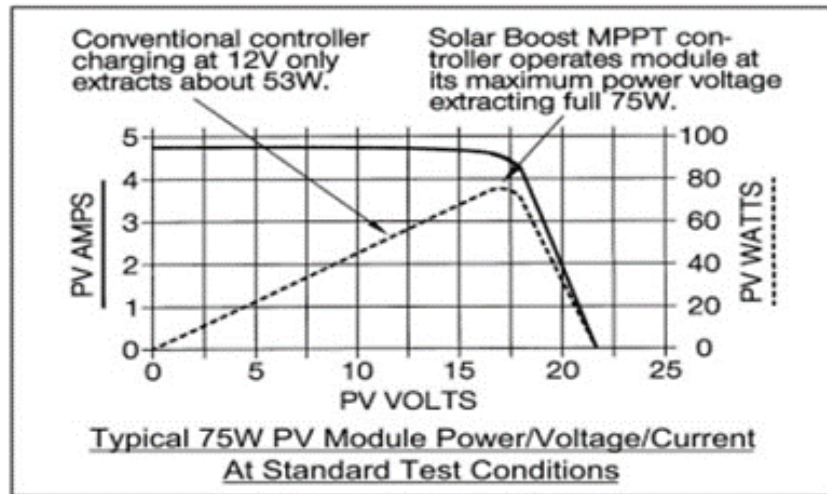
Nota. (Trejos Betancur, 2016).

- Regulador de carga tipo MPPT

Según (Trejos Betancur 2016) este tipo de regulador tiene integrado un circuito electrónico de manejo de potencia, donde la potencia de salida ira variando de acuerdo a la necesidad del estado de la batería, esta variación se da mediante un transistor que se activa y desactiva a altas frecuencias, diferenciando así la carga y descarga del condensador y de la bobina, haciendo que el voltaje y la corriente se adecuen en función a la velocidad de interrupción del transistor.

Figura 12

Diagrama del comportamiento de un controlador MPPT.



Nota. (Trejos Betancur, 2016).

- Criterios para el diseño de un sistema fotovoltaico

En los países ubicados debajo de la línea ecuatorial, la orientación del módulo fotovoltaico deberá ser con dirección al norte, teniendo una inclinación de aproximadamente 10°. Posteriormente aquellos países que se sitúan sobre la línea ecuatorial la orientación de los paneles deberán ser hacia el sur. La irradiancia, es el primordial parámetro para la generación fotovoltaica, determinada por la orientación y la inclinación del módulo solar; utilizando valores medios de meses y años en unidades de kWh/m² día, los cuales se puede obtener mediante instituciones meteorológicas (Palpa Bueno, 2019).

- Pérdidas de potencia por polvo y suciedad de un Módulo fotovoltaico

Este fenómeno origina la disminución de la potencia de un módulo fotovoltaico por la deposición de polvo y suciedad que se acoge en la superficie de un generador fotovoltaico, por un lado la presencia de suciedad uniforme provoca una pérdida de corriente y tensión que se genera por el módulo fotovoltaico y por otro lado una presencia de suciedad localizada (dado el caso de excrementos de aves) provoca pérdidas conocidas como Mismatch y pérdidas por formación de puntos calientes (Fernández Ferichola, 2009).

El polvo con características aislantes provoca el aumento de temperatura en un módulo fotovoltaico en gran medida, lo cual provoca el aumento de las pérdidas de potencia de un generador fotovoltaico, el porcentaje de las pérdidas por polvo aislante, debido al aumento

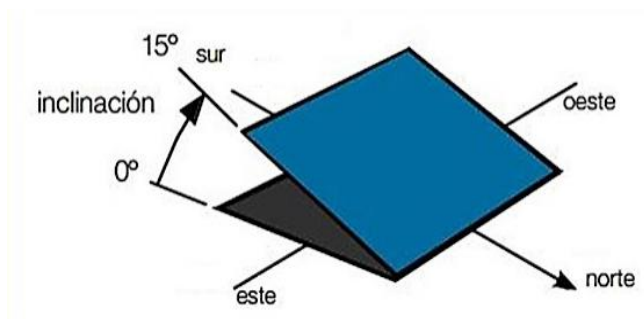
de temperatura, se aproxima al 40 % en paneles solares tipo mono faciales y 80% en tipo de paneles bifaciales (Garrido Jiménez, 2020).

- Orientación de un módulo solar

La orientación es muy importante y fundamental en un sistema fotovoltaico, esto debido al movimiento constante de la tierra y los diferentes tipos de radiación solar, la energía producida por el panel solar puede ser afectada por esto, de igual forma, puede producir electricidad hasta en un cielo no visible provocado por la luz difusa que emite el sol mediante las neblinas, consecuentemente las características de operación contienen, siguientes parámetros: incidencia de luz solar y un módulo fotovoltaico situado en el ángulo adecuado puede mayor cantidad lumínica de la fuente solar, en el hemisferio norte, se recomienda posicionar el módulo con dirección hacia el sur y en el hemisferio sur, la recomendación es posicionar el módulo con dirección al norte. Como se muestra en la figura 14, la inclinación angular puede variar dependiente de las coordenadas geográficas del sitio (Matiz mora & Macareno Carrillo, 2019).

Figura 13

Orientación recomendada en el hemisferio sur de un módulo solar.



Nota. Orientación recomendada en el hemisferio sur de un módulo solar (Matiz mora & Macareno Carrillo, 2019).

- Normativa técnica aplicable a instalaciones solares fotovoltaicas

En el dentro de las normas aplicables a un sistema solar encontramos en dos grupos uno que se encarga del sistema solar en sí y otra los sistemas complementarios de monitorización, ayuda mantenimiento, dentro de las normativas para sistemas fotovoltaicos encontramos las normas AENOR e IEC que son las más resaltantes y resumen los temas de protección, fiabilidad y seguridad de la instalación, también encontramos la IDEA (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), que conceptualiza los criterios técnicos que deben

considerarse para la elaboración de una instalación fotovoltaica autónoma y conectado a la red (Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación 2002).

En el Perú, Las normas técnicas peruanas (NTP) son documentos que constituyen especificaciones de calidad de procesos, producto o servicios, que se basan en estándares internacionales. Existen entre ellas para terminología, muestreo, métodos de ensayo, envase y rotulado, entre otros, la aplicación de estas normas es voluntario (INACAL, 2022).

- Impacto del ambiente en el performance de sistemas fotovoltaicos autónomos

El rendimiento de los sistemas fotovoltaicos autónomos, suelen ser afectados por varios factores externos, tales como agotamiento de vida útil del módulo, radiación solar, temperatura, sombras, viento, impurezas sobre el módulo, todos estos factores afectan en el rendimiento de la salida solar fotovoltaica (Rodríguez Montaña, 2017).

- ¿Qué es un manual?

La palabra manual proviene del latín manuālis, lo cual significa ‘que se puede tomar con la mano’, también se menciona que es un folleto donde encontramos aspectos básicos, e importantes de un tema específico. Los manuales nos ayudan a entender el funcionamiento de algo, y acceder de forma puntual y estructurada, al entendimiento de un tema o materia (Higueta Hoyos et al., 2017).

Existen diversos tipos de manuales, entre ellos los manuales técnicos, que son aquellos que permiten entender la forma en cómo funcionan diferentes aparatos y dispositivos electrónicos. Según (Chamalé Contreras, 2011) un manual es un documento que describe las actividades que se deben de realizar para el proceso de funcionamiento de una unidad administrativa, de dos o más de ellas, además contienen información y ejemplos y ejemplos de formularios, documentos necesarios y autorizaciones, máquinas o equipos de oficina a utilizar y cualquier dato que pueda interpretar al correcto desarrollo de las actividades dentro de una empresa o institución.

- Siglas STC y NOCT
 - Cuando se describen los módulos solares fotovoltaicos, las siglas STC (del inglés Standard Test Conditions) identifican el conjunto de condiciones de ensayo utilizadas para definir sus parámetros de referencia. En la literatura en castellano también se emplea la denominación CEM (Condiciones Estándar de Medida) para referirse al mismo concepto. Bajo estas condiciones se establecen tres variables principales del módulo, que son las siguientes:

- **Irradiancia:** corresponde a la densidad de potencia de la radiación solar incidente sobre la superficie del módulo y, en las condiciones de ensayo estándar, se fija en un valor de 1000 W/m².
- **Temperatura:** en las STC se considera la temperatura de la celda fotovoltaica y no la del ambiente; la prueba se adopta una temperatura de 25 °C, equivalente a 77 °F.
- **Masa de aire (AM):** representa la longitud relativa de la trayectoria que recorre la radiación a través de la atmósfera; este valor depende de la ubicación geográfica, la fecha y la hora, y en las condiciones estándar se emplea una masa de aire de 1,5.

Figura 14

Condiciones STC de ensayo de un módulo solar.



Nota. Condiciones STC de ensayo de un módulo solar (Tudor cotfas et al., 2018).

Estas condiciones, sirven para poder establecer una comparación de los parámetros eléctricos en condiciones similares, sin embargo, estas condiciones no son habituales, ya que esta cantidad de irradiancia de 1000 w/m² se obtiene en algunos días del año, en desconocidas ubicaciones y a horas de máxima radiación, no obstante, no podrá coincidir con una temperatura de la célula a 25°C como este indica (Tudor cotfas et al., 2018).

A diferencia de las STC, el NOCT define el comportamiento eléctrico del módulo bajo condiciones de operación nominal de la celda. En este caso se considera la temperatura que alcanza la celda cuando el panel trabaja con una irradiancia de 800 W/m², una masa de aire de 1,5, una temperatura ambiental de 20 °C y una velocidad del viento de 1 m/s.

En relación con las STC (o CEM), las condiciones NOCT representan un escenario más cercano al funcionamiento real del generador fotovoltaico. Este parámetro permite estimar la temperatura que alcanzarán las células en distintas situaciones de operación, utilizando la siguiente expresión:

$$T_c = T_{amb} + \frac{(TONC - 20^\circ C)}{800 \frac{W}{m^2}} * G \quad (1)$$

Donde:

T_c = temperatura de la célula fotovoltaica.

T_{amb} = temperatura del ambiente.

TONC = temperatura de operación nominal de la celda TONC (dato en la ficha técnica)

G = Irradiancia (W/m^2)

Figura 15

Datos para la temperatura nominal de un módulo fotovoltaico.



Nota. Datos para la temperatura nominal de un módulo fotovoltaico (Tudor cotfas et al., 2018).

2.3. Normatividad

2.3.1. Reglamento técnico “especificaciones técnicas y ensayos de los componentes de sistemas fotovoltaicos hasta 500 Wp”.

Esta norma establece los métodos para especificar los sistemas fotovoltaicos domésticos, a veces denominados sistemas fotovoltaicos autónomos. Este reglamento establece las especificaciones técnicas de cada componente como también ensayos en laboratorio y controles de calidad, de sistemas fotovoltaicos con potencia no mayores a 500 Wp.

2.3.2. Norma IEC 61215

Cualquier panel solar que quiera entrar en el mercado debe cumplir este requisito básico. Los paneles solares se someten a pruebas mecánicas, eléctricas y meteorológicas. (UNE, 2020).

2.3.3. Norma IEC 62109-1:2010

Seguridad de los convertidores de potencia para uso en sistemas de energía fotovoltaica - Parte 1: Requisitos generales.

IEC 62109-1:2010 se refiere a los sistemas fotovoltaicos que utilizan equipos de conversión de potencia (PCE) y requieren un grado técnico de seguridad coherente. Esboza las especificaciones mínimas necesarias para desarrollar y producir PCE que protejan frente a riesgos mecánicos, energéticos, de incendio, de descarga eléctrica, etc. Esboza especificaciones generales que son relevantes para todo tipo de PCE solares (UNE, 2020).

2.3.4. El esquema CB

Entre otras cosas, facilita el reconocimiento de las pruebas realizadas por diversas organizaciones de prestigio para obtener sus marcas de conformidad. Se trata de un sistema internacional desarrollado en el seno de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) para la evaluación de la conformidad de productos y componentes eléctricos y electrónicos (AENOR, 2020).

Este acuerdo multinacional CB Scheme, que incluye naciones de los cinco continentes, cuenta con AENOR como signatario. Actualmente hay 54 naciones.

Es un certificado emitido por un organismo Nacional de Certificación (Nacional Certificación Body, NCB) miembro del esquema, después de hacer ensayos del producto.

Para diversos equipos domésticos, AENOR ya puede emitir Certificados CB de eficiencia energética, compatibilidad electromagnética y seguridad eléctrica. Norma UNE-EN 12210.

Esta norma certifica el servicio de resiliencia climática, para soportar: cargas de viento (2400 Pa) y cargas de nieve (5400 Pa).

2.3.5. Certificación TUV

Este estándar certifica la durabilidad contra condiciones extremas. Condiciones ambientales de resistencia a la niebla salina y al amoníaco certificada por TUV.

2.3.6. Certificado UL

IEC 61730 establece requisitos internacionales de seguridad y desempeño para los módulos fotovoltaicos (PV). Underwriter Laboratories (UL) está a la vanguardia en el establecimiento y prueba de estándares para paneles solares. El organismo autorizado verifica continuamente los productos para garantizar que cumplan con el más alto nivel de

seguridad. IEC 61730 que es relevante para los fabricantes de módulos fotovoltaicos, evaluadores, desarrolladores y propietarios de sistemas fotovoltaicos.

2.3.7. El mercado CE

La marca CE, que significa “Conformité Européenne”, indica que el producto ha sido creado de conformidad con las normas y reglamentos de la Unión Europea. Es un sello que, en pocas palabras, certifica que un producto -en este caso, paneles solares- cumple la normativa de la UE.

2.3.8. UNE-EN IEC 63000:2018 (Ratificada)

Documentación técnica (aprobada por la asociación española de normalización en el mes abril de 2019) para la apreciación de productos eléctricos como también electrónicos en relación con la limitación de componentes peligrosos).

2.3.9. UNE-EN 55014-1:2017/A11:2021

Esta norma UNE EN 55014-1:2017/A11:2021 Compatibilidad electromagnética - Requisitos para electrodomésticos, herramientas eléctricas y aparatos similares - Parte 1: Emisiones se clasifica en estas categorías del ICS:

2.3.10. RESOLUCIÓN DE CONSEJO DE COMISIÓN ORGANIZADORA N°083-2024-CCO-UNAJ

Mediante Oficio N°0064-2024/VAC-CO-UNAJ, el Vice presidente Académico, tomando en consideración los informes técnicos obrantes en el expediente, presenta la propuesta de reglamento de tipificación de materiales de enseñanza al pleno del Consejo de Comisión Organizadora;

Que, el Pleno del Consejo de Comisión Organizadora de la UNAJ, mediante Acuerdo N°137-2024-SO-CCO-UNAJ, acordó POR UNANIMIDAD; APROBAR el "REGLAMENTO DE TIPIFICACIÓN DE MATERIALES DE ENSEÑANZA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA".

CAPITULO III

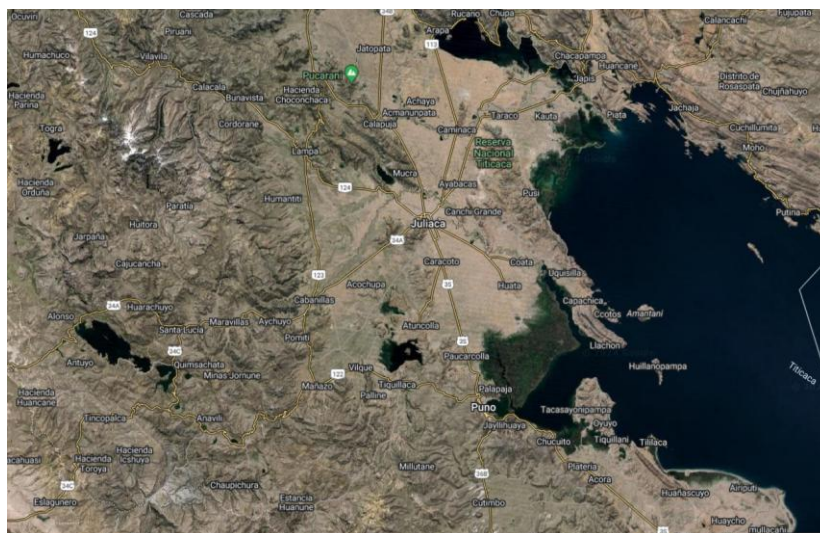
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.Lugar de estudio

El proyecto de investigación es realizado en la terraza del campus universitario de la Universidad Nacional de Juliaca, en las instalaciones del Instituto de Investigación de Energías Renovables y Eficiencia Energética, que se encuentra en el centro poblado de Ayabacas, Provincia de San Román, departamento de Puno, se ubica a una altura de 3833 msnm.

Figura 16

Ubicación del sitio de estudio.



Nota. Ubicación del sitio de estudio (Google Maps).

Figura 17

Lugar de estudio del proyecto de investigación.



Nota. Lugar de estudio del proyecto de investigación (Google Earth).

3.2.Población

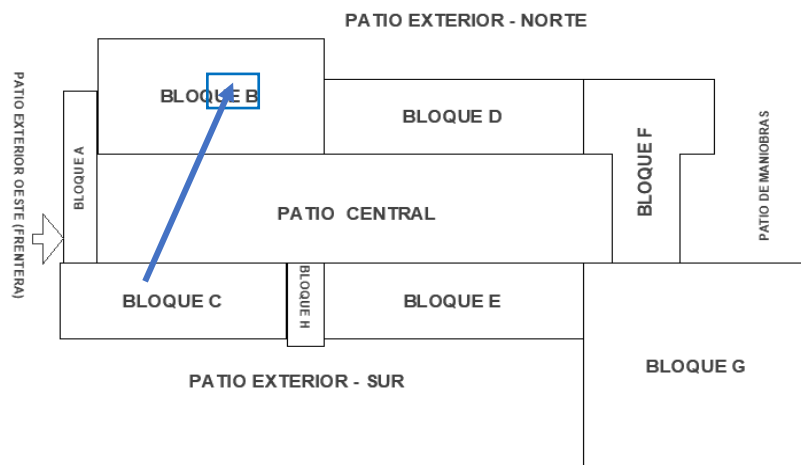
La población está compuesta por los sistemas fotovoltaicos autónomos (SFVA), instalados en el Instituto de Energías Renovables y Eficiencia Energética de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables (EPIER) y los estudiantes del laboratorio de energía solar fotovoltaica de la Universidad Nacional de Juliaca (UNAJ).

3.3.Muestra

La muestra es el sistema fotovoltaico autónomo (SFVA), instalado en la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables, este sistema fotovoltaico, cuenta con 4 módulos fotovoltaicos, de tipo mono cristalino y policristalino, donde dos tecnologías están expuestas al polvo y dos están en constante limpieza, estas conectadas a controladores tipo PWM y MPPT, lo cual nos permite realizar esta investigación.

Figura 18

Ubicación del sistema fotovoltaico.



Nota. Ubicación del sistema fotovoltaico (elaboración propia).

La muestra también está conformada por un grupo de 12 estudiantes seleccionados intencionalmente para participar en la actividad de la evaluación del manual de enseñanza y las 7 guías de práctica.

Figura 19

Estudiantes participes para la evaluación del manual.



Nota. Estudiantes participes para la evaluación del manual de enseñanza y guías de práctica para el laboratorio de energía solar fotovoltaica.

3.4. Módulo experimental

El módulo experimental fue instalado, programado y puesto en marcha por la Dra. Vilma Sarmiento, las diferentes tecnologías de módulos fotovoltaicos, junto a su sistema de protección y soporte, fueron financiados por la Dra. Vilma Sarmiento Mamani. La construcción e implementación del tablero de control, el cual contiene todo un sistema de monitoreo y recolección de datos para controladores de carga tipo MPPT y PWM, se realizó de manera propia, junto al ingeniero Junior Torres Yucra, Co-asesor del presente proyecto de investigación, la financiación de los equipos fue gracias a la Universidad Nacional de Juliaca.

3.4.1. Estructura de soporte

Los módulos solares se encuentran instalados en una base de metal de 1.34m de ancho x 2.18m de largo, esta base metálica está sujeta a un poste metálico circular de altura 1.51m de altura, el cual se encuentra anclado a la superficie de manera correcta, este mono poste se encuentra protegido con una pintura especial para la corrosión provocada por las lluvias. También consta de una varilla galvanizada con la cual se puede corregir el ángulo de inclinación.

3.4.2. Tecnología de Módulos Fotovoltaicos

Este montaje del sistema fotovoltaico aislado para la realización de pruebas tiene 4 módulos fotovoltaicos, 2 de tecnologías siendo silicio monocristalino de 100 Wp y 2 de tecnologías de silicio policristalino de 100 Wp. Cada módulo fotovoltaico está conectado de forma independiente uno del otro.

a) Módulo fotovoltaico silicio monocristalino.

Es un módulo fotovoltaico de silicio monocristalino, que puede generar hasta 100 Wp de electricidad bajo condiciones estándar de prueba, cumpliendo con la certificación adecuada para su prueba en ensayos, que se identifican y caracterizan posteriormente.

b) Módulo fotovoltaico silicio policristalino.

Es un módulo fotovoltaico diseñado para generar hasta 100 Wp de electricidad en condiciones estándar de prueba. Emplean múltiples cristales de silicio que disminuye la eficiencia y rendimiento en zonas de baja luminosidad.

3.4.3. Controlador de tecnología MPPT

El controlador de tecnología MPPT (Maximum Power Point Tracking) es un componente fundamental del sistema fotovoltaico autónomo, ya que este maximiza el rendimiento de los módulos solares al rastrear continuamente el punto pico de potencia eléctrica para ajustar la corriente y la tensión de carga de las baterías y obtener la máxima producción de energía posible. Cumple con las siguientes funciones:

a) Seguimiento del Punto de Máxima Potencia (MPPT).

El controlador MPPT está diseñado para optimizar la eficiencia de los paneles solares, asegurando que estén operando en su punto de máxima potencia en todo momento, incluso en condiciones de sombra parcial o cambios en la intensidad solar.

b) Configuración y Monitoreo.

Los controladores MPPT generalmente vienen con una interfaz de usuario que permite configurar parámetros específicos, como la tensión de carga y descarga, así como monitorear el rendimiento del sistema en tiempo real.

3.4.4. Controlador PWM

Un controlador PWM (Pulse Width Modulation) es un equipo electrónico utilizado en sistemas fotovoltaicos aislados de la red eléctrica con la finalidad de regular la carga de baterías y la generación de energía a partir de paneles solares. Cumpliendo con las siguientes funciones:

a) Modulación por Ancho de Pulso (PWM).

El controlador tipo PWM es una técnica de control que alterna la anchura de los pulsos en una señal eléctrica para controlar la potencia entregada a un dispositivo o para regular la carga de las baterías y mantenerlas en condiciones óptimas.

b) Regulación de tensión y corriente.

El controlador PWM para sistemas fotovoltaicos aislados regula la tensión y corriente de carga de las baterías. Su objetivo principal es evitar la sobrecarga y la descarga profunda de las baterías para evitar daños y reducción de su vida útil. También, ajusta la potencia generada por los paneles solares que coincide con la demanda de carga de las acumuladoras de energía.

c) Protección de Baterías.

Los controladores PWM también ofrecen protección contra la sobrecarga y la descarga excesiva de los acumuladores de energía. Con el propósito de extender la vida útil de las baterías y mantener un rendimiento óptimo.

3.4.5. Baterías

El sistema de almacenamiento de energía conectadas al sistema fotovoltaico autónomo son 4 en total, los cuales son baterías de 12 AH, con una vida útil estacionaria de cinco años o más de 260 ciclos con una descarga del 100%.

3.4.6. Sistema de cargas

Las cargas usadas en el sistema fueron elaboradas propiamente por el tesista con características para aprovechar el punto máximo de potencia de los módulos solares con una potencia de 80watts.

3.4.7. Sistema de monitorización, adquisición, y almacenamiento de datos

El sistema que se encarga de monitorizar, recolectar, almacenar datos se divide en dos partes.

Los distintos datos generados por los componentes electrónicos del sistema fotovoltaico como de tensión, corriente, entre otros parámetros se almacenan en un dispositivo electrónico denominado Cerbo GX, este componente es el cerebro que se encarga de monitorizar, recolectar y almacenar estos datos.

En el caso de datos de temperatura en los módulos solares se dispone de sensores de temperatura RTDPT100 de 3 hilos, junto a ello datos de generación de tensión y corriente del controlador tipo PWM, se encuentran monitorizados por un PLC (Controlador lógico programable), las fichas técnicas como demás características de estos equipos se sitúan en el apartado de los anexos.

3.4.8. Sistema de protección

Cada dispositivo electrónico, tiene su sistema de protección y fusibles certificados, los cuales se encuentran señalados en sus respectivas fichas técnicas que se sitúan en la parte de anexos, en el caso de la configuración del PLC este tiene su respectivo sistema de protección el cual, va constituido de un disyuntor diferencial bipolar SDR 2x40 A, un interruptor termomagnético SDZ 2x10 y SDZ 1x2 A, en el caso de la protección de módulos fotovoltaicos se utiliza los fusibles RT28N con su porta fusible.

3.5. Metodología de la Investigación

3.5.1. Tipo de investigación

Tabla 2

Tipo de investigación

Tipo	Definición
Aplicada	La investigación busca aplicar un enfoque práctico al elaborar material didáctico, incluyendo un manual de enseñanza y 7 guías de laboratorio, con el objetivo de implementar estos recursos en el laboratorio de Energía Solar Fotovoltaica de la UNAJ.
Cuantitativo- Cualitativo	Se combinan métodos cuantitativos (pretest/postest y análisis estadístico) y cualitativos (encuesta de percepción y observaciones) para evaluar el manual de enseñanza y las guías de práctica.

Nota. La tabla explica los tipos de investigación.

Elaboración propia (2024).

3.5.2. Método de investigación

Tabla 3

Metodología de investigación

Métodos	Definición
Experimental y descriptivo	Combina un método experimental para medir el impacto del manual de enseñanza y las guías de práctica de laboratorio en el aprendizaje de los estudiantes, y un método descriptivo para identificar y caracterizar los componentes del sistema fotovoltaico autónomo y recoger percepciones cualitativas.

Nota. La tabla explica sobre las metodologías de investigación.

Elaboración propia (2024).

3.6. Técnicas, instrumentos de recolección de datos

Tabla 4

Técnicas, instrumentos de recolección de datos

Técnica	Propósito
Análisis documental	Identificar y caracterizar los componentes del sistema fotovoltaico autónomo (paneles solares, controladores, etc.).
Observación directa	Registrar el desempeño de los participantes durante las actividades prácticas y el uso del material didáctico.
Prueba diagnóstica	Medir el nivel de conocimiento inicial y el aprendizaje adquirido tras el uso del manual y las guías prácticas.
Encuesta	Evaluar la percepción de los estudiantes sobre la claridad, utilidad y relevancia del manual y las guías prácticas.

Nota. La tabla explica los instrumentos de recolección de datos para la investigación.

Elaboración propia (2024).

3.6.1. Instrumentos

- Observación directa

Los instrumentos que se dispusieron primeramente son de carácter virtual, así como una asesoría técnica especializada, la caracterización se dispuso de la recolección y almacenamiento de datos se utilizó el equipo electrónico Cerbo GX, multímetros, datos de irradiancia solar, obtenidos directamente de la Universidad Nacional de Juliaca.

- Análisis documental

Se realizó una revisión de fichas técnicas y normas nacionales e internacionales para caracterizar los componentes del sistema fotovoltaico autónomo. La información recolectada se organizó en tablas con las especificaciones técnicas de los equipos.

- Encuesta

Se utilizó un cuestionario estructurado con escala de Likert para estimar la captación de los estudiantes sobre la utilidad, claridad e importancia del manual de enseñanza y guías de prácticas, este instrumento cuenta con 10 afirmaciones calificadas en una escala del 1 al 8.

- Prueba diagnóstica

Se aplicaron un pretest y un postest con preguntas relacionadas con los conceptos y procedimientos abordados tanto en el manual de enseñanza y las guías de prácticas, con el propósito de medir el impacto del material didáctico en el aprendizaje de los estudiantes.

- Técnica estadística

Se aplicó la prueba t de Student para analizar si el manual de enseñanza como las guías de laboratorio de práctica, cumplen su función educativa, midiendo el cambio en conocimientos.

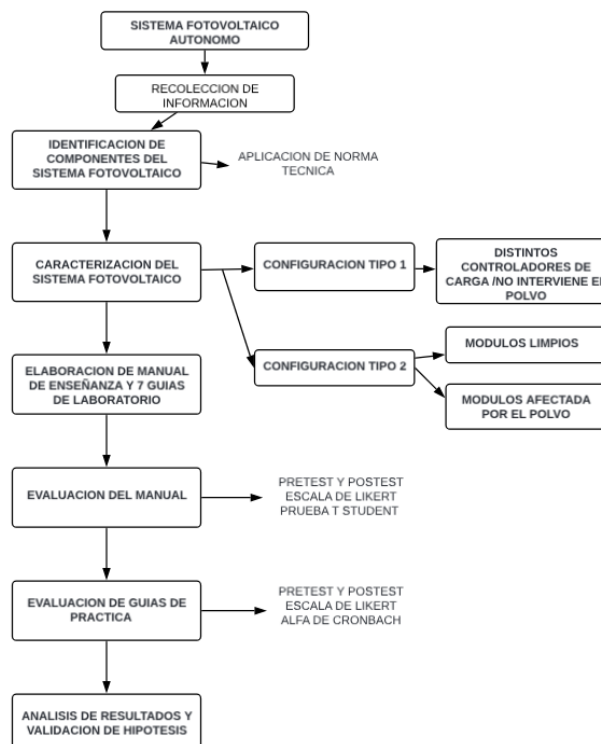
El alfa de Cronbach, esta prueba estadística se aplicó para validar la calidad y confiabilidad de la encuesta realizada en el manual de enseñanza y las guías de práctica de laboratorio, determinando que las preguntas diseñadas en la encuesta estén concisas.

3.6.2. Técnicas de procesamiento

Para la recolección de datos y su proceso de ejecución, se siguió los siguientes pasos que se expresan en el siguiente diagrama de flujo.

Figura 20

Diagrama de flujo



3.6.3. Requerimiento computacional de Software y Hardware.

La monitorización Cerbo GX, incorpora conectividad a internet mediante wifi o ethernet, donde toda la información y configuración del sistema fotovoltaico se tendrá disponible en el portal VRM, el cual es un interfaz muy didáctico para el investigador.

3.7. Método

El procesamiento de recolección de información se da un enfoque cualitativo y en la caracterización un enfoque cuantitativo de manera rigurosa para el aseguramiento de la veracidad de la información.

3.7.1. Identificación de componentes que conforman el sistema fotovoltaico autónomo de la EPIER UNAJ

La identificación de cada componente integrado al sistema fotovoltaico autónomo se hará de acuerdo a la NTP. 399.406 2006 y la Norma técnica de edificación EM080 Instalaciones con Energía Solar,

Los pasos para la realización del objetivo fue lo siguiente:

- a) Identificación de la instalación del sistema fotovoltaico de acuerdo a la norma técnica de edificación EM080 Instalaciones con Energía Solar.
- b) Identificación de cada componente del sistema fotovoltaico autónomo de acuerdo a la NTP 366.406 2006.
 - Especificaciones técnicas requeridas para módulos fotovoltaicos.
 - Especificaciones técnicas requeridas para la batería.
 - Especificaciones técnicas requeridas para los controladores de carga.
 - Especificaciones técnicas requeridas para las lámparas.

Se llevan a cabo la identificación de cada componente de manera minuciosa como menciona la norma técnica, todo esto para tener en cuenta el grado de confiabilidad que se tiene de esta instalación para posteriores investigaciones y mejorar el conocimiento de estudiantes y proyectistas interesados en el área de investigación.

3.7.2. Caracterización de componentes que integran el sistema fotovoltaico

Autónomo de la EPIER UNAJ

La caracterización de cada componente electrónico y eléctrico que integran el sistema fotovoltaico, con controladores de tipo MPPT y PWM, con polvo y sin polvo se realiza con apoyo de la NTP R.D. N° 003-2007-EM/DGE.

Se siguieron los siguientes pasos:

- Caracterización del diagrama unifilar del sistema fotovoltaico, diagrama de conexión, bajo el código eléctrico Nacional.
- Caracterizaciones físicas, eléctricas.
- Procedimientos de ensayo del sistema fotovoltaico autónomo, con controladores de carga tipo PWM y MPPT, en condiciones de polvo y sin polvo.
- Procedimientos de evaluación del módulo fotovoltaico.
- Procedimientos de evaluación del Controlador de carga.
- Procedimientos de evaluación de la batería.
- Procedimientos de evaluación de la luminaria en corriente continua.
- Procedimiento de evaluación del sistema fotovoltaico con tipo de controlador tipo PWM y MPPT, en dos configuraciones de conexiones para las dos tecnologías de módulo solar.
- Procedimiento de evaluación del sistema fotovoltaico con un solo tipo de controlador PWM, en dos módulos solares de misma tecnología, una expuesta al polvo y la otra en estado limpio.
- Procedimiento de evaluación del sistema fotovoltaico con un solo tipo de controlador MPPT, en dos módulos solares de misma tecnología, una expuesta al polvo y la otra en estado limpio.

Para la caracterización de cada componente del sistema fotovoltaico autónomo, se opta por datos registrados durante periodo de un mes como prueba, para validar su credibilidad, estos datos serán recolectados del sistema de control cerbo GX.

3.7.3. Elaboración del manual de enseñanza y 7 guías de práctica de laboratorio

Para la elaboración del manual de enseñanza se optó por la estructura que propone la Universidad Nacional de Juliaca el cual se observa en la tabla 4, mediante su resolución de consejo de comisión organizadora N°083-2024-CCO-UNAJ, en su artículo primero “Reglamento de tipificación de materiales de enseñanza de la Universidad Nacional de Juliaca”.

Tabla 5

Estructura básica de una guía de practica

CARACTERÍSTICAS DE UN MANUAL DE ENSEÑANZA	
Objetivos de aprendizaje	Especificación clara de los objetivos educativos que se pretenden lograr.
Contenido del curso	Descripción detallada del contenido que se debe cubrir durante la enseñanza
Metodología	Estrategias y enfoques pedagógicos recomendados para la transmisión de la información.
Secuencia de Lecciones	Organización secuencial de las lecciones o actividades.
Recursos Necesarios	Lista de materiales, libros de texto, tecnologías u otros recursos necesarios para la enseñanza.
Evaluación	Directrices sobre la evaluación del aprendizaje, incluyendo métodos de evaluación, criterios y frecuencia.
Sugerencias para la Interacción:	Orientación sobre la participación con los estudiantes, fomento de la actividad y gestión del grupo de estudiantes.

Nota. Elaboración propia (2024).

3.7.4. Evaluación del manual de enseñanza

Para la evaluación del manual de enseñanza se optó por lo siguiente:

- Se determinó el grupo de 12 de estudiantes voluntarios de la EPIER UNAJ.
- La aplicación de una prueba de pretest de 10 preguntas, relacionadas a los sistemas fotovoltaicos autónomos (conceptos básicos, procedimientos, etc.), antes de que los estudiantes dispongan del manual de enseñanza (duración 15 minutos).

- Se entrego el manual de enseñanza a los estudiantes y se les guía en la lectura y comprensión del material presentado, anotando observación resueltas posteriormente (duración 30 minutos).
- Los alumnos fueron conducidos al sistema fotovoltaico autónomo que se encuentran en el instituto de energías renovables y eficiencia energética, para el reconocimiento visual y poder relacionar lo aprendido del manual de enseñanza, esto con el apoyo de un ingeniero especialista.
- Se realizo el Postest de 10 preguntas semejantes al pretest, para medir la mejora en el conocimiento de los estudiantes (15 minutos).
- Se calculo la diferencia promedio entre los puntajes del Pretest y Postest.
- la aplicación de una prueba T de Students para evaluar si la diferencia es estadísticamente significativa.
 - **Se realizó una encuesta de percepción mediante**

Tabla 6

Encuesta en escala de Likert propuesta para la percepción del manual de enseñanza.

Afirmación	1	2	3	4	5	6	7	8
1.El manual explica claramente los conceptos básicos de los sistemas fotovoltaicos autónomos								
2. El manual describe detalladamente las características técnicas de cada componente								
3. El manual incluye esquemas claros y comprensibles sobre la conexión del sistema.								
4. El manual me ayudo a comprender los procedimientos necesarios para la puesta en marcha del sistema.								
5. El manual aborda adecuadamente las medidas de seguridad al trabajar con sistemas fotovoltaicos								
6. La tabla de mantenimiento del manual es clara y útil para el cuidado del sistema.								
7. La información proporcionada en el manual es relevante para entender y operar el sistema.								

-
8. El manual es útil como material de consulta para estudiantes que trabajan en el laboratorio.
 9. El manual es útil como material de consulta para estudiantes que trabajen en el laboratorio.
 10. Recomendaría el uso del manual a futuros estudiantes que deseen aprender sobre sistemas fotovoltaicos autónomos
-

Nota. Elaboración propia (2024).

- Se determino la consistencia interna de la encuesta de LIKERT mediante el cálculo del Alfa de Cronbach.

Formula:

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{\sum \sigma^2_{item}}{\sigma^2_{total}}\right) \quad (2)$$

Donde: n: Numero de ítems en la encuesta.

σ^2_{item} : Varianza de cada ítem.

σ^2_{total} : Varianza del puntaje total.

3.7.5. Elaboración de las guías de práctica de laboratorio de energía solar fotovoltaica.

La elaboración de las 7 guías de laboratorio de practica de energía solar fotovoltaica, se realizó mediante la siguiente estructura.

Tabla 7

Estructura básica de una guía de práctica.

CARACTERÍSTICAS EN UNA GUÍA DE PRACTICA	
1. Introducción:	Breve descripción del contexto y relevancia del
1.1. Objetivos del laboratorio	experimento
1.2. Equipo y Materiales	Enumerar todos los materiales y equipos indispensables para llevar a cabo el ensayo.
2. Procedimiento:	Indicar los pasos previos necesarios antes de comenzar el experimento. Verificar el equipo y
2.1. Preparación	asegurarse de que todo esté en orden.

2.2. Procedimiento detallado	<p>Describir paso a paso cómo llevar a cabo el experimento.</p> <p>Incluir cantidades exactas, medidas y condiciones.</p>
2.3. Registro de Datos	<p>Indicar cómo deben registrarse los datos durante el experimento. Incluir tablas o formatos específicos si es necesario</p> <p>Presentar los datos recopilados de manera concisa y organizada.</p>
3. Resultados	<p>Incluir gráficos, tablas u otros recursos visuales según sea requerido.</p> <p>Interpretar los resultados adquiridos.</p>
4. Análisis de Resultados	<p>Realizar cálculos y comparaciones relevantes.</p> <p>Discutir cualquier variabilidad o error experimental.</p> <p>Resumir los hallazgos clave del experimento.</p>
5. Conclusiones	<p>Relacionar los resultados con los objetivos iniciales del laboratorio.</p> <p>Hacer observaciones sobre posibles mejoras en el procedimiento.</p>
6. Referencias:	<p>Incluir todas las fuentes, manuales o literatura consultada para la preparación del laboratorio.</p>
7. Notas Adicionales:	<p>Espacio para observaciones adicionales, comentarios o ajustes al procedimiento.</p>

Nota. Elaboración propia (2024).

3.7.6. Evaluación de las guías de práctica de laboratorio

Para la valoración de las guías al ser experimental se desarrolló de la siguiente manera.

- Diseño de 6 preguntas relacionadas al tema y objetivo de cada guía de practica de laboratorio.
- Aplicar el pretest antes de cada practica de laboratorio a realizar (15 minutos)
- Realizar el objetivo propuesto de la practica en el laboratorio de energía solar fotovoltaica (duración 1 hora o más).

- Aplicar el postest usando las mismas preguntas del pretest, permitiendo una comparación directa de los puntajes obtenidos antes y después de realizar la práctica (duración 10 minutos).

3.8. Hipótesis de la Investigación

3.8.1. Hipótesis general

La implementación de material didáctico de consulta, compuesto por recursos teóricos y prácticos, para el sistema fotovoltaico autónomo con módulos solares monocristalinos y policristalinos, con controladores de carga tipo PWM y MPPT, mejorará el desarrollo de competencias técnicas y el aprendizaje integral de los participantes en el laboratorio de energía solar fotovoltaica de la EPIER UNAJ.

3.8.2. Hipótesis Específicas

- La identificación de los componentes y equipos del sistema fotovoltaico autónomo, con módulos solares, proporcionara una base de conocimiento solida acerca del funcionamiento operativo de cada componente del sistema fotovoltaico autónomo, del laboratorio de energía solar fotovoltaica de la EPIER UNAJ.
- La caracterización del sistema fotovoltaico autónomo compuesto por módulos solares monocristalinos y policristalinos en condiciones de polvo y sin polvo, utilizando controladores tipo PWM y MPPT, conforme a Norma técnica 399.403 2006, proporciona información crítica sobre las diferencias en la eficiencia del sistema, según las condiciones de operación, configuración y estándares aplicables.
- La evaluación de un manual de enseñanza y siete guías de prácticas de laboratorio, para el sistema fotovoltaico autónomo, con módulos solares monocristalinos y policristalinos y controladores de carga tipo PWM y MPPT, incrementaría significativamente el aprendizaje teórico y las competencias técnicas de los estudiantes en el laboratorio de energía solar fotovoltaica, según los resultados de evaluaciones teóricas (pretest/postest) y prácticas en el laboratorio.

3.9. Operacionalización de Variables

Tabla 8

Operacionalización de la variable dependiente 1.

Variable Dependiente:		Aprendizaje y desarrollo de las competencias técnicas	
Definición conceptual	Dimensión	indicadores	
Adquisición de conocimientos teóricos y habilidades practicas por parte de los estudiantes necesarios para operar, evaluar y analizar el sistema fotovoltaico de la EPIER UNAJ.	Teórico y práctico	Evaluación de Pretest y Postest. Percepción positiva sobre el manual y guías de laboratorio	

Nota. Elaboración propia (2024).

Tabla 9

Definición operativa de la variable independiente 1

Variable Independiente:		Identificación de componentes y equipos	
Definición conceptual	Dimensión	indicador	
Componentes del sistema fotovoltaico autónomo situado en la EPIER UNAJ.	Reconocimiento visual Especificaciones técnicas basadas en normas	Descripción de características eléctricas de los componentes del sistema, siguiendo las especificaciones de la norma aplicable Voltaje (V), Corriente (I) Energía (Kwh), Potencia (W), Temperatura (T°C), irradiancia (W/m ²)	

Tabla 10

Especificación de la variable Independiente 2

Variable Independiente:		Normas técnicas	
Definición conceptual	Dimensión	indicador	
Caracterización del sistema fotovoltaico autónomo	Desempeño de los módulos solares y controladores de cargar tipo PWM y MPPT.	Eficiencia instantánea, potencias Porcentual	

Nota. Elaboración propia (2024).

Tabla 11*Desarrollo de la variable Independiente 3*

Variable Independiente:	Sistema fotovoltaico autónomo	
Definición conceptual	Dimensión	indicador
Manual de enseñanza y 7 guías de laboratorio	Impacto de aprendizaje y percepción	Diferencias en puntajes del Pretest y Posttest. Desempeño en actividades practicas encuesta de Likert.

Nota. Elaboración propia (2024).

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Aspecto general

El material didáctico desarrollado e implementado en esta investigación cumple con el objetivo general de proporcionar u recursos educativos que facilite la enseñanza y el aprendizaje del sistema fotovoltaico autónomo ubicado en el instituto de energías renovables y eficiencia energética de la EPIER UNAJ.

Tanto el manual como las guías de práctica fueron diseñados considerando las necesidades del laboratorio de energía solar fotovoltaica de la UNAJ, adaptándose al contexto educativo y técnico de los estudiantes. Los resultados obtenidos en las evaluaciones de conocimientos y desempeño demuestran que el material didáctico contribuyo significativamente al desarrollo de competencias técnicas y al aprendizaje integral de los estudiantes.

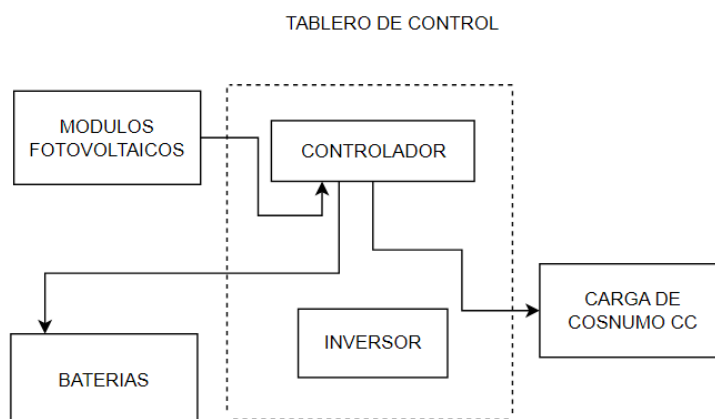
4.2. Identificación de los componentes eléctricos que integran al sistema fotovoltaico autónomo de la EPIER UNAJ.

A continuación, para realizar el primero objetivo de esta investigación se realizó primeramente identificando cada componente electrónico, eléctrico y/o entre otros del sistema fotovoltaico autónomo, la norma técnica peruana 399.406 2006, denominada «Sistemas fotovoltaicos hasta 500 Wp», se ajusta al código eléctrico del país. Detalles técnicos y proceso para la calificación energética de un sistema solar.

Para identificar cada componente y equipo del sistema fotovoltaico nos ayudamos con la norma mencionada anteriormente. Genéricamente los sistemas fotovoltaicos (SFV) de hasta 500 Wp estarían conformados de acuerdo a la siguiente figura:

Figura 21

Representación funcional de un SFV de acuerdo a la NTP.



De acuerdo a esta configuración técnica, los componentes principales tratados por la norma NTP son los siguientes: (Módulos fotovoltaicos, controlador de carga, baterías, lámparas fluorescentes, inversores).

- **Especificaciones Técnicas para los módulos fotovoltaicos**

El módulo solar mono cristalino cuenta con los certificados con la norma IEC IEC 61730, como certificado de fabrica los ISO 9001:2008, certificado CB, emitido por el organismo Nacional de Certificación (National Certifiacion Body), certificado CBI y conformidad TUV, certificado UL, CE. En la tabla 11 se observa la identificación del módulo solar fotovoltaico de tecnología tipo mono cristalino de 100 Wp, de acuerdo a la NTP 399.406 2006.

Tabla 12

Especificaciones técnicas del módulo solar Mono cristalino de 100 Wp.

Tipo de estructura	Silicio Monocristalino
Marca	OSDA Solar
Modelo	ODA100-18-M
Potencia máxima	100 W
Corriente de corto circuito	5.99 A

Nota. Datos extraídos de la datasheet del fabricante OSDA Solar.

Elaboración propia (2024).

En la tabla 13 se describe los indicadores técnicos del módulo solar tipo Poli cristalino de 100 Wp, de acuerdo a la NTP 399.406 2006.

Tabla 13

Parámetros técnicos del módulo solar poli cristalino de 100 wp.

Tipo de estructura	Silicio Poli cristalino
Marca	OSDA Solar
Modelo	ODA100-18-P
Potencia máxima	100 W
Corriente de corto circuito	5.94 A
Tensión de máxima potencia	18.20 V
Intensidad eléctrica de máxima potencia	5.5 A
Condiciones de indicadores técnicos	NOCT y STC

Características técnicas para conexión	
Voltaje en circuito abierto (Voc)	21.85V
Tipo de conector	MC4
	Underwriter
Laboratorio de respaldo técnico	Laboratories (UL)

Nota. Datos extraídos de la ficha técnica de OSDA Solar.

- **Especificaciones Técnicas requeridas para la batería**

En la tabla 14 se detalla las especificaciones técnicas requeridas de la batería del sistema fotovoltaico, de acuerdo a la NTP 399.406.2006.

Tabla 14

Especificaciones técnicas de la batería GP12120 del sistema fotovoltaico

Marca	CSB
Modelo	GP12120
Serie	----
Fecha de fabricación	No refiere
Advertencia sobre la condición corrosiva del electrolito	Si cuenta
Advertencia sobre la contaminación ambiental	Si cuenta
Capacidad nominal para un N° horas	12 Ah a una velocidad de 20 h a 1.75 V por celda a 25 ° C (77 ° F)

Nota. Datos extraídos de la ficha técnica del fabricante CBS.

- **Recomendaciones de mantenimiento e instalación**

La batería puede recargarse continuamente, no requiere mantenimiento y no necesita suministro de agua cuando se utiliza en un entorno seguro.

- La batería es de tipo sellado, por lo que puede instalarse en posición horizontal, vertical o lateral sin comprometer su seguridad ni el correcto funcionamiento.
- Bornes en los terminales

Los bornes y terminales permiten que los cables se conecten a la batería firmemente, identificado el polo positivo y negativo con su respectiva inscripción.

- Cantidad de electrolito y densidad

1,28 g/ml para características en clima frío.

- Máxima profundidad de descarga

La profundidad de descarga de acuerdo al controlador de carga es al 70%

- Capacidad máxima

- **Especificaciones técnicas requeridas para los controladores de Carga**

La presente identificación es aplicable a controladores de carga destinadas a operar en sistemas fotovoltaicos hasta 500 W_p, con una corriente máxima de carga/descarga de 30 Amperios y configuraciones hasta 24 VDC.

La siguiente tabla 15 La placa de datos del controlador solar tipo MPPT 75/15 tiene la siguiente información.

Tabla 15

Características Técnicas del controlador de carga tipo MPPT 75/15.

Marca	Victron Energy
Certificación	Certification System Type 3 (ISO / IEC 17067) Norma IEC 62109-1:2010; Standard EN 62109-1:2010
Modelo.	Blue Solar MPPT 75/ 15
Serie.	SCC010015050R
Fecha de Fabricación.	2018
Tensión nominal de operación (V).	12 /24 V
Máxima intensidad de operación en el lado del generador FV (A).	
Máxima intensidad de operación en el lado de las cargas (A).	15 A
Voltaje final de carga (V) y voltaje de reconexión (V).	15V /10,5 V Programable
Voltaje de desconexión (V) y voltaje de reenganche (V).	11,1 V o 22.2 V / 13.1 o 26,2V programable

Puntos de control de los algoritmos que puede realizar el controlador (Voltios o SOC)	Variable multietapas o algoritmo definido por el usuario
Tipo de protecciones con las que cuenta	IP43 (Componentes electrónicos) Exceso de temperatura IP22 (Área de conexiones)
Vida útil	Vu >10 años
Autoconsumo	20 mA
Protección contra inversión de polaridad (negativo y positivo)	Polaridad inversa de la batería (fusible) Cortocircuito de salida
Capacidad Térmica de trabajo	De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40°C), altura de trabajo hasta 5000 m (potencia nominal completa hasta los 2000m).
Rango de voltaje de operación y tensión de circuito abierto del módulo.	14,4V – 32,4V; ajustable,75V
Terminales de conexión	6mm ² /AWG10
Señalización	En el anexo
Protección del controlador o cubierta	IP43
Tensión mínima de operación	9V para una batería de 12 V
Marcado	En el anexo
Algoritmos	Batery life (configurable)

Nota: Especificaciones técnicas del controlador de carga tipo MPPT.

Fuente. Elaboración propia (2024)

- Recomendaciones de instalación

La temperatura ambiente de la batería y del cargador no debe diferir en más o menos de 5°C para un ajuste adecuado de la temperatura.

Para evitar daños por los humos que se crean al gasearse la batería, móntela cerca de ella, pero nunca exactamente encima.

Entre otras recomendaciones que se encuentra descritos en la ficha técnica que se observa en el anexo.

- **Especificaciones técnicas para el controlador PWM**

Certificado: EN-IEC 63000:2018 (ratificada), EN-IEC 62109-1:2010, EN 55014-1:2017/A11:2020.

Tabla 16*Especificaciones técnicas del controlador tipo PWM 12/24*

Marca	Victron Energy
Modelo	Blue Solar PWM – Light 12/24 – 10 A LCD /USB
Serie	
Fecha de fabricación	
Tension nominal de operación	12V/24 V
Máxima corriente de operación en el lado del generador FV	10 A
Máxima corriente de operación en el lado de las cargas (A).	10 A
Voltaje final de carga (V) y voltaje de reconexión (V)	13,5/12,
Voltaje de desconexión (V) y voltaje de reenganche (V)	10,5v-12v/12,6
Puntos de control de los algoritmos que puede realizar el controlador (Voltios o SOC)	
Variación del compensador de temperatura	
Tipos de protecciones con las que cuenta	IP20
Recomendaciones de instalación	Anexo
Vida útil	Vu
Autoconsumo	≤ 10mA
Protección contra inversión de polaridad (negativo y positivo)	Protección frente a conexión invertida de los módulos solares Protección a inversión de polaridad en la batería
Capacidad térmica de trabajo	-35°C a +60°C (carga completa)
Rango de voltaje de trabajo	15 – 28 V
Terminales de conexión	6mm ² /AWG10
Protección contra sobre tensiones	Interno /reemplazable (Mofet)
Protección de cubierta o caja del controlador	EN60335-1; IEC62109-1
Interrupción manual	Si permite
Tensión mínima de operación	9v para una batería de 12V
Marcado	Anexo
Especificaciones técnicas adicionales sugeridas	
Alarma	Si cuenta anexo
Pantalla LCD	Si cuenta anexo

Nota. Datos extraídos de la ficha del fabricante de acuerdo a la NTP 399.406 2006.

- **Especificaciones Técnicas requeridas para el consumo de carga tipo CC**

Tabla 17

Especificaciones técnicas del consumo de carga tipo CC

Marca	NARVA
Modelo	Foco H1 p14 5S
Serie	Sin serie
Consumo eléctrico	6 A
Eficiencia luminosa	75 watts
Vida útil en horas de uso	5 años
Voltaje de trabajo	12VDC
Diseño	Dimensionado para máx. P del módulo

Nota: El consumo de carga en CC se realizó con el criterio de aprovechar la máxima potencia generada por el módulo solar.

4.3. Caracterización del sistema solar fotovoltaico autónomo con controladores de carga tipo PWM y MPPT.

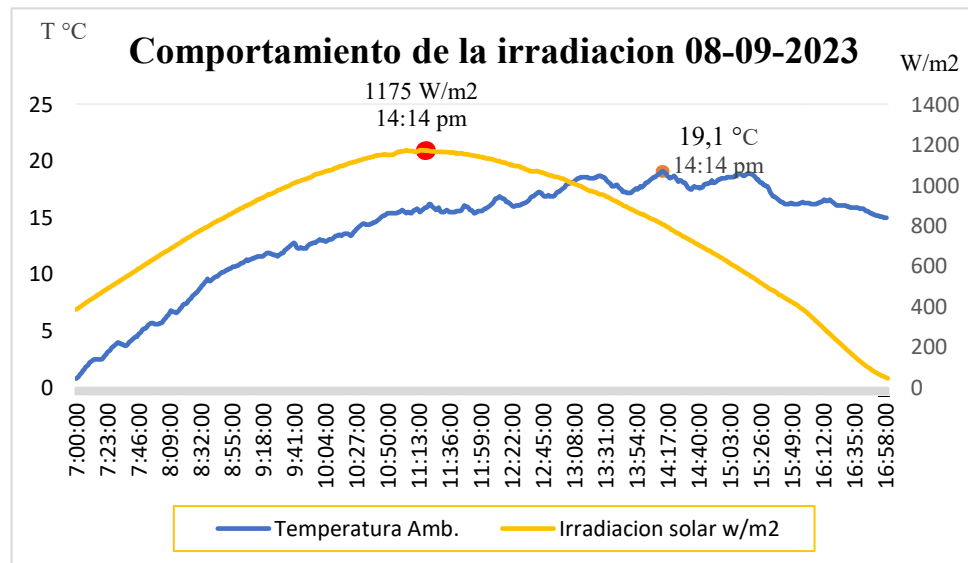
Los resultados mostrados para la caracterización del sistema solar fotovoltaico autónomo, se realizaron de un día aleatorio debido a que el presente trabajo de investigación tiende a ser descriptivo, en este caso del día 17 de septiembre tanto para la caracterización del sistema solar con diferentes controladores de carga tipo PWM y MPPT.

Irradiación del lugar

La figura 22 describe el comportamiento de la irradiación solar w/m² en la universidad nacional de Juliaca, sede Ayabacas, desde las 7:00 am hasta las 5:00 pm, observamos que el valor pico de irradiancia que encontramos durante el día es de 1175 w/m², que se observa a las 2:14 pm de la tarde, observamos también que la temperatura ambiente máxima se encuentra a la misma hora 2:14pm.

Figura 22

Caracterización de la curva de radiación el día 08 de septiembre del 2023.



Principio de operación del sistema solar fotovoltaico autónomo

Para la caracterización del sistema fotovoltaico, el sistema este compuesto por 4 módulos fotovoltaicos, como se muestran en el diagrama unifilar que se encuentra en el anexo 2, donde podemos observar que tenemos dos tipos de tecnología, (mono cristalinos y policristalinos), ambos de una capacidad de generación de potencia máxima de 100 Wp.

En la siguiente figura 23 Y 24, se describe las configuraciones del sistema fotovoltaica en las que se dispusieron para la recolección de datos y caracterización.

- Configuración tipo I

La configuración I, describe la conexión de mismas tecnologías de módulos solares, con distintos tipos de controladores solares: El módulo solar mono cristalino tiene conexión con los controladores PWM Y MPPT, mientras que los módulos solares poli cristalinos de igual manera con controladores PWM y MPPT.

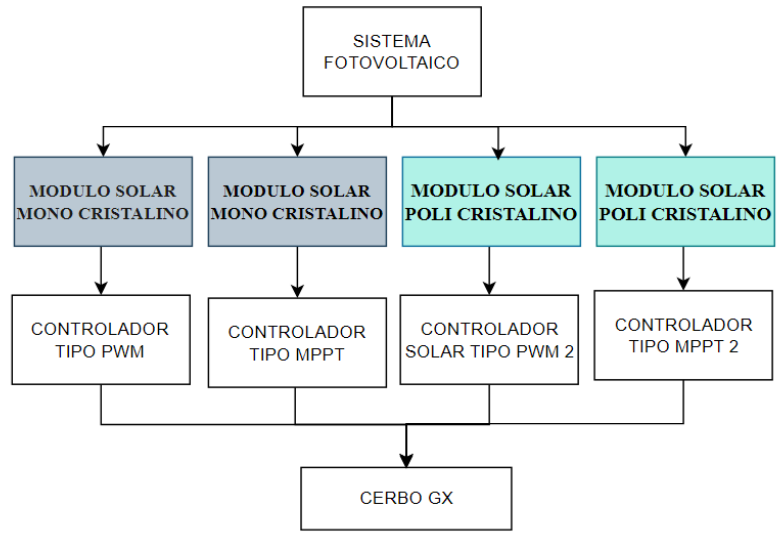


Figura 23

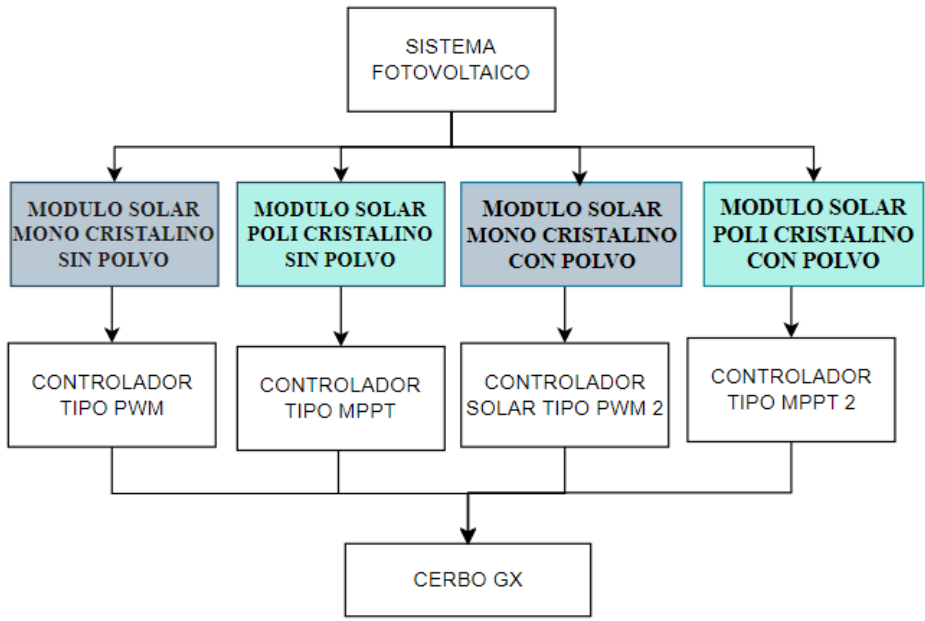
Configuración tipo I del sistema fotovoltaico.

- Configuración tipo II

La configuración II describe la conexión de mismas tecnologías de módulos solares con mismos controladores, donde se evalúa la diferencia con polvo y sin polvo en las que se encuentran expuestas los módulos solares.

Figura 24

Configuración tipo II del sistema fotovoltaico.



caracterización de la configuración tipo I

Cuando estás trabajando con módulos solares de silicio monocristalino o poli cristalino con diferentes tipos de controladores de carga (PWM y MPPT), hay varios parámetros que puedes diferenciar y monitorear para entender el rendimiento y la eficiencia de tu sistema solar.

Caracterización de valores paramétricos del módulo solar mono cristalino en controladores tipo PWM y MPPT.

En la tabla 18 se visualiza los valores paramétricos del comportamiento del módulo solar tecnología silicio monocristalino, registrados durante el día 17 de septiembre del 2023 de 7:00 am a 5:00 pm con controlador de carga tipo PWM y MPPT.

Tabla 18

Datos paramétricos de módulo mono cristalino con controladores de carga PWM y MPPT.

17 sept Horas	Mono	Mono	Corriente	Corriente	Potencia	Potencia	Irradiancia (W/m ²)	T°C	T°C
	PWM (Voltaje)	MPPT (voltaje)	PWM (Amper.)	MPPT (Amper.)	(Watts) Mono PWM	(Watts) Mono MPPT		Mono PWM	Mono MPPT
07:00:00	14.2	19.26	1.52	1.2	21.58	23.11	1040	56	56
08:00:00	17.93	18.13	2.91	3.43	52.18	62.19	938	56.52	53
09:00:00	18.3	16.91	3.63	5.28	66.43	89.28	1151	52.48	51392
10:00:00	14.61	16.21	6.19	6.21	90.44	100.66	1153	54.36	50.8
11:00:00	15.29	15.97	6.56	6.69	100.30	106.84	1099	45.6	45.2
12:00:00	15.46	16.37	6.56	6.32	101.42	103.46	886	44	42
13:00:00	15.33	16.96	6.52	5.32	99.95	90.23	472	37	38
14:00:00	15.05	16.3	5.89	5.87	88.64	95.68	751	38	31.6
15:00:00	12.4	17.18	1.73	2.38	21.45	40.89	543	26	25
16:00:00	11.06	17.43	0.55	0.73	6.08	12.72	85	26	20
17:00:00	12.41	15.57	0.16	0.14	1.99	2.18	411	12.64	14.52

Nota. Se visualiza los datos en horas como modo de referencia del día 17 de sept, pero se trabajó con los valores reales del día que es en minutos.

a) Corriente del módulo solar silicio mono cristalino en controladores de carga tipo PWM y MPPT.

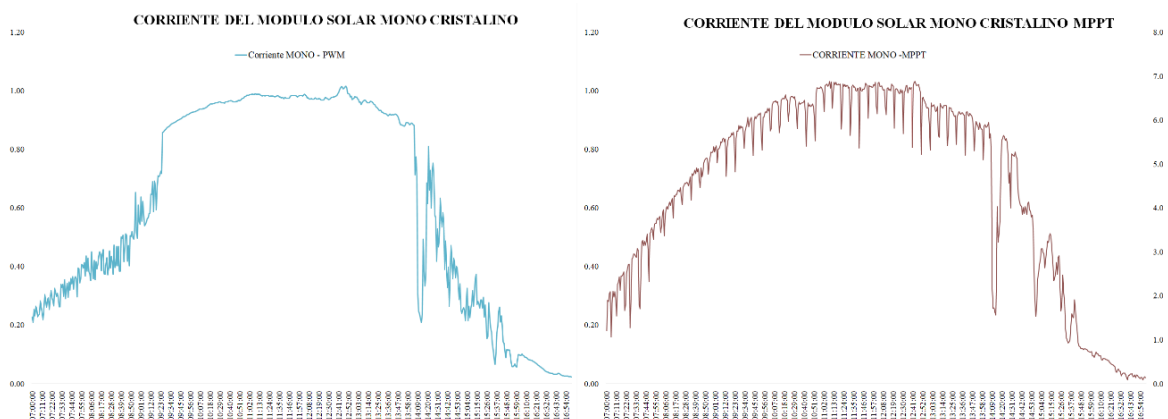
En el lado izquierdo de la figura 25 se observa el comportamiento de la corriente del módulo solar silicio mono cristalino con el controlador de carga tipo PWM en el lado derecho el

comportamiento de la corriente eléctrica del módulo solar silicio monocristalino con controlador tipo MPPT, las magnitudes se expresan en la tabla 13 la corriente máxima alcanzara por el controlador MPPT es 6.64 A mientras que la del controlador PWM 6.78.

Se observa también el comportamiento del flujo de corriente del controlador MPPT podríamos decir que se asemeja a formar una curva senoidal, mientras que en controlador de carga PWM tiene caídas de picos y subidas teniendo una forma cuadrada en la parte superior.

Figura 25

Visualización de la corriente eléctrica del módulo solar.



Nota. Visualización de la corriente eléctrica del módulo solar silicio mono cristalino con distintos controladores tipo PWM y MPPT.

a) Curva de tensión y corriente

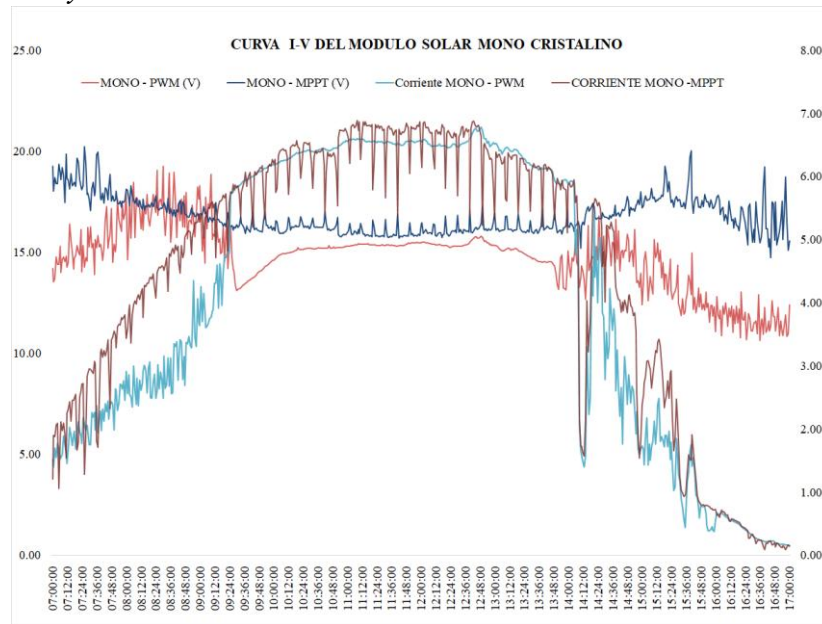
En la figura 27 se observa el comportamiento de las curvas de potencia (tensión y corriente) de módulos solares tipo silicio mono cristalino con controladores de carga tipo PWM y MPPT, el comportamiento en valores expresados durante el día se explica en la tabla.

El voltaje máximo del controlador MPPT es 20.21 V y su voltaje mínimo 14.71V

El voltaje máximo alcanzado por el módulo solar silicio mono cristalino con controlador de carga PWM es 19.27 y su voltaje menor 10.62V.

Figura 26

Curva de tensión y corriente del módulo solar mono cristalino.



Nota. Curva de tensión y corriente del módulo solar mono cristalino en distintos controladores tipo PWM y MPPT.

b) Correlación entre la corriente eléctrica del módulo solar silicio mono cristalino respecto a la irradiancia solar.

En la figura 27 se muestra como procede el flujo de corriente eléctrica en el trayecto del día, respecto a la irradiancia solar incidente durante el día, donde se identifica que hay una caída de valores paramétricos de 2:00pm de la tarde a 2:30pm, esto en relación a la disminución de irradiancia solar, ya sea provocado por una sombra parcial y otro acontecimiento climatológico.

El cálculo numérico se realizó en Excel mediante la función (COEF.DE.CORREL) aplicada a las columnas de irradiancia solar y corriente eléctrica del módulo solar.

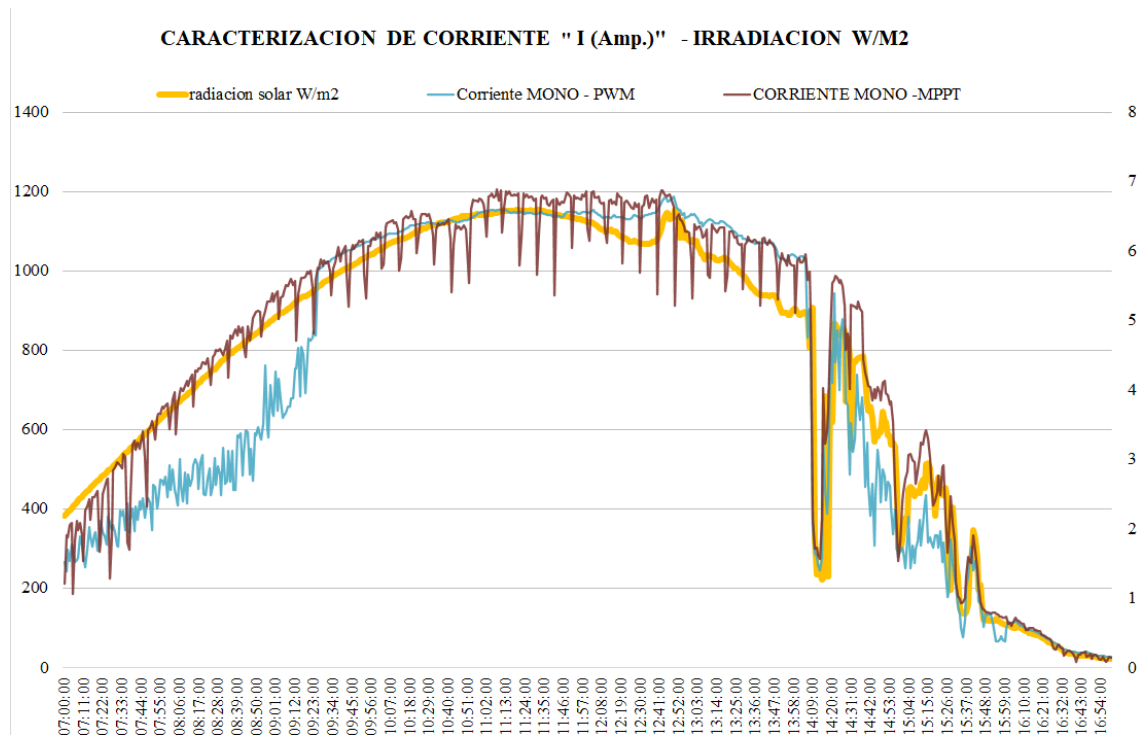
El coeficiente de correlación entre la corriente del módulo solar silicio mono cristalino con controlador tipo PWM respecto a la irradiancia solar w/m^2 es de 0.958.

El coeficiente de correlación entre la corriente del módulo solar silicio mono cristalino con controlador tipo MPPT respecto a la irradiancia solar w/m^2 es de 0.980.

Frente a ello se determina que el controlador tipo MPPT tiene más correlación que el controlador PWM, con la irradiancia solar w/m^2 .

Figura 27

Comportamiento de la intensidad eléctrica del módulo solar.



Nota. Comportamiento de la intensidad eléctrica del módulo solar mono cristalino en controladores PWM y MPPT respecto a la irradiancia solar W/m2 que se proyecta durante el día.

c) Correlación entre la tensión del módulo solar silicio mono cristalino respecto a la temperatura del módulo solar.

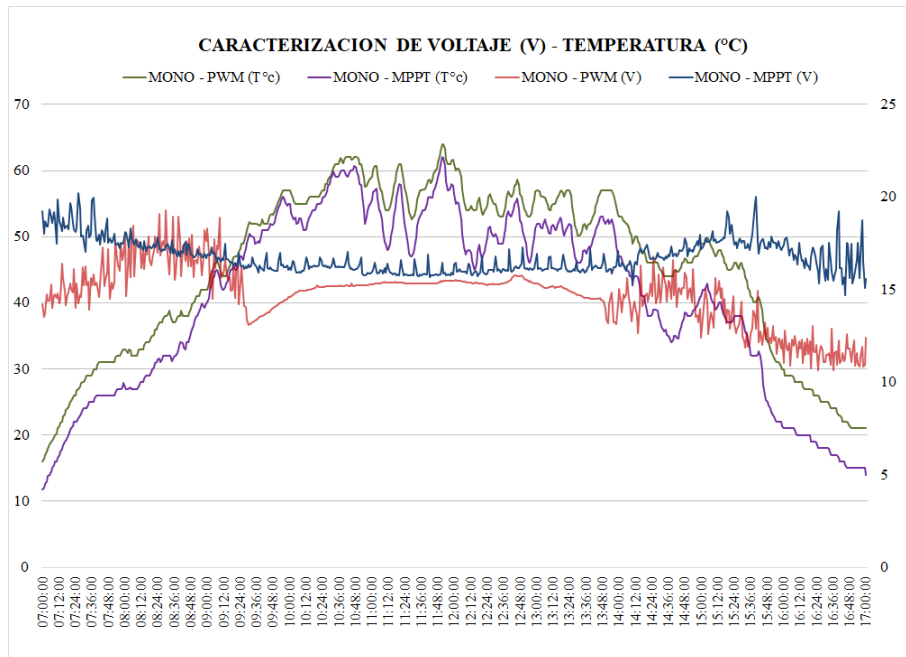
En la figura 29 se observa el trayecto de la tensión del módulo solar silicio mono cristalino con controladores de carga PWM y MPPT respecto a la temperatura del módulo, se visualiza que la tensión del módulo solar disminuye considerablemente respecto a la temperatura del módulo solar que asciende en el trayecto del día.

El PWM la tensión máxima 19.27V y una temperatura máxima de 64°C y la tensión mínima es 10.62 y 16°C de temperatura mínima, el coeficiente de correlación entre la temperatura y la tensión es de 0.316.

El MPPT La temperatura máxima es de 62°C y mínimo de 15°C en relación de 20.21V y 14.71V, el coeficiente de correlación entre la temperatura y tensión es de -0.60.

Figura 28

Caracterización de las tensiones de paneles Mono cristalinos.



Nota. Caracterización de las tensiones de paneles Mono cristalinos con distintos controladores de carga PWM y MPPT respecto a la temperatura del módulo solar.

d) Correlación entre la potencia generada y la irradiancia

La figura 30 demuestra cómo se comporta la potencia del módulo silicio mono cristalino con distintos tipos de controladores PWM y MPPT.

La potencia del módulo solar se determinó mediante la fórmula siguiente:

Donde:

$$P_{\text{modulo solar}} = V_{\text{mod}} * I_{\text{mod}}$$

$P_{\text{modulo solar}}$: Potencia generada por el módulo, en watts (W)

V_{mod} : Voltaje del módulo, en voltios (V).

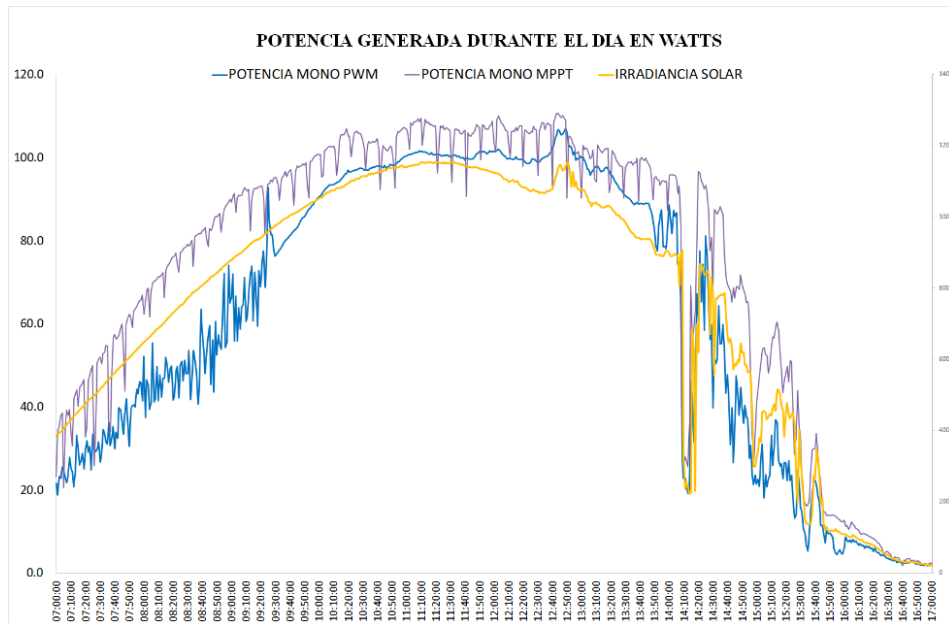
I_{mod} : Corriente del módulo, en amperios (A).

La correlación entre la potencia e irradiancia del módulo silicio mono cristalino con controlador PWM es 0.970. la correlación entre la potencia e irradiancia del módulo silicio mono cristalino con controlador MPPT es 0.981.

El cálculo numérico se realizó en Excel mediante la función (COEF.DE.CORREL) que se aplica a la potencia que genera el módulo solar y la irradiancia solar.

Figura 29

Potencia del módulo de silicio mono cristalino con controladores PWM y MPPT.



e) Comparación con datos técnicos

Se muestra la caracterización de tensión del módulo solar silicio mono cristalino, donde se analiza la eficiencia del sistema en el controlador a de carga tipo PWM y MPPT.

La eficiencia en la salida del controlador PWM con módulo silicio mono cristalino obtenida es de 61.88%

La eficiencia en la salida del controlador MPPT con módulo silicio mono cristalino obtenida es 74.17%.

Para cada tecnología:

$$\eta_{\text{controlador}} = \frac{\text{Potencia}_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100\%$$

Donde: $\eta_{\text{controlador}}$: eficiencia en la salida del controlador

P_{in} : Potencia máxima teórica del módulo (datasheet)

$\text{Potencia}_{\text{out}}$: $V_{\text{modulo}} \times I_{\text{modulo}}$, en el punto de operación.

Se determina que la eficiencia del controlador MPPT es superior 12.30% con respecto a la eficiencia de la tecnología de controlador tipo PWM, en módulos solares silicio mono cristalino.

La mejora relativa (Δn) de la eficiencia en la salida del controlador de carga tipo MPPT respecto al controlador de carga tipo PWM es simplemente:

$$\Delta n = n_{MPPT} - n_{PWM}$$

$$\Delta n = 74.17 - 61.88$$

$$\Delta n = 12.30\%$$

Caracterización de valores paramétricos del módulo solar silicio poli cristalino en dispositivos de control de carga tipo PWM y MPPT.

En la tabla 19 se visualiza los valores paramétricos del comportamiento del módulo solar tecnología silicio monocristalino, registrados durante el día 17 de septiembre del 2023 de 7:00 am a 5:00 pm con controlador de carga tipo PWM y MPPT.

Tabla 19

Calores paramétricos del módulo solar silicio poli cristalino con controladores.

17 sept Horas	Poli PWM (Voltaje)	Poli MPPT (voltaje)	Corriente PWM (Amper.)	Corriente MPPT (Amper.)	Potencia (Watts) Poli PWM	Potencia (Watts) Poli MPPT	Irradiancia (W/m ²)	T°C Mono PWM	T°C Mono MPPT
07:00:00	14.39	16.78	5.75	5.75	82.74	96.49	1040	48	48
08:00:00	14.22	16.78	5.46	5.72	77.64	95.98	938	48	45
09:00:00	15.09	16.13	6.13	5.99	92.50	96.62	1151	45.68	45.4
10:00:00	15.25	16.14	6	5.56	91.50	89.74	1153	43.4	41.32
11:00:00	14.99	15.9	5.53	5.98	82.89	95.08	1099	43.08	42.4
12:00:00	15.66	17.27	2.76	4.82	43.22	83.24	886	38.4	34.24
13:00:00	15.57	16.39	2.77	2.6	43.13	42.61	472	35	34.08
14:00:00	15.74	16.95	1.25	4.25	19.68	72.04	751	29.8	26
15:00:00	14.93	18.67	3	2.79	44.79	52.09	543	22.04	23
16:00:00	12.3	17.92	0.49	0.52	6.03	9.32	85	20	16
17:00:00	15	17.99	1.82	2.07	27.30	37.24	411	13.04	11.76

Nota. Tabla de calores paramétricos del módulo solar silicio poli cristalino con controladores de carga tipo PWM y MPPT.

Fuente: Elaboración propia (2024).

a) Corriente del módulo solar silicio poli cristalino en controladores de carga tipo PWM y MPPT.

En el lado izquierdo de la figura 30 se observa la actuación del fluido eléctrico del módulo solar silicio mono cristalino con el controlador de carga tipo PWM en el lado derecho el comportamiento de la corriente eléctrica del módulo solar silicio monocristalino con controlador tipo MPPT, las magnitudes se expresan en la tabla 14. Se observa también el

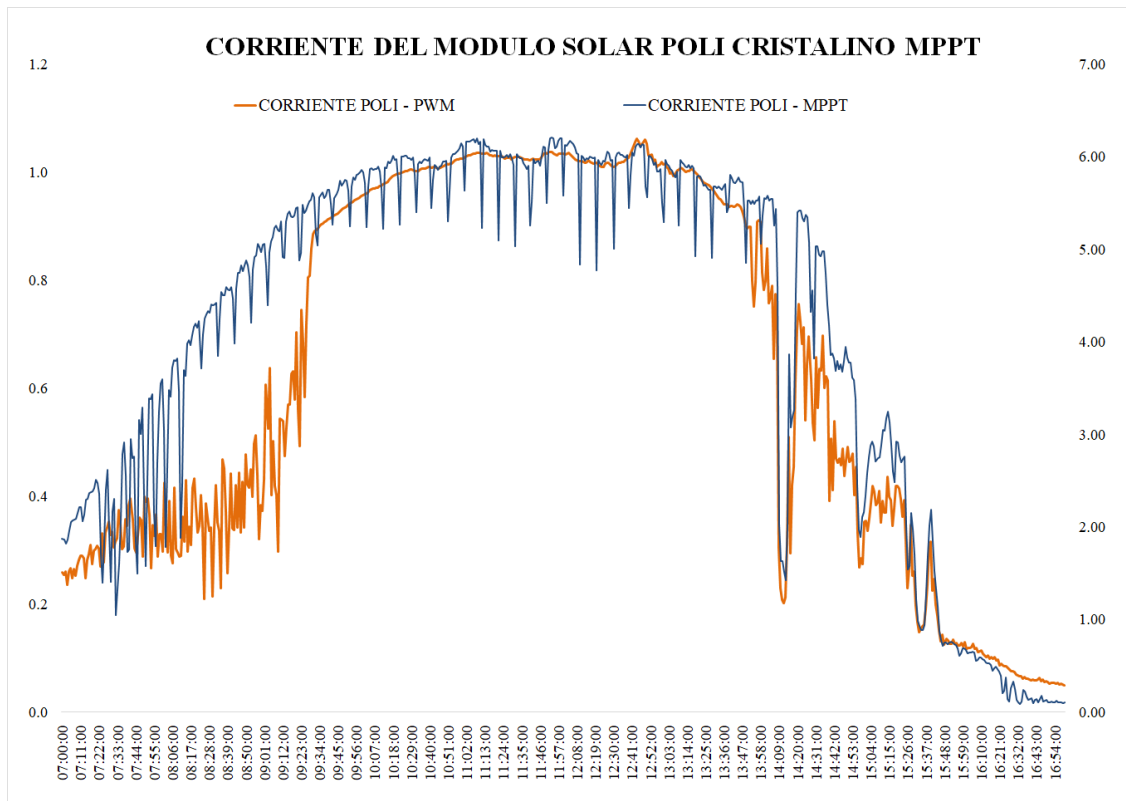
comportamiento del flujo de corriente del controlador MPPT podríamos decir que se asemeja a formar una curva senoidal, mientras que en controlador de carga PWM tiene caídas de picos y subidas teniendo una forma cuadrada en la parte superior.

En el controlador de carga PWM la corriente máximo y mínimo de 6.19 y 0.29

En el controlador de carga MPPT el valor de corriente máximo y mínimo 6.20 y 0.09

Figura 30

Visualización de la corriente eléctrica del módulo solar.



Nota. Visualización de la corriente eléctrica del módulo solar silicio polí cristalino con distintos controladores de carga PWM y MPPT.

b) Curva de tensión y corriente

En la figura 31 se muestra el comportamiento de la curvatura de potencia (tensión y corriente) de módulos solares tipo silicio mono cristalino con controladores de carga tipo PWM y MPPT,

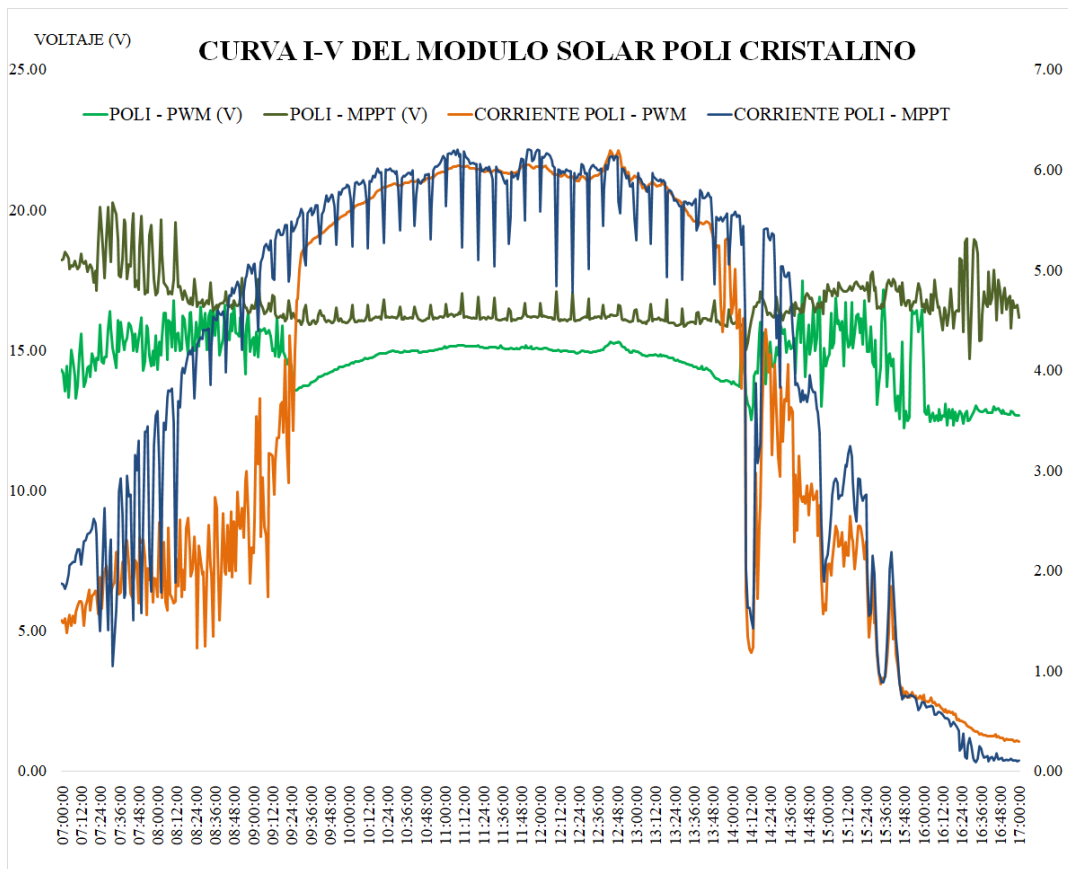
el comportamiento en valores expresados durante el día se explica en la tabla 18

la tensión máxima y mínima en el controlador PWM policristalino es 17.46 V y 12.23V

la tensión máxima y mínima en el controlador MPPT policristalino es 20.27 V y 14.68V

Figura 31

Curva de tensión y corriente del módulo solar silicio poli cristalino.



Nota. Curva de tensión y corriente del módulo solar silicio poli cristalino en distintos controladores tipo PWM y MPPT.

c) Correlación entre la corriente eléctrica del módulo solar silicio poli cristalino respecto a la irradiancia solar.

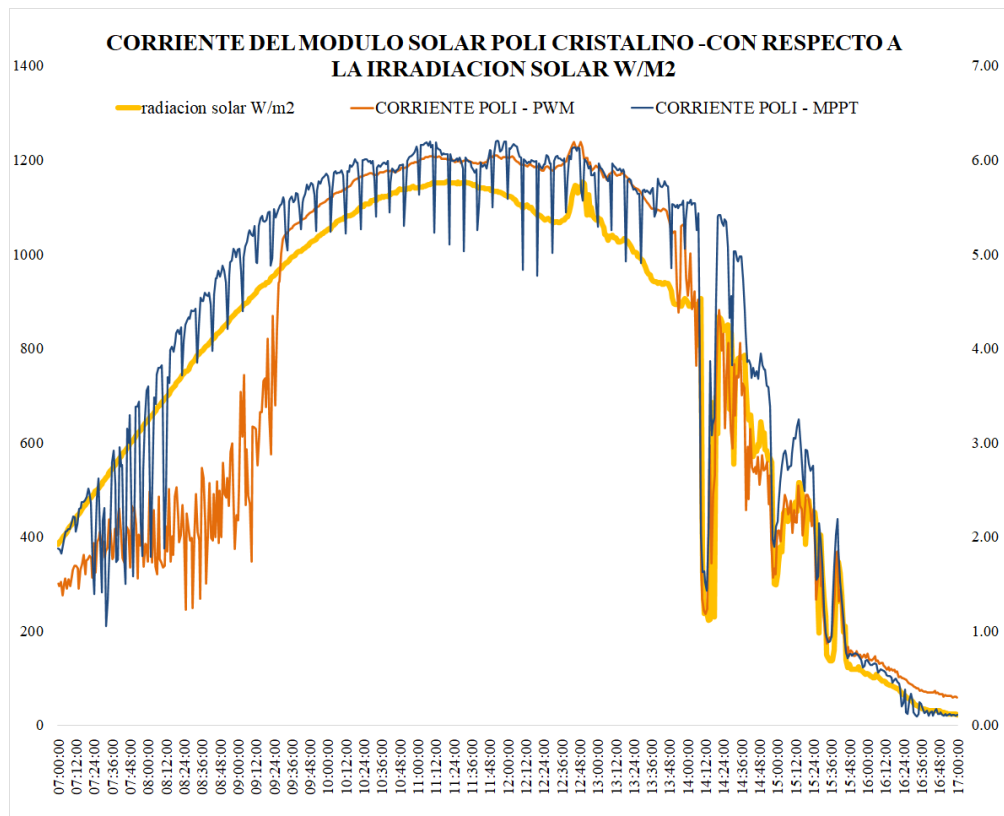
En la figura 32 se ve cómo se comporta el flujo eléctrico en el trayecto del día, respecto a la irradiancia solar incidente durante el día, donde se identifica que hay una caída de valores paramétricos de 2:00pm de la tarde a 2:30pm, esto en relación a la disminución de irradiancia solar, ya sea provocado por una sombra parcial y otro acontecimiento climatológico.

El coeficiente de correlación entre flujo de corriente del módulo solar silicio poli cristalino con PWM con la irradiancia solar es de 0.927

El coeficiente de correlación entre flujo de corriente del módulo solar silicio poli cristalino con MPPT con la irradiancia solar es de 0.972

Figura 32

Comportamiento de la corriente eléctrica del módulo solar silicio poli cristalino.



Nota. Comportamiento de la corriente eléctrica del módulo solar silicio poli cristalino en controladores PWM y MPPT respecto a la irradiancia solar W/m2 proyectada durante el día.

d) Correlación entre la tensión del módulo solar silicio mono cristalino respecto a la temperatura del módulo solar.

En la figura 33 se representa, las cualidades de la tensión del módulo solar silicio mono cristalino con controladores de carga PWM y MPPT respecto a la temperatura del módulo, se visualiza que la tensión del módulo solar disminuye considerablemente respecto a la temperatura que se obtiene del módulo solar que asciende en el trayecto del día.

La temperatura máxima del módulo silicio poli cristalino con controlador de carga PWM es de 54°C y mínimo 10.6°C.

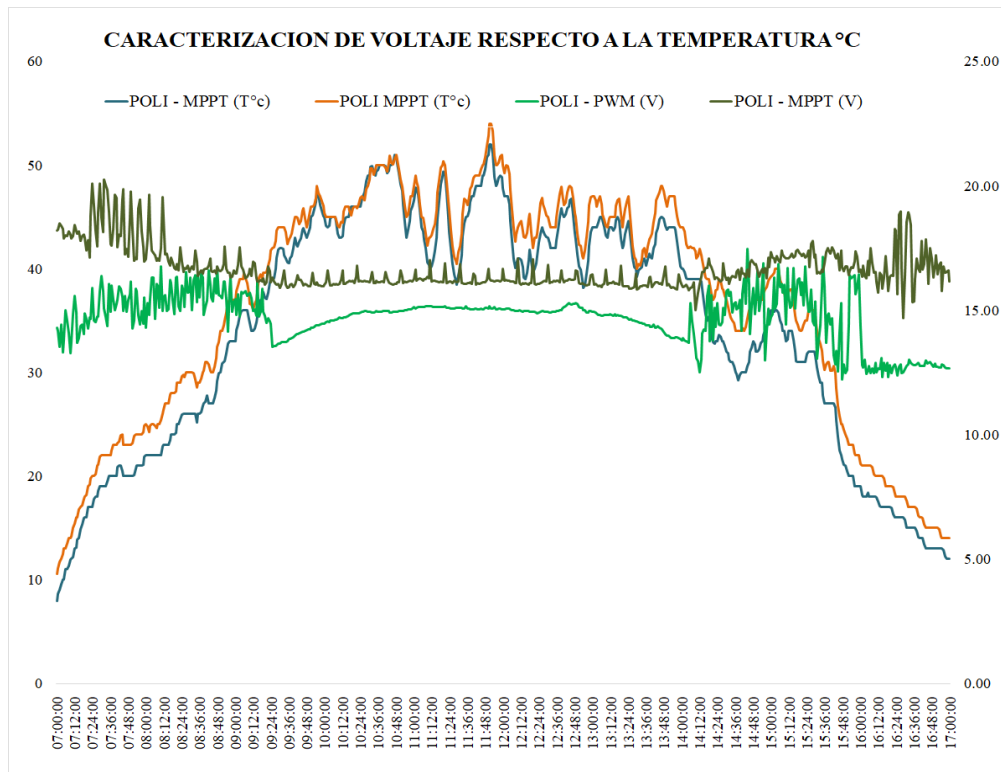
La temperatura máxima del módulo silicio poli cristalino con controlador de carga MPPT es de 52° y 8°C.

El coeficiente de correlación entre la tensión en el PWM y la temperatura del módulo silicio poli cristalino 0.302.

El coeficiente de correlación entre la tensión en el MPPT y la temperatura del módulo silicio poli cristalino -0.626.

Figura 33

Caracterización de las tensiones de paneles poli cristalinos.



Nota. Caracterización de las tensiones de paneles poli cristalinos con distintos controladores de carga PWM y MPPT respecto a la temperatura del módulo solar.

e) Correlación entre la potencia generada y la irradiancia

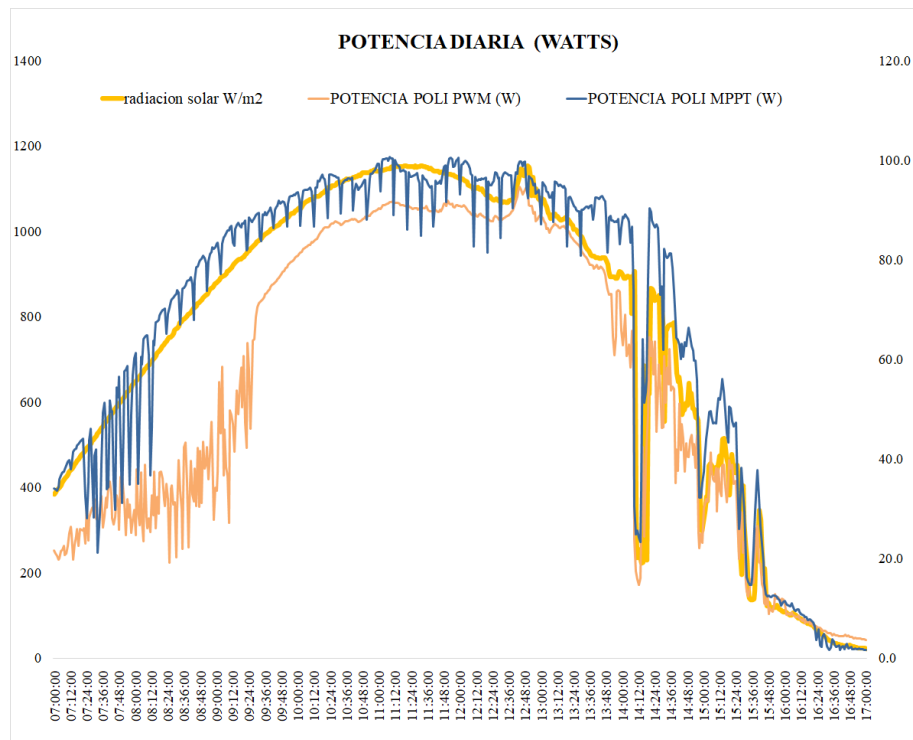
En la figura 34 se muestra cómo actúa la potencia del módulo silicio poli cristalino con distintos tipos de controladores PWM y MPPT, con relación a la irradiancia solar, podemos decir que el punto máximo de potencia se ve considerablemente superior en el controlador tipo MPPT, mientras que la generación de potencia en el controlador PWM no tiene un ajuste considerable con respecto a la irradiancia solar.

La correlación entre la potencia del módulo solar silicio poli cristalino con controlador de carga PMW respecto a la irradiancia solar w/m2 resulta 0.933.

La correlación entre la potencia del módulo solar silicio poli cristalino con controlador de carga MPPT respecto a la irradiancia solar w/m2 resulta 0.976.

Figura 34

Potencia generada del módulo solar silicio Poli cristalino.



Nota. Potencia generada del módulo solar silicio Poli cristalino con controladores PWM y MPPT.

f) Comparación con datos técnicos

El comportamiento de la potencia generada en relación a la placa del fabricante del módulo solar tipo silicio mono cristalino.

Eficiencia del controlador de carga: Tanto los controladores PWM y MPPT tendrán eficiencias diferentes.

La eficiencia del controlador se refiere a la capacidad del controlador para extraer la máxima cantidad de energía del panel solar y transferirla efectivamente a la batería. La eficiencia del controlador PWM con módulo silicio poli cristalino resulta ser 54.56 % siendo menos eficiente en comparación con un controlador MPPT que es 67.95% más eficiente con una diferencia de 13.39% de eficiencia

4.4. Caracterización del sistema solar fotovoltaico autónomo de controladores de carga con tecnología PWM y MPPT en condiciones de polvo y sin polvo.

Los resultados mostrados para la caracterización del sistema solar fotovoltaico autónomo, se realizaron de un día aleatorio, en este caso del día 08 de octubre tanto para la caracterización del sistema solar con diferentes controladores de carga tipo PWM y MPPT. En condiciones de polvo y sin polvo.

Aquí hay algunos parámetros clave que puedes observar del día 8 de octubre del 2023.

- **Caracterización de módulos solares silicio poli cristalinos con mismo controlador MPPT con condiciones de polvo y sin polvo.**

En la tabla 20 se representa algunos valores paramétricos de la configuración tipo II de los módulos solares tipo silicio poli cristalino con un solo tipo de controlador MPPT, en condiciones donde un módulo solar se encuentra afectado por el polvo y el otro está en constante limpieza.

Tabla 20

Valores paramétricos de dos módulos solares silicio Poli cristalino con controladores.

HORA	Poli- MPPT (voltaje) con polvo	Poli MPPT (voltaje) sin polvo	Poli MPPT (Amper.) con polvo	Poli MPPT (Amper.) sin polvo	Irradiancia (W/m ²)	Poli MPPT (T°c) con polvo	Poli MPPT (T°c) sin polvo
07:00:00	18.82	19.74	1.45	1.55	418	16	19
08:00:00	16.74	20.12	3.72	1.01	675	34	38
09:00:00	15.84	17.45	5.24	4.64	901	41	44
10:00:00	15.31	16.31	6.13	6.15	1061	49	50
11:00:00	15.35	16.21	6.26	6.29	1146	56	57
12:00:00	15.078	16.52	6.48	6.21	1147	50	52
13:00:00	15.76	16.23	2.20	1.52	1041	38	41
14:00:00	15.78	16.17	5.03	5.35	812	46	51
15:00:00	16.33	17.52	3.67	3.38	587	37	41
16:00:00	16.61	19.35	1.98	0.91	317	24	26
17:00:00	18.89	16.37	0.09	0.37	39	17	19

Nota. Valores paramétricos de paneles Poli cristalino con controladores de carga MPPT, en condiciones de polvo y sin polvo Se ajustaron los valores paramétricos para esta tabla, los resultados se trabajaron con los valores reales que se encuentran en el anexo

- **Potencia generada por los módulos solares silicio poli cristalino con controlador de carga MPPT y MPPT en condiciones de polvo y sin polvo**

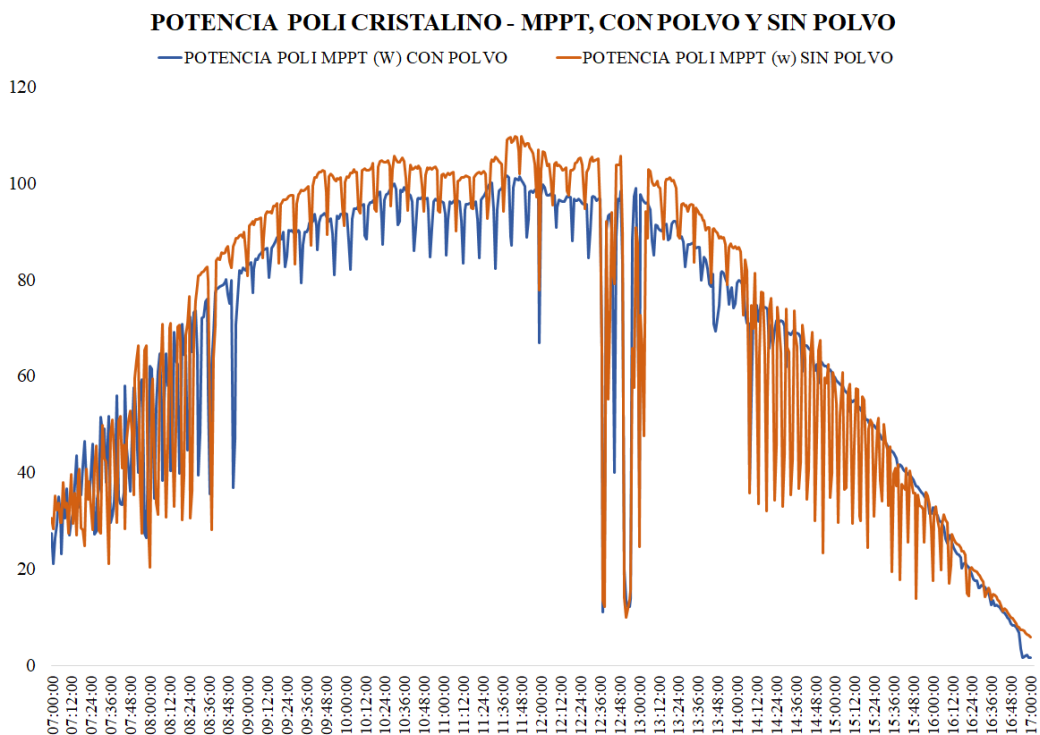
En la figura 36 se representa la potencia generada durante el día de los módulos solares silicio poli cristalino en condiciones de polvo y sin polvo con controladores de carga tipo MPPT, visualmente observamos que la potencia del módulo en condiciones limpio esta levemente superior al módulo afectado por el polvo.

La potencia máxima generada del módulo solar silicio poli cristalino con polvo resulta 101.66 watts.

La potencia máxima generada del módulo solar silicio poli cristalino sin polvo resulta 109.14 watts.

Figura 35

Potencia de los módulos silicio poli cristalino.



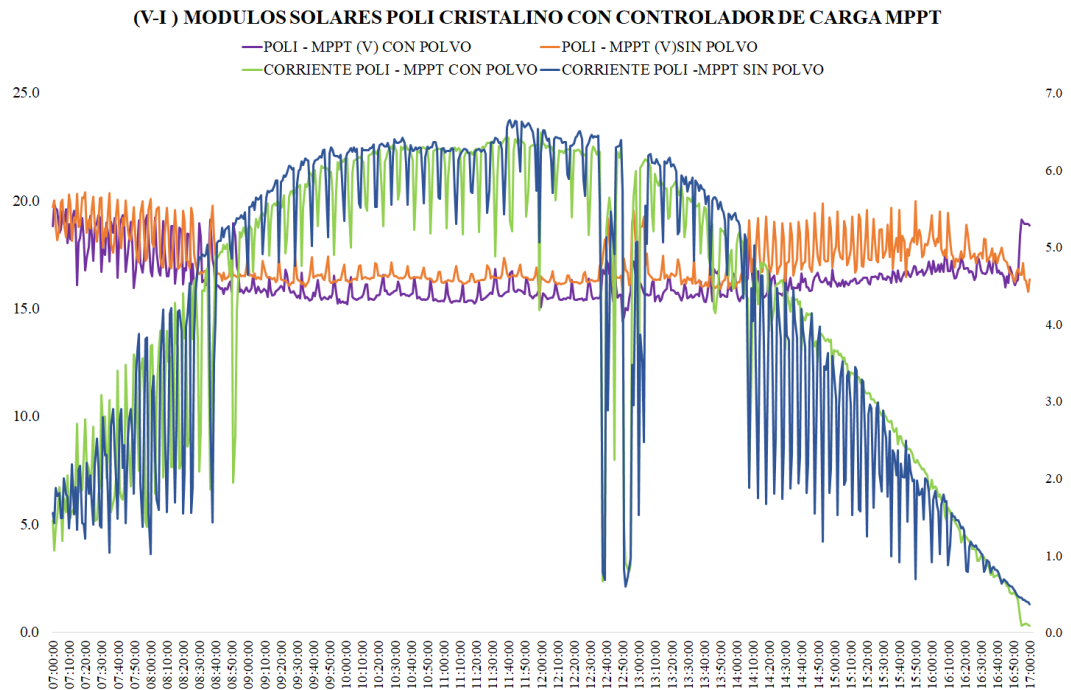
Nota. Potencia de los módulos silicio poli cristalino con mismos controladores MPPT, en condiciones de polvo y sin polvo.

- **caracterización de la tensión y corriente de los módulos solares silicio poli cristalino con controladores de misma tecnología MPPT, en condiciones de polvo y sin polvo.**

En la figura 36 se muestra las curvaturas del comportamiento de la corriente eléctrica y tensión de ambos módulos solares silicio poli cristalino, ambos con controlador de carga tipo MPPT, el módulo afectado por el polvo muestra una disminución en la corriente y el voltaje, lo que afecta directamente la potencia generada.

Figura 36

Comportamiento de tensión y corriente de los módulos solares poli cristalino.



Nota. Comportamiento de tensión y corriente de los módulos solares silicio poli cristalino con controlador MPPT, en condiciones de polvo y sin polvo.

- **Corriente generada del módulo silicio poli cristalino con controladores MPPT con polvo y sin polvo en relación con la irradiación solar w/m²**

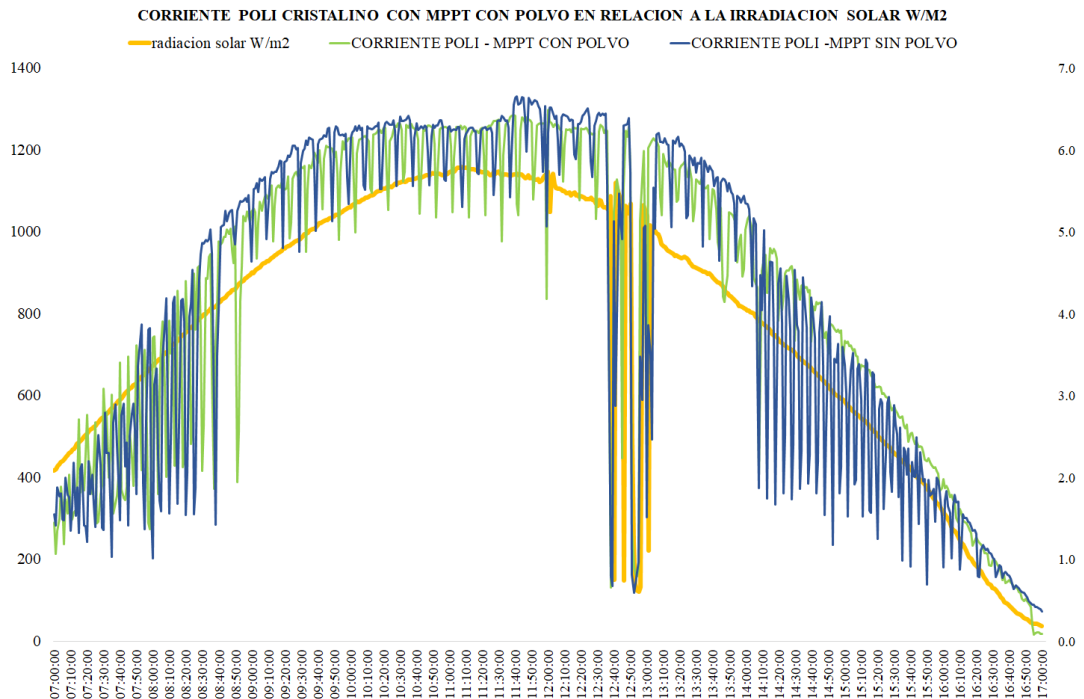
En la figura 37 se demuestra la relación que se da entre la irradiación solar generada en el trayecto del día con la potencia generada por los módulos tipo silicio poli cristalino con controladores tipo MPPT, en condiciones de polvo y sin polvo, se observa que ambas corrientes se mantienen en relación con la irradiación teniendo ligera diferencia, también se observa que la corriente del policristalino MPPT sin polvo se encuentra por encima de la corriente del policristalino MPPT con polvo.

El coef. De correlación entre la irradiancia y la potencia del módulo silicio poli cristalino con MPPT con polvo resulta 0.919.

El coef. De correlación entre la irradiancia y la potencia del módulo silicio poli cristalino con MPPT sin polvo resulta 0.910.

Figura 37

Relación de la potencia generada del módulo silicio poli cristalino.



Nota. Relación de la potencia generada del módulo silicio poli cristalino con controlador MPPT con relación a la irradiación solar w/m2.

- **Caracterización de temperaturas de los módulos solares silicio poli cristalino con controladores de carga tipo MPPT, en condiciones de polvo y sin polvo.**

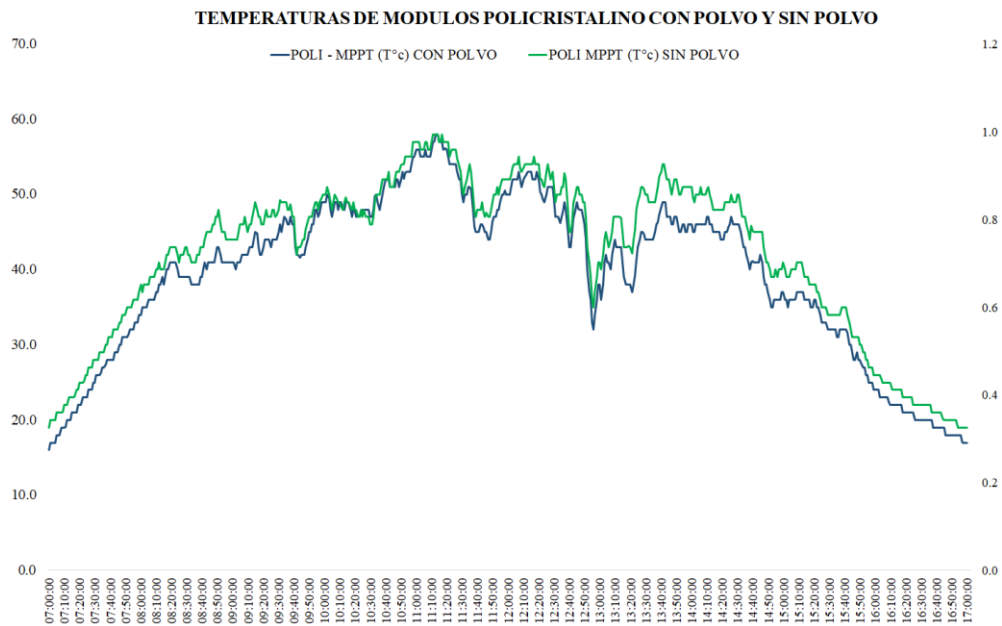
En la figura 38 se contempla la actuación de temperaturas de los módulos solares tipo silicio poli cristalino con controlador de carga tipo MPPT, observamos que la temperatura promedio del módulo con polvo resulta 39.5°C y la temperatura del módulo sin polvo resulta 39.5°C.

- **Formula de potencia máxima en el módulo solar**

Para la determinar la diferencia entre potencias de los módulos solares se da de la siguiente manera:

Figura 38

Temperatura de módulos policristalino con controlador MPPT.



Nota. Temperatura de módulos policristalino con controlador MPPT, en condiciones de polvo y sin polvo.

- **Eficiencia del controlador MPPT con módulos solares silicio poli cristalino en condiciones de polvo y sin polvo.**

La eficiencia del controlador MPPT de cada módulo solar silicio poli cristalino se ajusta al punto máxima potencia incluso en presencia de sombreado parcial debido al polvo.

La eficiencia del módulo solar poli cristalino MPPT con polvo resulta 67.50%.

La eficiencia del módulo solar poli cristalino MPPT sin polvo resulta 69.58%

Esto significa que, en comparación con la eficiencia sin polvo, la presencia de polvo reduce la eficiencia del módulo en aproximadamente un 2.98%. Es común que la acumulación de partículas de polvo, suciedad u otros elementos en la zona superficial de los paneles solares afecte su límite para convertir la luz solar en electricidad de manera eficiente.

La energía producida a lo largo del día desde las 7:00am hasta las 5:00pm por el módulo silicio poli cristalino con controlador MPPT en condiciones sin polvo resulta 0.70 kWh, mientras que la energía producida por el módulo silicio poli cristalino en condiciones con polvo resulta 0.68 kWh. Teniendo una diferencia de 0.02 kWh de energía producida durante el día.

- **Caracterización de módulos solares silicio mono cristalino con controlador de carga PWM y PWM en condiciones de polvo y sin polvo.**

En la tabla 21 se representa algunos valores paramétricos de la configuración tipo II de los módulos solares tipo silicio mono cristalino con un solo tipo de controlador PWM, en condiciones donde un módulo solar se encuentra afectado por el polvo y el otro está en constante limpieza.

Tabla 21

Valores paramétricos de los módulos silicio mono.

HORA	Mono PWM (voltaje) con polvo	Mono PWM (voltaje) sin polvo	Mono PWM (Amper.) con polvo	Mono PWM (Amper.) sin polvo	Irradiancia (W/m ²)	Mono PWM (T ^o c) con polvo	Mono PWM (T ^o c) sin polvo
07:00:00	15.42	13.42	1.86	1.54	418	27	19
08:00:00	14.25	16.27	2.40	3.39	675	47	35
09:00:00	13.61	15.22	3.53	4.82	901	56	44
10:00:00	14.12	14.38	6.29	5.73	1061	63	51
11:00:00	14.59	14.86	6.45	6.10	1146	70	57
12:00:00	14.40	16.84	4.22	6.08	1147	66	53
13:00:00	13.56	14.36	1.49	2.15	1041	52	39
14:00:00	14.65	14.82	3.52	4.11	812	59	48
15:00:00	13.74	14.26	2.56	3.43	587	48	38
16:00:00	12.54	12.54	1.73	1.85	317	34	26
17:00:00	12.90	10.53	0.36	0.48	39	26	19

Nota. Valores paramétricos ajustados de los módulos silicio mono cristalino con controladores de carga tipo PWM, en condiciones de polvo y sin polvo, para representar, se trabajaron con los valores reales.

- **Potencia generada por los módulos solares silicio mono cristalino con controlador de carga PWM y PWM en condiciones de polvo y sin polvo**

En la figura 39 se representa la potencia generada durante el día de los módulos solares silicio poli cristalino en condiciones de polvo y sin polvo con controladores de carga tipo MPPT, visualmente observamos que la potencia del módulo en condiciones limpio esta levemente superior al módulo afectado por el polvo.

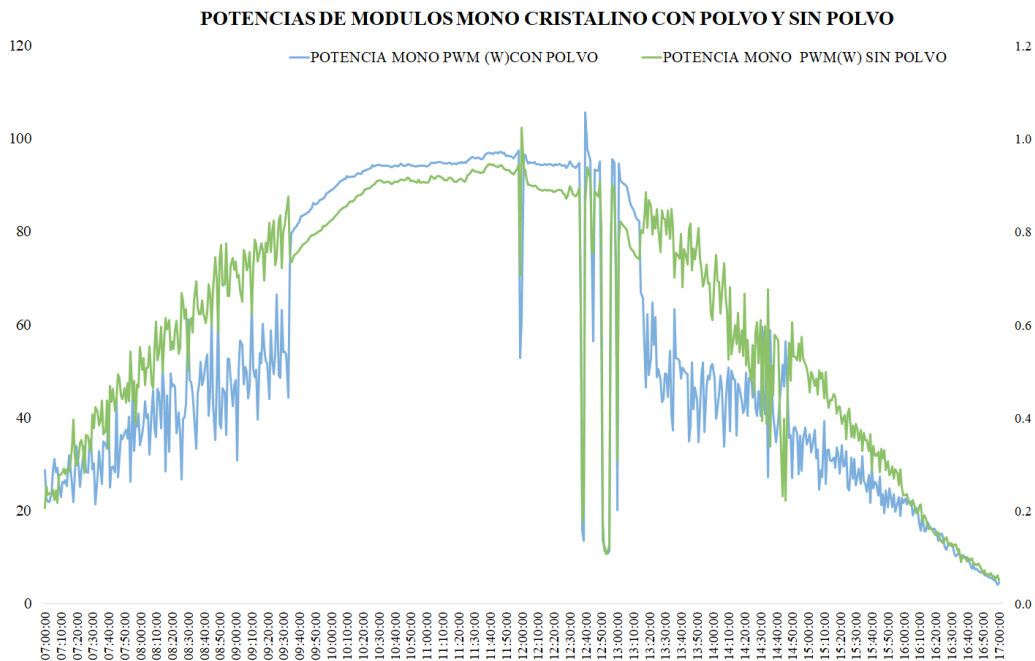
La potencia máxima generada del módulo solar silicio Mono cristalino con polvo resulta 105.71 watts.

La potencia máxima generada del módulo solar silicio Mono cristalino sin polvo resulta 86.71 watts.

Como se muestra la potencia máxima alcanzada por el módulo solar con polvo es mayor al módulo solar sin polvo, sin embargo, observamos que en todo el trayecto del día este no tiene caídas de potencia como se observa en el módulo con polvo.

Figura 39

Potencias de módulos silicio mono cristalino.



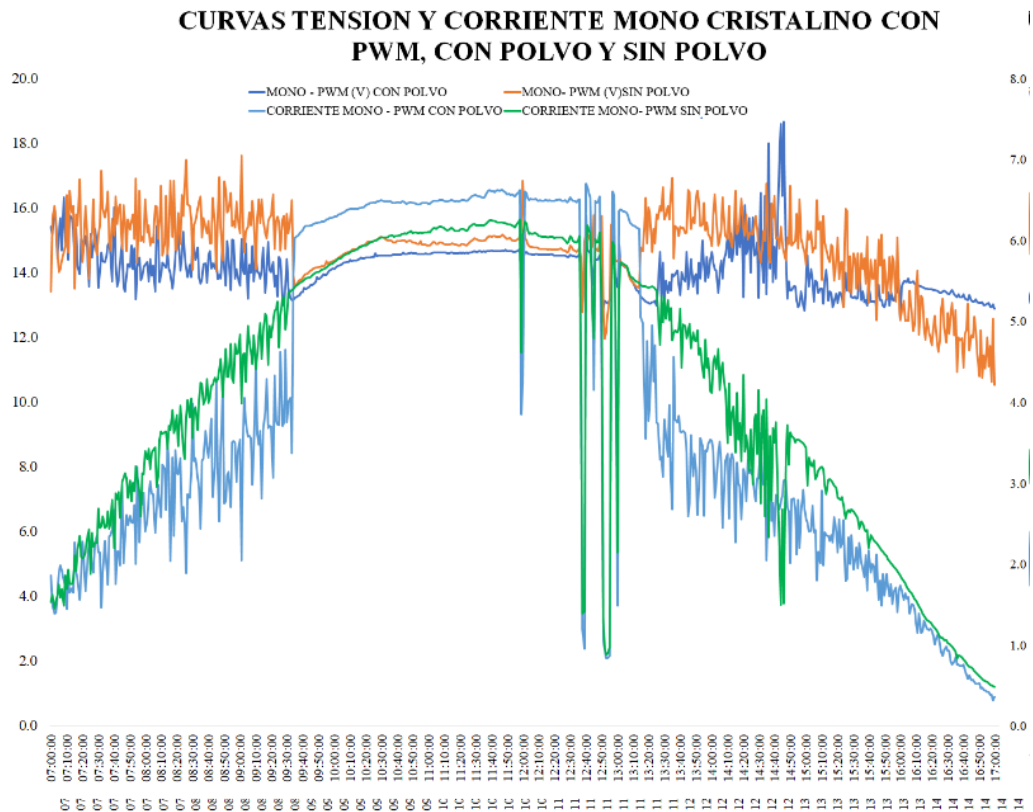
Nota. Potencias de módulos silicio mono cristalino con controlador PWM en condiciones de polvo y sin polvo.

- **caracterización del tensión y corriente de los módulos solares silicio mono cristalino con controladores de misma tecnología PWM, en condiciones de polvo y sin polvo.**

En la figura 40 se muestra las curvas de corriente y voltaje de ambos módulos solares silicio poli cristalino, ambos con controlador de carga tipo PWM, el módulo afectado por el polvo muestra una disminución en la corriente y el voltaje, lo que afecta directamente la potencia generada, observamos que la corriente del módulo PWM con polvo tiene valores paramétricos por encima de los de PWM sin polvo, esto puede provocarse por factores climatológicos, o alguna sombra parcial, entre otras cosas.

Figura 40

Curvas tensión corriente del módulo silicio mono cristalino.



Nota. Curvas tensión corriente del módulo silicio mono cristalino con controlador PWM en condiciones de polvo y sin polvo.

- **Corriente generada del módulo silicio mono cristalino con controladores PWM con polvo y sin polvo en relación con la irradiancia solar w/m2**

En la figura 41 se visualiza la relación de la irradiación solar generada en el trayecto del día con la potencia generada por los módulos tipo silicio poli cristalino con controladores tipo PWM, en condiciones de polvo y sin polvo, se observa que ambas corrientes se mantienen en relación con la irradiación teniendo ligera diferencia, también se observa que la corriente del policristalino

El coef. De correlación entre la irradiancia y la potencia del módulo silicio poli cristalino con polvo resulta 0.879.

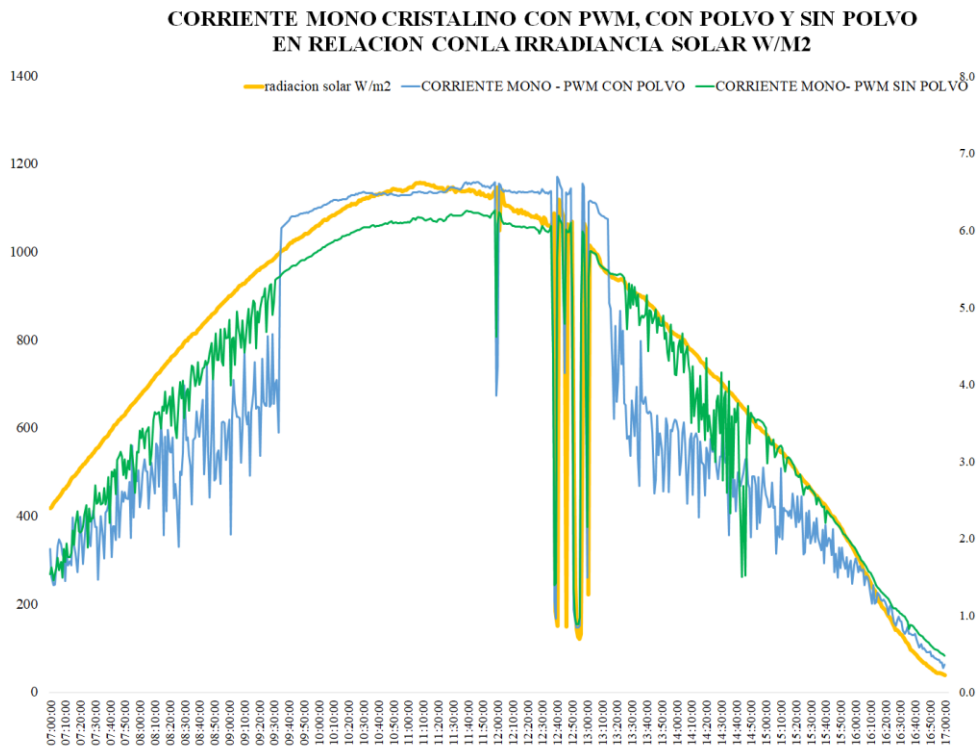
El coef. De correlación entre la irradiancia y la potencia del módulo silicio poli cristalino con PWM sin polvo resulta 0.944.

Se observa que a pesar de que el módulo solar afectado por el polvo tiene más pico de generación de corriente en un cierto tiempo, al final del día, por sus condiciones tiende a

tener caídas de tensión, lo cual provoca su resultado, por otro lado, la corriente eléctrica del módulo sin polvo tiende a tener una curva con menos picos y más próximo a la curva de la irradiancia solar del día.

Figura 41

Correlación de la corriente eléctrica de módulos en condición de polvo y sin polvo



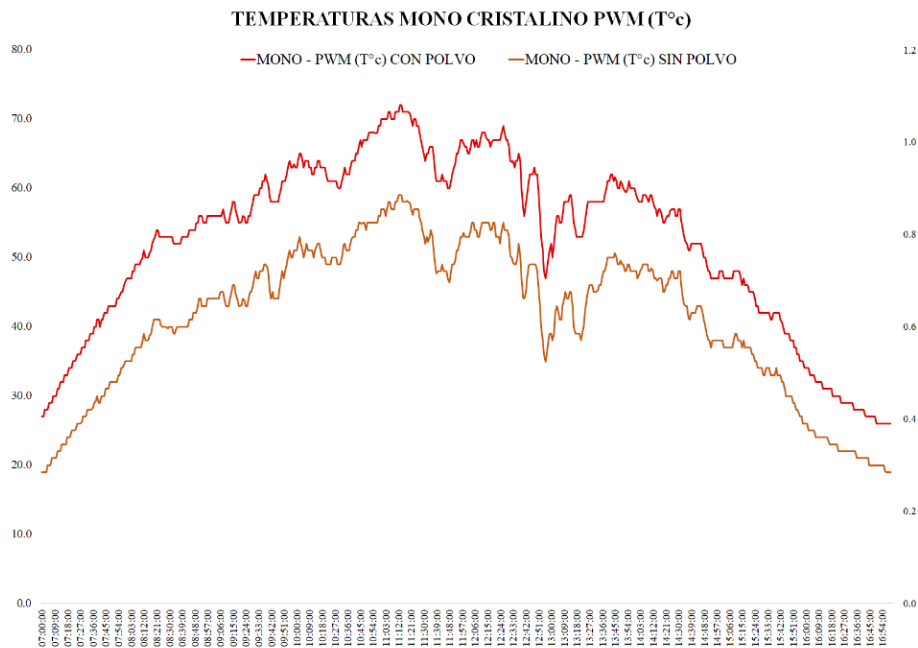
Nota. Correlación de la corriente eléctrica de los módulos solares en condiciones de polvo y sin polvo con controlador de carga tipo PWM, con la irradiancia solar w/m2.

- **Caracterización de temperaturas de los módulos solares silicio poli cristalino con controladores de carga tipo MPPT, en condiciones de polvo y sin polvo.**

En la figura 42 muestra la variación de temperaturas de los módulos solares tipo silicio poli cristalino con controlador de carga tipo MPPT, observamos que la temperatura del módulo solar sin polvo es visiblemente mayor al módulo con polvo la temperatura mayor alcanzada por el módulo sin polvo resulta 72°C, la temperatura mayor alcanzada por el módulo con polvo resulta 59°C.

Figura 42

Temperaturas de los módulos solares.



Nota. Temperaturas de los módulos solares silicio mono cristalino con controlador de carga PWM.

- **Eficiencia y Producción de energía del módulo solar PWM con módulos solares silicio mono cristalinos, en condiciones de polvo y sin polvo.**

La eficiencia del módulo solar poli cristalino PWM con polvo resulta 61.07%

La eficiencia del módulo solar poli cristalino PWM sin polvo resulta 51.51%

Esto significa que, en comparación con la eficiencia sin polvo, la presencia de polvo reduce la eficiencia del módulo en aproximadamente un 9.56%, una diferencia de eficiencia considerable frente al módulo en condiciones de limpieza.

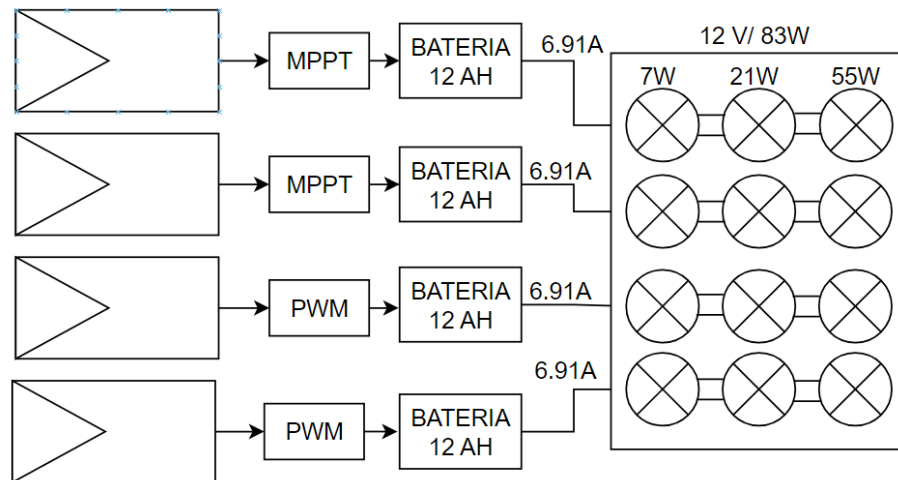
energía producida a lo largo del día desde las 7:00am hasta las 5:00pm por el módulo silicio poli cristalino con controlador PWM en condiciones sin polvo resulta 0.618 kWh, mientras que el otro módulo silicio poli cristalino con controlador PWM en condiciones con polvo resulta 0.55 kWh, la diferencia de energía producida durante el día resulta 0.068 kWh.

4.5. Caracterización del comportamiento de las cargas de consumo frente a la generación FV.

En la figura 43 se visualiza el diseño de las cargas consumidoras que se encuentran en voltaje 12DC, con una potencia de 83 watts y una corriente de consumo de 6.91 A.

Figura 43

Diagrama de conexión de las cargas consumidoras del SF autónomo



Nota. Diagrama de conexión de las cargas consumidoras del sistema fotovoltaico autónomo.

- **Caracterización de la producción de energía fotovoltaica frente al consumo energético.**

El diseño del consumo de carga se realizó con los valores paramétricos para poder aprovechar la máxima potencia de producción de energía de los módulos solares tipo poli cristalino y mono cristalino.

En la figura 44 se representa el comportamiento del consumo de corriente de la carga conectado al PWM – Mono cristalino y el consumo de corriente de su respectiva carga del día 17 de septiembre. Se puede observar picos de caídas y subidas por debajo de valor de 0.

Esta corriente negativa se refiere al consumo de corriente que se da al inicio del día, esto por la poca ausencia de irradiancia solar.

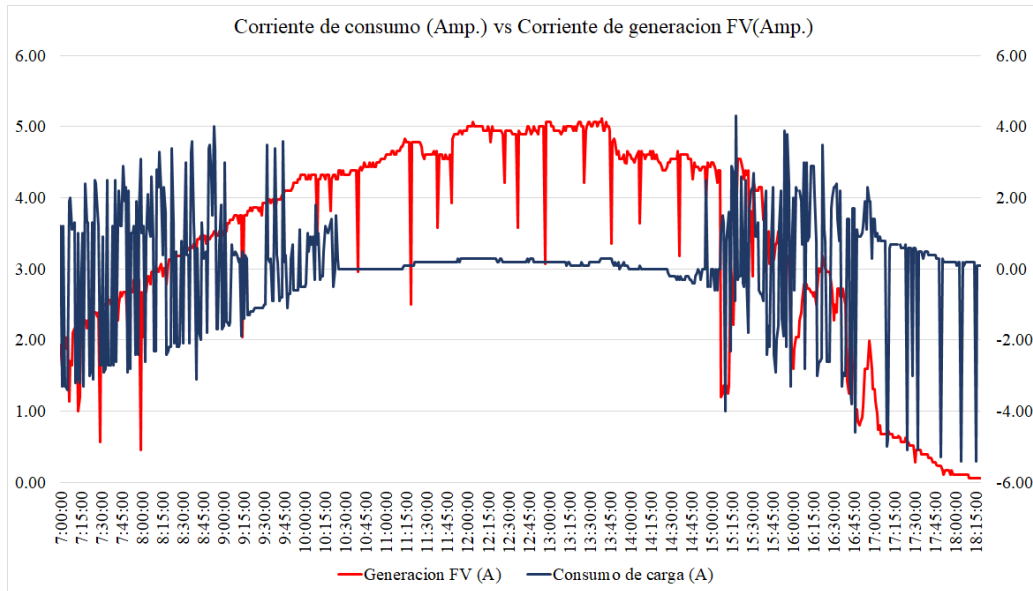
El consumo de corriente de carga siempre será mayor a la corriente de generación, como se analiza en la figura 44, esto en el tramo de las 7:00 am hasta las 10.30am, donde se observa que la generación de corriente tiende a aumentar a partir de las 10.30 hasta alcanzar su pico en las 12:45pm.

Este suceso se repite diariamente en el sistema debido a que el diseño del consumo de carga es para aprovechar la máxima potencia del módulo solar, que se da entre las 9.30am a 2:45pm en esta situación.

Entre las horas 10:30 y 2:30pm podemos decir que la corriente de generación es igual o mayor al consumo de corriente de la carga, es decir mayor a 6.91 A.

Figura 44

Comportamiento de la corriente de generación de FV



Nota. Comportamiento de la corriente de generación de FV frente al consumo de corriente de las cargas de consumo.

- **Energía producida por el sistema fotovoltaico autónomo con controladores de carga tipo PWM y MPPT.**

En la figura 45 se presenta la energía total producida en el sistema durante el plazo de 3 meses (septiembre, octubre, noviembre)

La energía producida por el sistema fotovoltaico autónomo con controladores PWM y MPPT en el mes de septiembre: 48.3 kWh.

La energía producida por el sistema fotovoltaico autónomo con controladores PWM y MPPT en el mes de octubre: 51.49 kWh.

La energía producida por el sistema fotovoltaico autónomo con controladores PWM y MPPT en el mes de noviembre: 42.39 kWh.

- **Sistema con PWM**

En el mes de septiembre se tiene 4 días donde el sistema no registro datos.

La energía producida por el sistema fotovoltaico con controladores PWM en el mes de septiembre resulta: 21.63kWh

La energía producida por el sistema fotovoltaico con controladores PWM en el mes de octubre resulta: 23.19 kWh.

La energía producida por el sistema fotovoltaico con controladores PWM en el mes de noviembre resulta: 19.09 kWh

- **Tecnología MPPT**

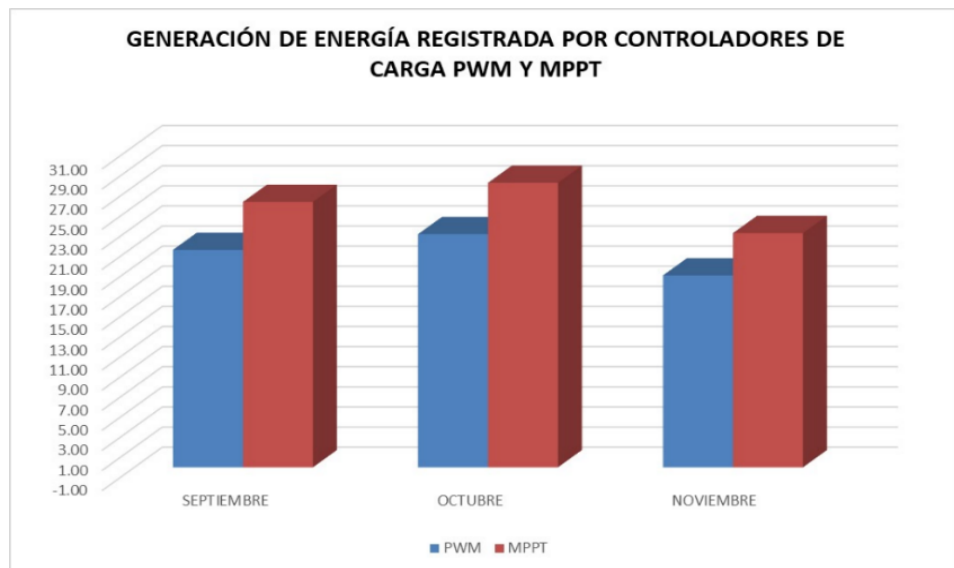
La energía producida por el sistema fotovoltaico con controladores MPPT en el mes de septiembre resulta: 26.40 kWh

La energía producida por el sistema fotovoltaico con controladores MPPT en el mes de octubre resulta: 28.30 kWh.

La energía producida por el sistema fotovoltaico con controladores MPPT en el mes de noviembre resulta: 23.30 kWh.

Figura 45

Diagrama de barras caracterizando la energía que se genera en el sistema fotovoltaico.



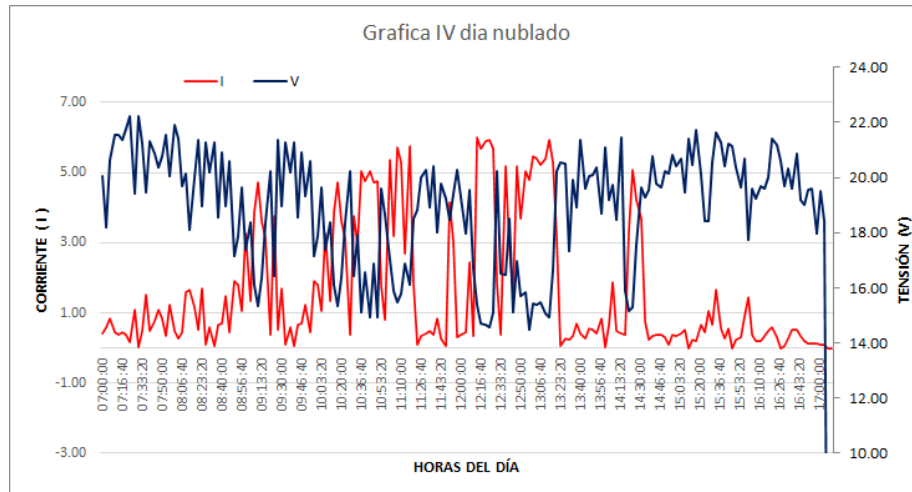
Nota. Diagrama de barras caracterizando la energía producida por el sistema fotovoltaico autónomo con PWM y MPPT.

4.6. Caracterización en días nublados o con ausencia de irradiancia solar

Como sabemos en el departamento de Puno, en el distrito de Ayabacas no se tiene un clima totalmente definido, ya que las lluvias y corrientes de vientos son muy comunes, en la figura 46 se aprecia la evolución del voltaje y flujo eléctrico en un día nublado.

Figura 46

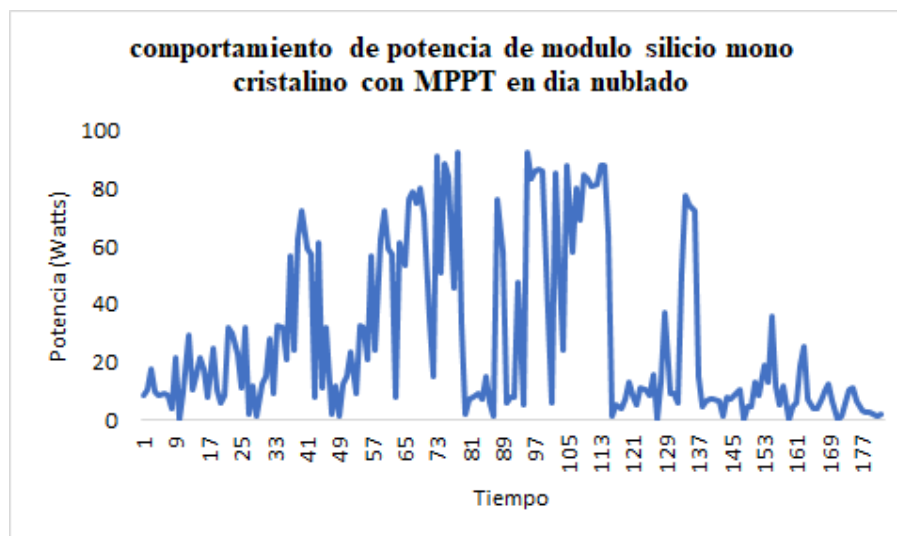
Comportamiento de la tensión y corriente en un día nublado.



El la figura 47 describe el comportamiento de la potencia del módulo solar mono cristalino con controlador MPPT un día nublado, con ausencia del sol que se da durante el día, esta caída de potencia se da normalmente por sombras, ausencia de lluvias, ausencia de irradiancia solar.

Figura 47

Comportamiento de potencia del módulo.



Nota. Comportamiento de potencia del módulo silicio mono cristalino con MPPT en día nublado.

4.7. Manual de enseñanza del sistema solar fotovoltaico autónomo de silicio poli cristalino y mono cristalino, con controladores PWM y MPPT.

La importancia del manual radica en su capacidad para proporcionar a los usuarios, especialmente estudiantes y profesionales, una guía completa y detallada para comprender, operar y mantener eficientemente un sistema fotovoltaico autónomo. Este recurso no solo aborda los aspectos teóricos y técnicos del sistema, sino que también destaca la descripción pormenorizada de cada componente, permitiendo a los usuarios adquirir conocimientos prácticos y habilidades esenciales, el manual fomenta la implementación exitosa de tecnologías como controladores PWM y MPPT, contribuyendo así al desarrollo de habilidades en energías renovables y promoviendo prácticas sostenibles. El manual se detalla a continuación.

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



**“MANUAL DE ENSEÑANZA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO
AUTONOMO CON CONTROLADORES MPPT Y PWM DE LA
EPIER - UNAJ”**

AUTORES:

Bach. Yeison Huaracha Tupac

Juliaca, 2025

MANUAL DE ENSEÑANZA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTONOMO CON CONTROLADORES MPPT Y PWM DE LA EPIER – UNAJ.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- **Identificar los componentes principales del sistema fotovoltaico autónomo:** El estudiante será capaz de reconocer e identificar cada componente esencial de un sistema fotovoltaico autónomo, elementos del sistema, como los módulos solares fotovoltaicos, los controladores lógicos programables (PWM y MPPT), baterías y cargas, y el sistema de control Cerbo GX, entendiendo su función y como se relacionan uno con otros.
- **Operar y configurar el Cerbo GX:** El estudiante podrá manejar el dispositivo Cerbo Gx para el monitoreo del sistema fotovoltaico autónomo, comprendiendo como monitorear e interpretar datos recolectados por el sistema de control en tiempo real.
- **Capacitar a los estudiantes en la instalación y mantenimiento del sistema fotovoltaico autónomo:** El estudiante adquirirá la habilidad del procedimiento correcto en la instalación de los diferentes componentes del sistema fotovoltaico autónomo, para comprender como funciona un sistema fotovoltaico autónomo, cumpliendo con las instrucciones de seguridad y normas de instalación.

CONTENIDO DEL CURSO

Introducción

El presente manual describe el sistema fotovoltaico autónomo siendo este una tecnología clave para la generación de energía renovable, especialmente en entornos donde no existe acceso a redes eléctricas convencionales. Este sistema convierte la energía solar en electricidad de corriente continua, aprovechando la radiación solar a mediante paneles fotovoltaicos. En este manual, se describe cada componente y la configuración de un sistema fotovoltaico autónomo compuesto por cuatro módulos solares, de tipo monocristalino y policristalino, conectados a los reguladores de carga tipo PWM (Modulación por ancho de pulso) y MPPT, (rastreo del punto máximo de potencia).

El sistema está diseñado para energizar cargas de bajo consumo, como el caso del sistema de consumo de energía diseñado de 85Wattsa. Además, se integra con un sistema de control

y monitoreo en tiempo real Cerbo GX, que permite la recopilación de los datos operativos, facilitando el análisis y la optimización del rendimiento del sistema.

Este manual tiene como objetivo proporcionar a los estudiantes y profesionales en el ámbito de las energías renovables, una guía detallada sobre los aspectos técnicos y operativos del sistema fotovoltaico autónomo, con especial énfasis en la comprensión de los controladores de carga, las baterías y los paneles solares en diferentes condiciones operativas.

En este sistema se pueden realizar diversos ensayos respecto a la energía solar fotovoltaica, el cual tiene sistema de monitoreo en tiempo real mediante el dispositivo CERBO GX, riesgos eléctricos que se describirán, también se mencionara la correcta manera de su instalación y conexiones, operación, mantenimiento y conservación que comprende este sistema.

Los sistemas fotovoltaicos autónomos

Un sistema fotovoltaico autónomo es un recurso sublime para aquellos que buscan una fuente de energía limpia, confiable y autónoma. Mediante el cual se aprovecha la energía proveniente del sol, estos sistemas ayudan a reducir nuestra sujeción de los combustibles fósiles y a apoyar en el conservar el medio ambiente.

Figura 48

Sistema fotovoltaico autónomo.



Nota. Sistema fotovoltaico autónomo instalado en el instituto de energías renovables (Elaboración propia).

Diferencias entre sistemas autónomos y conectados a la red

La decisión entre un sistema fotovoltaico aislado y uno interconectado a la red dependerá de tus necesidades específicas, tu ubicación geográfica y tu presupuesto. Ambos sistemas tienen

sus ventajas y desventajas, y la decisión final debe tomarse en base a un análisis detallado de tus requerimientos.

Tabla 22

Diferencias entre un SF autónomo frente a uno conectado a la red eléctrica.

Características	Sistema autónomo	Sistema conectado a la Red
Conexión a la red	No	Si
Almacenamiento	Necesario (baterías)	Opcional
Control	Local	Puede ser local o remoto
Ventajas	Independencia energética, ideal para zonas rurales o aisladas de la red eléctrica.	Mayor capacidad de generación eléctrica, con posibilidad de vender el excedente.
Desventajas	Costo económico inicial alto debido a las baterías, capacidad limitada de almacenamiento.	Dependencia de la red eléctrica en caso de algún tipo de fallo.

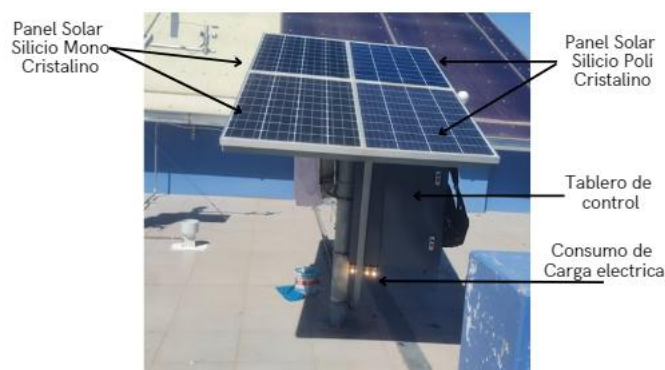
Descripción funcional y constructiva del equipo:

Presentación del sistema fotovoltaico autónomo para ensayos:

El sistema fotovoltaico autónomo se encuentra instalado en un mono poste 2x2, ubicado en las instalaciones del instituto de energías renovables y eficiencia energética, está conformado por 4 módulos solares, un tablero de control donde se encuentra: 2 controladores de carga tipo PWM y 2 controladores de carga tipo MPPT, baterías de 12 AH, y una carga eléctrica, es un sistema implementado para llevar a cabo experimentos didácticos en el tema de energía solar fotovoltaica en sistemas aislado de la red eléctrica.

Figura 49

Sistema fotovoltaico autónomo de la EPIER.



Componentes del sistema

paneles solares

Estos dispositivos aprovechan el efecto fotoeléctrico en las celdas de silicio para transformar la energía luminosa en corriente eléctrica que puede ser utilizada o almacenada en baterías.

El sistema fotovoltaico autónomo está conformado por dos tipos de módulos solares: Silicio mono cristalino y Silicio policristalino.

Paneles Solares Monocristalinos

Están hechos de un solo cristal de silicio, lo que les otorga un color negro intenso y un aspecto más uniforme. Son los paneles más eficientes, es decir, generan más energía eléctrica por unidad de superficie. Son más caros que los policristalinos debido a su mayor eficiencia y proceso de fabricación.

Figura 50

Panel solar silicio mono cristalino.



Paneles Solares Policristalinos

Están compuestos por múltiples cristales de silicio fusionados, lo que les da un aspecto más azulado y una textura ligeramente rugosa. son ligeramente menos eficientes que los monocristalinos. Son más económicos que los monocristalinos, lo que los hace una opción popular para instalaciones a gran escala. Toleran mejor las altas temperaturas, lo que puede ser una ventaja en climas cálidos a comparación de los monocristalinos.

Figura 51

Panel solar silicio policristalino.



Controladores lógicos programables (PWM y MPPT)

Los controladores o reguladores de carga son componentes principales en los sistemas fotovoltaicos autónomos, ya que se encargan de regular el flujo de energía entre los paneles solares y el banco de baterías. Su objetivo principal es resguardar las baterías procesos de sobrecarga y descarga profunda, contribuyendo a prolongar su vida útil y a optimizar el rendimiento global del sistema.

Controlador de carga tipo PWM (pulse width modulation)

El controlador de carga PWM (modulación por ancho de pulso) tiene como propósito evitar una descarga excesiva del banco de baterías, al gestionar la conexión y desconexión de las cargas en su salida. Cuando la tensión de la batería desciende por debajo de un valor umbral predefinido, el equipo interrumpe el suministro a la carga para protegerla. Estos controladores se caracterizan por ser económicos y de operación sencilla; sin embargo, no permiten aprovechar por completo la energía disponible en los módulos solares, especialmente en condiciones de baja irradiancia o cuando la tensión de los paneles supera la tensión nominal de las baterías.

El controlador de carga tipo PWM, incorporado al sistema fotovoltaico, es un Controlador Victron Blue Solar PWM-LCD&USB 12/24V-10 A de la marca Victron Energy.

Figura 52

Controlador Victron Blue Solar.



Nota. Controlador Victron Blue Solar PWM-LCD&USB 12/24V-10 A. (victron Energy).

- Regulador de carga tipo MPPT (Máximo Power Point Tracking)

Controlador MPPT (seguidor del punto de máxima potencia), utiliza algoritmos complejos para seguir el punto de máxima potencia (MPP) de módulos solares, ajustando continuamente el voltaje y la corriente de los paneles, maximizando así la energía extraída, es un convertidor DC- DC, donde transforma la tensión del módulo a una tensión adecuada para cargar la batería, extrae la máxima energía de los módulos solares, incluso en condiciones de baja irradiación, permite utilizar paneles con una tensión más alta que las baterías y son más caros que los PWM y complejidad técnica.

El controlador de carga SmartSolar MPPT 75/15 de Victron permite suministrar hasta 15 A de corriente de carga al banco de baterías, trabajando con tensiones de entrada en los paneles de hasta 75 V. Este equipo incorpora conectividad Bluetooth, lo que posibilita supervisar y ajustar parámetros desde un teléfono móvil. El algoritmo MPPT integrado mejora el aprovechamiento de la energía generada por los módulos, incluso en condiciones de nubosidad. Es compatible con sistemas de 12 y 24 V y dispone de una salida en corriente continua para alimentar cargas de bajo consumo.

Figura 53

Controlador Smart Solar MPPT 75V 15 A. (Victron Energy).



Acumuladores de energía (batería)

Las baterías son componentes que conforman un sistema fotovoltaico, su función principal de una batería es acumular el sobrante de energía eléctrica producido por los paneles solares durante las horas de sol, esta energía almacenada puede utilizarse posteriormente, durante las horas de oscuridad o en momentos de mayor demanda energética.

La batería implementada en el sistema fotovoltaico autónomo es el modelo GP 12120 de 12 Ah, tipo plomo - acido, son las más comunes y económicas, pero tienen una vida útil limitada y requieren mantenimiento.

Figura 54

Batería GP 12120 12 AH CSB, (CSB).



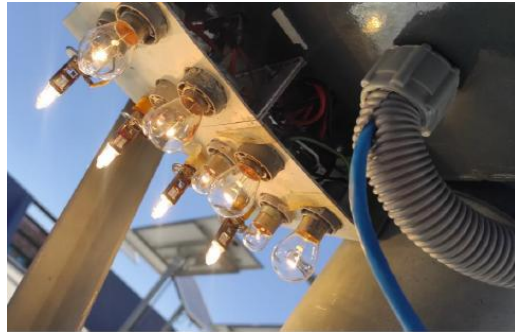
Carga (no variable)

En un sistema fotovoltaico autónomo se denomina carga eléctrica a cualquier equipo o dispositivo que utilice la energía generada por los módulos solares. Estos receptores se conectan al sistema para operar a partir de la electricidad producida y almacenada en el banco de baterías.

La carga instalada en el sistema fotovoltaico está conformada por focos incandescentes conectados en paralelo, con la batería, estos tienen una potencia de 60 watts, y funcionan a 12 V, Estos actúan como la carga que transforma la energía eléctrica generada por los paneles solares en luz visible.

Figura 55

Consumo de energía Narva, 60 WP, 12V (Elaboración propia).



Resistencia smart shunt 500 A

El SmartShunt de 500 A es un monitor de baterías compacto que prescinde de pantalla integrada. La visualización de los parámetros se realiza a través de un teléfono móvil o tableta, mediante la aplicación VictronConnect y una conexión Bluetooth. Desde la aplicación es posible supervisar variables como el estado de carga, la autonomía estimada, el historial de consumo y otros datos relevantes para la gestión del banco de baterías.

Este equipo combina un shunt de batería con conectividad Victron VE.Direct y Bluetooth, lo que permite la conexión a un dispositivo Victron GX o a su teléfono o tableta. Con la aplicación gratuita Victron Connect instalada, su teléfono se convierte en su monitor de batería, lo que le permite controlar fácilmente los parámetros de la batería, el estado de carga, el tiempo restante, la información histórica, entre otros.

Figura 56

Resistencia Smart Shunt 500 A (Victron Energy).



Control y monitoreo CERBO GX

El Cerbo GX actúa como unidad central de comunicaciones del sistema, permitiendo supervisar y controlar la instalación fotovoltaica en tiempo real y desde distintos puntos de acceso. El equipo puede enlazarse con el portal Victron Remote Management (VRM), con la pantalla táctil opcional GX Touch o con la aplicación VictronConnect mediante Bluetooth.

De este modo es posible visualizar el estado de carga, flujos de energía y otros parámetros relevantes para optimizar el funcionamiento del sistema.

El Cerbo GX le permite supervisar y controlar su sistema en cualquier momento y desde cualquier lugar. Está diseñado para ser una pieza central versátil que se conecta sin problemas a sus otros productos conectados de Victron, así como a dispositivos de terceros compatibles. Controle sistemas remotos con monitoreo en tiempo real, análisis históricos, acceso y control a distancia con el portal Victron Remote Monitoring (VRM) y la aplicación Victron Connect. O simplemente conecte una pantalla GX Touch para controlarlo directamente.

Figura 57

Centro de comunicaciones Cerbo GX (Victron Energy).



Modo de funcionamiento

Este banco de ensayos fotovoltaicos está diseñado para brindar a los participantes una experiencia práctica en el campo de las energías renovables. A través de este sistema, podrán explorar y comprender el funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos autónomos de manera integral. El banco cuenta con una variedad de componentes, como paneles solares monocristalinos y policristalinos, controladores de carga PWM y MPPT, baterías, cargas eléctricas y un sistema de monitoreo avanzado (Cerbo GX). Los estudiantes podrán realizar conexiones, medir parámetros, ajustar configuraciones y analizar el comportamiento del sistema bajo diversas condiciones y optimizar su diseño, instalación y operación de sistemas fotovoltaicos, es importante destacar que todas las actividades se realizarán bajo estrictos protocolos de seguridad y la guía de un profesional especializado en el tema.

Dispositivos de protección

Los dispositivos de protección en un sistema fotovoltaico son elementos esenciales que garantizan la seguridad de las personas, equipos y la instalación en general. Estos componentes están diseñados para detectar y responder a condiciones anormales como sobre

corrientes, cortocircuitos, sobretensiones y fallas a tierra, evitando daños y asegurando la continuidad del servicio.

Tipos de dispositivos de protección y su función:

- **Fusibles:** son elementos que se funden cuando circula una corriente superior a su valor nominal, interrumpiendo el circuito y protegiendo los componentes conectados.

Figura 58

Fusible de protección contra sobre corrientes



Nota. Fusible de protección contra sobre corrientes, tipo uña de 20 Amperios del controlador de carga tipo MPPT 75/15 (Victron Energy).

Además, el controlador de carga PWM dispone de una salida destinada a las cargas que incorpora función de desconexión por baja tensión y posibilidad de corte manual. Esta salida se encuentra protegida frente a condiciones de sobrecarga y a eventuales cortocircuitos, lo que incrementa la seguridad de operación del sistema.

Figura 59

Diodo transistor 10 A.

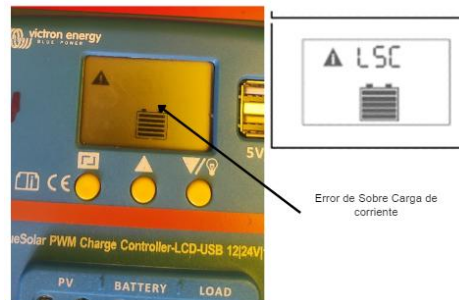


Nota. Diodo transistor 10 A, encontrado internamente del controlador de carga Victron Blue Solar PWM LCD&USB 12/24V-10 A.

En caso de provocar un cortocircuito este tiene un diodo transistor interno que puede ser reemplazado por un técnico del área. Si se vulnera la capacidad de corriente del controlador PWM surgirá el mensaje como se menciona en la figura 60.

Figura 60

Error de sobre corriente en el controlador PWM (elaboración propia).



Nota. Error de sobre corriente en el controlador PWM (elaboración propia).

- **Interruptor termomagnético y disyuntor diferencial:** protegen la instalación eléctrica frente a sobre corrientes y fallas de aislamiento que podrían provocar cortocircuitos, incendios o descargas eléctricas a las personas.

Los interruptores termomagnéticos son dispositivos destinados a abrir el circuito cuando la corriente supera un valor umbral preestablecido. En síntesis, actúan como elementos de protección de las instalaciones y de los equipos conectados frente a sobrecargas y cortocircuitos.

El sistema de protección del sistema fotovoltaico consta de un interruptor termomagnético SDZ 2x10A y SDZ 1x2A, y un disyuntor diferencial bipolar SDR 2x40A.

Figura 61

Caja de protección de los módulos solares



Nota. Elaboración propia, 2024

Características eléctricas de los componentes del sistema

Tabla 23*Tabla de características eléctricas de modulo solar mono cristalino 100 WP.*

MODULO SOLAR MONO CRISTALINO	
Nombre (fabricante y modelo):	OSDA 100-M-18
Potencia máxima, PM (W):	100WP
Corriente de cortocircuito, ISC (A):	5.99A
Corriente de máxima potencia, IM (A):	5.47 A
Tensión de circuito abierto, VOC (V):	22.42 V
Tensión de máxima potencia, VM (V):	18.30V
Dimensiones (A/A/F)	1130x668x35 mm
factor de forma, FF	0.75
certificación conforme a la norma	IEC-61215.

Nota. Extraído de la ficha técnica del fabricante.

Fuente: Elaboración propia (2024).

Tabla 24*Tabla de características eléctricas del módulo solar policristalino 100 WP.*

MODULO SOLAR POLI CRISTALINO	
Nombre (fabricante y modelo):	OSDA 100-P-18
Potencia máxima, PM (W):	100W
Corriente de cortocircuito, ISC (A):	5.94A
Corriente de máxima potencia, IM (A):	5.5 A
Tensión de circuito abierto, VOC (V):	21.85V
Tensión de máxima potencia, VM (V):	18.20V
Dimensiones (A/A/F)	Dimensiones (A/A/F)
factor de forma, FF	0.80
certificación conforme a la norma	IEC-61215.

Nota. Extraído de la ficha técnica del fabricante.

Fuente: Elaboración propia (2024).

Tabla 25*Tabla de características eléctricas del controlador tipo MPPT.*

CONTROLADOR DE CARGA TIPO MPPT BLUE SOLAR 75/15 A	
Etiqueta	Blue Solar MPPT 75/15
Fabricante	Victron Energy
Modelo	75/15
Capacidad en amperes FV	15 A
Consumo nominal de operación	15A
Tensiones de desconexión y reposición del consumo	11,1V o 11,8V o alg. Batterylife/13,1V o 14V
Factor de corrección de tensión por T°C	-16mV/°C, -32mV/°C
Diagrama eléctrico especificación polaridades y terminales	si
Tipo de controlador	Máxima potencia MPPT
Certificados	IEC 62109, UL 1741, CSA C22.2
Condiciones climáticas	+3000 msnm y humedad 95%, sin condensación
Vida útil del controlador	10 años

Nota. Extraído de la ficha del fabricante (victron Energy).

Fuente: Elaboración propia (2024).

Tabla 26*Tabla de características eléctricas del controlador de carga tipo PWM.*

CONTROLADOR DE CARGA TIPO PWM 12/24 10 A	
Etiqueta	Blue Solar PWM- light 12/24
Fabricante	Victron Energy
Modelo	PWM- Ligt12/24
Consumo nominal de operación	10 A
Tensión solar máxima	24V
Diagrama eléctrico especificación polaridades y terminales	si
Tipo de controlador	PWM (Modulación por Ancho de Pulso)
Certificados	IEC 62109, EN60335 EN61000-6-1, EN61000-6-3, ISO7637-2
Condiciones climáticas	+3000 msnm, humedad máx. 95%, sin condensación
Rango de temp. de funcionamiento	-35°C + 60°C (Carga completa)
Vida útil del controlador	10 años

Nota. Extraído de la Ficha del fabricante (victron Energy).

Tabla 27*Características eléctricas del acumulador de energía (Batería).*

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ACUMULADOR DE ENERGIA (batería)	
Etiqueta	CSB
Modelo	CSB 12120
Tensión nominal	12 V
Capacidad en AH	12 AH
Operación y mantenimiento	No requiere
Rango de temperatura	Descarga: -15 °C ~ 50 °C Carga: -15 °C ~ 40 °C
	Almacenamiento: -15 °C ~ 40 °C
Certificados	UL94 -HB, UL94-V0

Nota. Extraído de la Ficha del fabricante (CSB battery).

Tabla 28*Características eléctricas del consumo de energía del sistema.*

CONSUMO DE CARGA 12DC	
Nombre (fabricante y modelo):	NARVA Germany
Tensión de consumo	6.5 A
Potencia de consumo	75W
Límite de corriente de carga máximo recomendado	8 A
Focos por carga	3 (55W,21W, /W)
Marca	NARVA
Diseño	Experimental
Modelo Foco 1	FOCO NARVA P21/5W STANDARD 12V
Modelo Foco 2	FOCO NARVA STANDARD 12V 7W / 17916
Modelo Foco 3	H1 P14,5S 12V 55W NARVA

Nota. Extraído de la Ficha del fabricante (NARVA).

Tabla 29*Características eléctricas de la resistencia Smart shunt 500 A.*

RESISTENCIA SMARTSHUNT 500A	
Tensión de alimentación	6,5 – 70VCC
Consumo de corriente	< 1 mA
Rango de tensión de entrada, batería auxiliar	6,5 – 70 VCC
Capacidad de la batería (AH)	1-9999 Ah
Rango de temperaturas de trabajo	-40 + 50°C (-40-120°F)
Rango de medición de la temperatura	-20+50°C

Tabla 30*Características técnicas del control de monitoreo cerbo GX.*

CONTROL Y MONITOREO CERBO GX	
	3 (Max. Posible de dispositivos VE
puertos VE. Direct (siempre aislado)	Direct:15
VE. Bus (siempre aislado)	2 tomas RJ45 paralelo
Ve. Can	si - sin aislar
Puerto BMS-Can	si
Bluetooth	si
Entrada Nivel Deposito Combustible	
Resistiva	4
Entrada Sensor De Temperatura	4
Entrada tipo Digital	4
Relés	2xNO/NC CC hasta 30 VCC:6 A CC hasta70 VCC:1A CA:6 A,125 VCA
Rango De Temperatura	
Clasificación IP	IP20
Normativas	IEC 62368-1, EN 301489-1, EN 301489-17, ECE 10-6
Longitud Del Cable	2 metros

Nota. Elaboración propia (2024).

Monitoreo y operación del sistema

- Asegurarse de que todos los componentes del sistema estén correctamente instalados: los paneles solares se encuentren bien ubicados, visiblemente que se encuentren en buen estado, los controladores y baterías, finalmente la carga,
- Comprobar que no haya daños en los cables, conexiones o equipos, para ello realizar la prueba de continuidad con un multímetro digital sin energizar el sistema.

Configuración inicial

- Revise que los paneles solares estén situados en un Angulo adecuado y orientados hacia el sur (hemisferio norte) para incrementar la recepción de radiación solar.
- Asegurarse de que el sistema no se encuentre energizado.

Configuración inicial para el controlador de carga tipo PWM 12/24 v

- Conectar primeramente la batería al controlador de carga, teniendo en cuenta la polaridad.
- Conecta el módulo solar al controlador de carga, respetando la polaridad (positivo con negativo).
- Configurar los controladores de carga según los parámetros adecuados para el tipo de batería (Batería de 12 AH, situación presente).
- Conectar la carga eléctrica.

Tabla 31

Parámetros básicos de configuración inicial del controlador de carga tipo PWM.

CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS BÁSICOS	
Tipo de batería	B01 (Plomo acido)
Tensión nominal de la batería	12V (12v,24v, etc.)
Desconexión por tensión baja	12.4v
Voltaje de reconexión	10.5 v
Ajuste de tiempo de funcionamiento de carga	24 H (el controlador suministrara energía a la carga continuamente)
Ajuste de protección contra cortocircuitos	SC. n (activado)

Nota. Elaboración propia (2024).

Figura 62

Entradas y salidas del controlador PWM



Nota. Recuerda que una configuración adecuada del controlador es crucial para el rendimiento óptimo de tu sistema fotovoltaico y la vida útil de tu batería. Elaboración propia, 2024.

Configuración inicial para la Resistencia Smart SHUNT de Victron

- La resistencia Smart shunt de 500 A es un equipo electrónico que se encarga de convertir la señal física del controlador PWM a una señal digital y enviarla al control de monitoreo Cerbo Gx.
- Asegurarse que la instalación del Smart shunt se encuentre de la siguiente manera.
- Conectarse al Smart shunt mediante su conexión inalámbrica de bluetooth y configurar los parámetros básicos.
- Con la aplicación Victron Connect, mediante la cuenta VRM portal, controle los parámetros de la batería.

Figura 63

Configuración inicial de la resistencia Smart Shunt de Victron



Figura 64

Estado de carga con controlador PWM



Tabla 32

Parámetros iniciales de la configuración de la batería.

Configuración inicial Batery	
Tipo de batería	Plomo acido
Capacidad nominal	12AH
Tensión nominal	12V
Corriente máxima	9:00 AM
Actualización de firmware	Actualizar mediante el aplicativo
Tensión baja	10.5V
Tensión alta	14.4V
Activar alertas	Si

Nota. Elaboración propia (2024).

Configuración inicial para el controlador de carga tipo MPPT BLUE SOLAR 75/15 Victron.

- **Conectar la batería al controlador de carga:** Conecta la batería al controlador de carga asegurándote de respetar la polaridad correcta. El terminal positivo de la batería debe ir al positivo del controlador y el negativo al negativo.
- **Conectar el módulo solar al controlador de carga:** Conecta el panel solar al controlador de carga, respetando también la polaridad. Verifica que los terminales positivo y negativo estén correctamente conectados.
- **Configurar el controlador de carga:** Utiliza el manual del usuario de Victron Energy para configurar correctamente el controlador de carga. Sigue las instrucciones específicas para asegurar una instalación adecuada.
- **Configurar mediante Victron Connect:** Usa la aplicación **Victron Connect** a través de Bluetooth o un cable USB VE.Direct para configurar los parámetros básicos del sistema. También puedes hacerlo remotamente a través del portal VRM si tienes acceso a internet.
- **Conectar el MPPT al Cerbo GX:** Conecta el MPPT al Cerbo GX usando el cable **VE.Direct**. Esto permite monitorear y gestionar el rendimiento de los paneles solares.
- **Consultar el manual del usuario:** Ten siempre a la mano el manual del usuario del equipo para resolver dudas técnicas y asegurar un funcionamiento adecuado del sistema.

Figura 65

Configuración del Controlador de carga tipo MPPT (elaboración propia).



Tabla 33

Parámetros iniciales de la configuración del controlador tipo MPPT.

Configuración básica MPPT 75/15 A	
Desconexión por baja tensión	10.5 V
TENSION DE RECONEXION AUTOMATICA DE LA CARGA	12.4 V
Voltaje nominal de Batería	12V
Máxima corriente de carga	9:00 AM
Tipo de batería	Position 2
Cargador habilitado	Habilitado
Modo de operación	BatteryLife

Nota: conecte siempre la batería antes que el módulo solar.

Encendido del sistema

- Verifica que todos los componentes (módulos solares de silicio poli cristalinos y monos cristalinos, controladores de carga tipo MPPT y PWM, baterías y consumo de cargas) estén correctamente conectados a través de las borneras del tablero de control y la entrada en cada uno de estos, ya que una mala conexión podría afectar el rendimiento del sistema y causar fallos en la carga o el consumo de energía.
- Asegurarse de que los almacenadores de energía (baterías) tengan suficiente carga inicial para comenzar la operación (sobre el 60%), esto se puede verificar mediante su aplicación de Bluetooth), como se describe en la siguiente figura.

Figura 66

Porcentaje de la batería



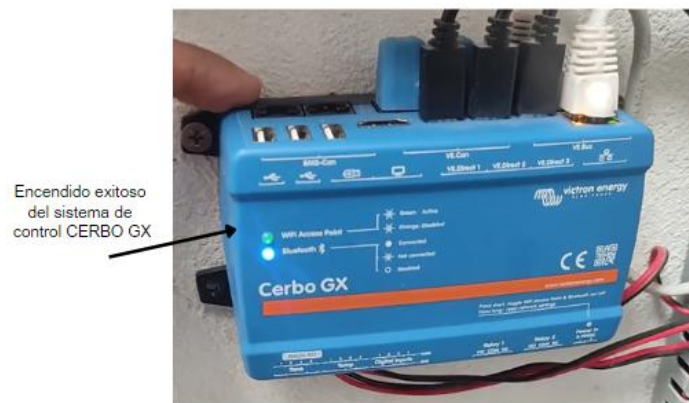
Nota. Porcentaje de la batería del sistema fotovoltaico en estado de descarga con 6.12 A. (elaboración propia).

Energización del CERBO GX

- Asegurarse que todos los componentes del sistema fotovoltaico autónomo estén conectados correctamente antes de energizar el Cerbo GX.
- Verifica que las baterías tengan carga suficiente y que los controladores de carga estén conectados a sus respectivos módulos solares.
- Conecta el Cerbo GX a la fuente de energía a través de las baterías. El sistema debe encenderse automáticamente, permitiendo la visualización de datos de los controladores de carga, mostrando una luz de apariencia verde fosforescente, demostrando el encendido de este sistema de control cerbo GX.

Figura 67

Encendido del sistema fotovoltaico autónomo (elaboración propia).



Conexiones entre controladores de carga y CERBO GX

- Los controladores de carga tipo MPPT están conectados al Cerbo GX mediante el puerto VE.Direct, lo que permite una comunicación directa y el monitoreo de datos en tiempo real.
- Los controladores PWM, al no contar con puerto VE.Direct, están conectados al Cerbo GX a través de resistencias shunt, que miden datos la corriente y el voltaje para proporcionar datos al sistema de control.

Software de adquisición de datos

El Cerbo GX utiliza la plataforma Victron Remote Management (VRM) para la adquisición de datos y el monitoreo del sistema fotovoltaico autónomo. Esta plataforma permite supervisar a distancia el desempeño del sistema, el estado de carga del banco

de baterías, la energía generada por los módulos solares y el consumo eléctrico de las cargas.

- Los datos se almacenan en la plataforma (<https://vrm.victronenergy.com/login>) y pueden ser consultados en tiempo real o analizados de forma histórica para identificar posibles mejoras en el sistema.

Funcionamiento del sistema fotovoltaico autónomo

- El sistema fotovoltaico está diseñado y conectado para funcionar de forma autónoma, donde cada controlador (MPPT o PWM) gestiona de manera independiente un módulo solar ya sea silicio mono cristalino o poli cristalino, una batería de 12 AH y una carga de 80 watts.
- El sistema de control Cerbo GX supervisa en tiempo real todo el sistema, permitiendo que el usuario monitoree el estado de carga de las baterías, la producción de recurso solar y el consumo energético de cada carga.

Mantenimiento y conservación

- **Revisión periódica de conexiones:** Verificar cada conexión eléctrica entre los módulos solares, controladores de carga correspondientes, baterías y consumos de energía para asegurarse que no haya falsos contactos, o calentamiento en un punto de conexión.
- **Actualización del software:** mantener el Cerbo GX, y los controladores de carga tipo PWM y MPPT actualizados para garantizar un rendimiento óptimo, estas actualizaciones pueden realizar mediante la plataforma VRM.
- **Monitoreo del sistema:** Utiliza el cerbo GX, para monitorizar constantemente los parámetros del sistema fotovoltaico, identificando posibles fallas antes que se conviertan en daños en los equipos, o pérdida de datos.

Tabla de mantenimiento y verificación periódica

En la siguiente tabla se visualizar la frecuencia en la que puede hacer un mantenimiento periódico de los componentes del sistema fotovoltaico autónomo.

Tabla 34*Mantenimiento y verificación periódica de cada componente de SF autónomo.*

<i>Componente</i>		
Paneles Solares	Limpieza superficial	Cada 6 meses
Controladores de carga	Verificación de conexiones fusibles, prueba de continuidad.	Cada 2 meses
Baterías	Revisión de nivel descarga y estado	Mensual
Sistema de control Cerbo GX	Actualización de software, verificación de fusible	Cada 2 meses
Resistencia shunt	Inspección de conexiones	Cada 6 meses

Procedimiento de limpieza

- **Módulos solares:** utilizar agua y un paño suave o un material no abrasivo para realizar la limpieza de módulos solares, asegurándose de retirar cualquier acumulación de polvo o suciedad, no usar productos químicos que puedan dañar la superficie de estos.
- **Baterías:** Inspeccionar las baterías de manera visual, limpiando los terminales para evitar corrosión y su deterioro.
- **Controladores y conexiones:** asegurarse que las cajas y conexiones eléctricas de las borneras se encuentren limpias y libres de polvo o humedad.

Seguridad en el sistema fotovoltaico autónomo***Avisos de seguridad***

- Utiliza guantes de protección en todo momento al realizar cualquier tarea de mantenimiento eléctrico en los componentes del sistema fotovoltaico autónomo.
- Apagar siempre los controladores de carga desconectar primero los módulos solares, seguidamente las baterías antes de realizar cualquier intervención en el sistema, se debe cumplir la secuencia de desconexión.
- No intentar manipular ningún componente eléctrico sin el equipo de seguridad adecuado, y teniendo en cuenta el conocimiento necesario para intervenir en este sistema.





- No manipular los componentes del sistema fotovoltaico autónomo sin conocimientos técnicos adecuados o con la presencia de un especialista en el área de estudio.
- No usar herramientas metálicas o conductoras cerca de las baterías sin las debidas precauciones de seguridad.

Seguridad general

En la siguiente tabla se encuentran algunos puntos de seguridad, necesarios para el cuidado del sistema fotovoltaico autónomo.

Tabla 35

Tabla de seguridad general para el sistema fotovoltaico autónomo.

	<p>Se presentan puntos de temperaturas altas en trayectos de conexión, como terminales de baterías, y los focos incandescentes, tener cuidado al intentar manipular estos, puede provocar quemaduras.</p>
	<p>Uso de EPP's en todo momento, guantes dieléctricos, casco, zapatos dieléctricos, gafas, entre otros, ya que se puede provocar un choque eléctrico, causando daños a los componentes eléctricos.</p>
	<p>Prohibido la manipulación de cualquier componente del sistema fotovoltaico autónomo sin la presencia de un especialista en el área.</p>
	<p>Apoyarse de los manuales para usuario de la marca del componente eléctrico que tiene importantes instrucciones a seguir en el proceso de instalación, funcionamiento y mantenimiento.</p>

Nota. Elaboración propia (2024).

Uso adecuado

El sistema debe utilizarse exclusivamente para generar energía solar y alimentar cargas dentro de las especificaciones establecidas por el fabricante. Es fundamental no conectar dispositivos o equipos que excedan la capacidad nominal de los controladores de carga, las baterías o los módulos solares. El uso de equipos que sobrepasen estos límites puede provocar sobrecargas, daños en los componentes del sistema, reducción de la vida útil de las baterías y posibles fallos del sistema. Asegúrate siempre de revisar las características técnicas y las recomendaciones del fabricante para evitar problemas de rendimiento y seguridad. Además, el sistema debe operarse dentro de los parámetros de

voltaje y corriente establecidos, y no debe ser sometido a condiciones extremas que puedan comprometer su funcionamiento.

1. METODOLOGIA

Para la transmisión efectiva de la información en este manual de enseñanza sobre sistemas fotovoltaicos autónomos, se recomienda utilizar las siguientes estrategias y enfoques pedagógicos:

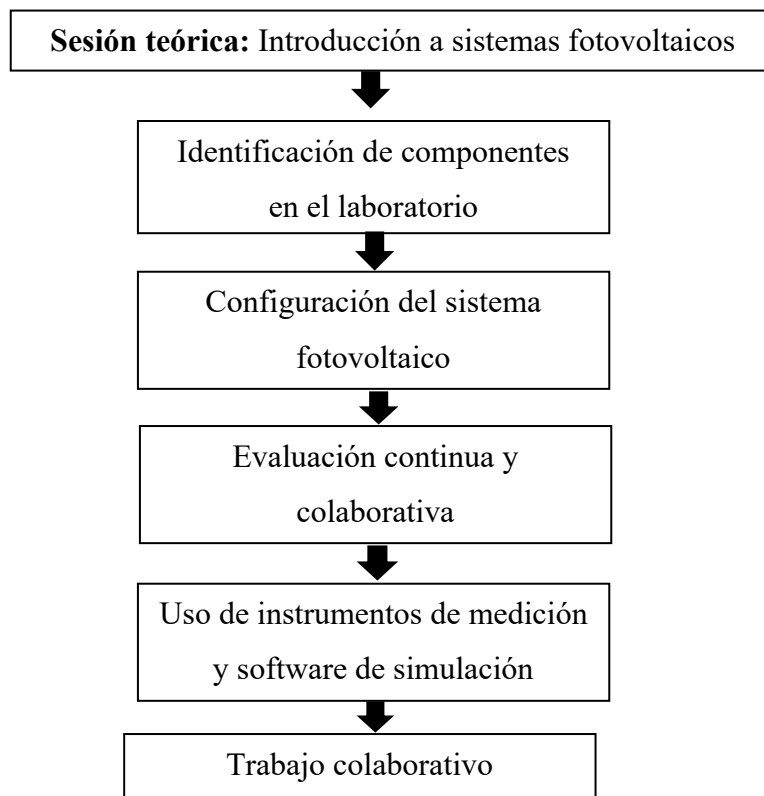


Diagrama de flujo de actividades de la metodología.

Sesiones teóricas

Se propone que los estudiantes trabajen en la exposición de conceptos clave mediante presentaciones y esquemas didácticos, uso de material visual como diagramas, gráficos y tablas de características técnicas, esto les ayudara a comprender mejor los componentes y el funcionamiento del sistema.

Clases Teórico-Prácticas:

Alternar entre sesiones teóricas y prácticas. Las explicaciones sobre los principios de los sistemas fotovoltaicos serán seguidas por actividades hands-on en el laboratorio, donde

los estudiantes podrán medir y monitorear el rendimiento del sistema bajo diferentes condiciones.

Evaluación continua y colaborativa

Fomentar la participación activa mediante discusiones en grupo y la resolución conjunta de problemas técnicos. Además, se puede aplicar una evaluación continua basada en actividades prácticas y la interpretación de los datos obtenidos en el laboratorio.

Uso de instrumentos de medición y software de simulación:

Incorporar el uso de herramientas como multímetros, trazadores de curvas y simulaciones de software que permitan a los estudiantes realizar análisis detallados de la energía generada, la eficiencia del sistema y el comportamiento de las baterías.

Trabajo colaborativo

Aplicando la formación de equipos para realizar actividades prácticas, resoluciones conjuntas de problemas técnicos.

Secuencia de lecciones

Tabla 36

Secuencia de lecciones.

Lección	Contenido	Duración
Lección 1	Identificación de componentes y sus características técnicas.	3 horas
Lección 2	Configuración de parámetros en controladores PWM y MPPT	3 horas
Lección 3	Puesta en marcha del sistema: procedimientos seguros	3 horas
Lección 4	Monitoreo y análisis de datos en el Cerbo GX	2 horas
Lección 5	Mantenimiento preventivo: limpieza y verificación de conexiones	2 horas

Nota. Elaboración propia (2024).

Recursos necesarios

Materiales

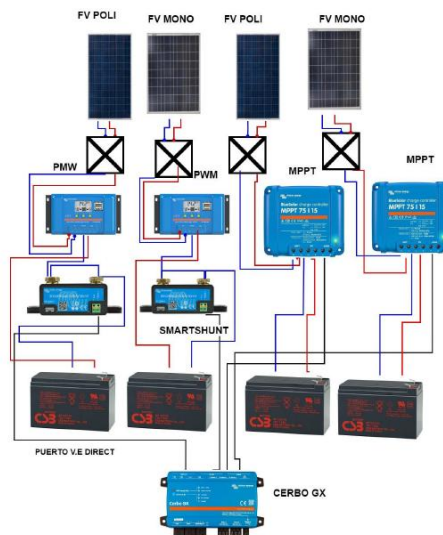
- Manual de enseñanza
- Diagramas y esquemas del sistema fotovoltaico autónomo

Esquema de conexión

La siguiente figura, respalda el sistema de conexión eléctrica que se tiene del módulo solar fotovoltaico autónomo de la escuela profesional de ingeniera en energías renovables.

Figura 68

Esquema de conexión eléctrica del sistema fotovoltaico autónomo.

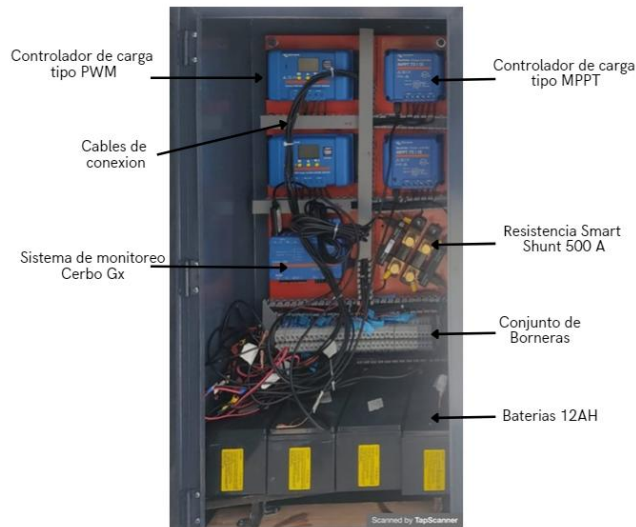


Tablero de control del sistema fotovoltaico autónomo.

Se presenta un tablero de control, herméticamente protegido donde, se encuentra todos los dispositivos electrónicos (controlador MPPT y PWM, resistencia shunt, Cerbo GX, baterías, etc.) y las conexiones eléctricas que hacen en funcionamiento del sistema de control mediante el Cerbo GX, estas conexiones están organizadas mediante borneras que se encuentran disponibles de manera visible, todo ello para brindar un manejo mas eficiente y seguridad al usuario, el sistema instalado en el tablero de control se muestra en la siguiente figura 65.

Figura 69

Tablero de control del sistema fotovoltaico autónomo.



Criterios de evaluación

- Precisión en la instalación de los componentes del sistema
- Capacidad para utilizar el Cerbo GX de manera efectiva.
- Comprensión teórica de los componentes y su interacción en el sistema fotovoltaico.

Sugerencias Para La Interacción

Fomentar la participación activa

Se incentivará a los estudiantes a hacer preguntas y compartir experiencias relacionadas con la energía solar fotovoltaica.

Colaboración en equipo

Durante las actividades prácticas, los estudiantes trabajaran en grupos pequeños para fomentar el trabajo en equipo y resolución colaborativa de problemas.

Gestión del aula

El docente debe estar atento a las necesidades individuales de los estudiantes, asegurando que todos tengan la oportunidad de participar activamente y recibir retroalimentación adecuada.

Resultado De La Evaluación Del Manual De Enseñanza

Comparación de los resultados del Pretest y Postest del manual de enseñanza

En la siguiente tabla 28 se interpretan los siguientes resultados de la evaluación pretest y Postest del manual de enseñanza, realizado con los estudiantes voluntarios de energía solar fotovoltaica.

Tabla 37

Tabla de resultado Pretest y Postest del manual de enseñanza.

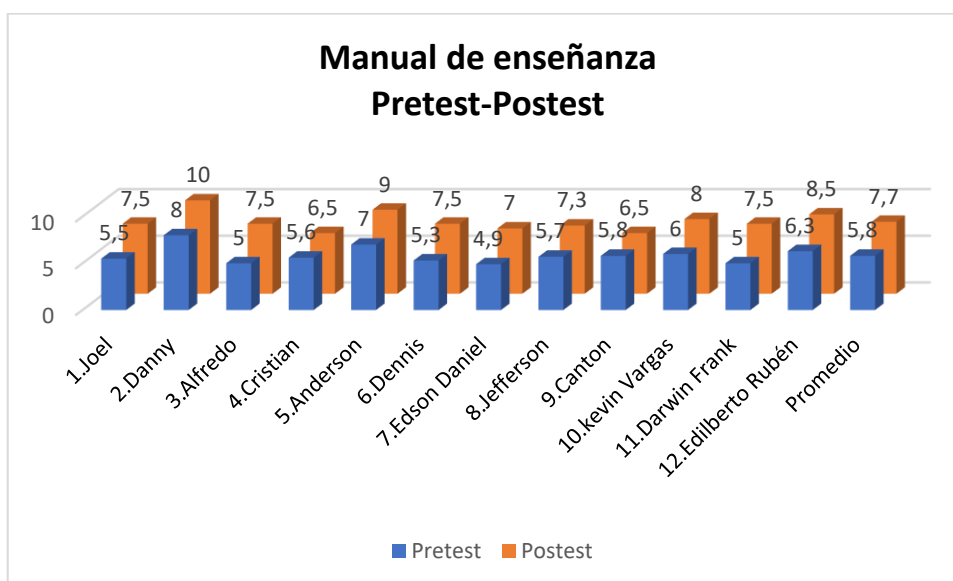
Estudiante	Pretest (puntaje)	Postest (puntaje)	Diferencia
1.Joel	5,5	7,5	2
2.Danny	8	10	2
3.Alfredo	5	7,5	2,5
4.Cristian	5,6	6,5	0,9
5.Anderson	7	9	2
6.Dennis	5,3	7,5	2,2
7.Edson Daniel	4,9	7	2,1
8.Jefferson	5,7	7,3	1,6
9.Canton	5,8	6,5	0,7
10.kevin Vargas	6	8	2
11.Darwin Frank	5	7,5	2,5
12.Edilberto Rubén	6,3	8,5	2,2
Promedio	5,8	7,7	1,9

Nota. Elaboración propia (2024).

En el siguiente gráfico de barras se muestra que los puntajes promedio aumentaron significativamente el Pretest al Postest, con un promedio inicial de 5,8 y al final de 7,7 obteniendo un promedio de mejora de 1,9. Esto refleja la efectividad del manual en mejorar el conocimiento técnico de los estudiantes.

Figura 70

Comparación de puntajes Pretest y Postes del manual de enseñanza.



Aplicación de la prueba T de Student y el alfa de Cronbach

Datos para el cálculo:

Para determinar la prueba T de Student, primero se determinó las desviaciones estándar de los puntajes de Pretest y Postest, en la hoja de Excel donde resulto:

- Desviación estándar: $S_1=0.9057$ Y $S_2=1.019$;
- Promedios: $X_1= 5.850$ y $X_2= 7.792$;

- Prueba de t de Student:
$$t = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n} + \frac{S_2^2}{n}}}$$

$$t = \frac{1.942}{0.394} = 4.928$$

Sabiendo que el número de estudiantes $n=112$; obtenemos que los grados de libertad es $df = 12 - 1 = 11$; con estos datos, consultando la tabla de t de Student encontramos el valor crítico para nuestros datos:

El valor crítico para t para ($\alpha = 0.05$, $df=11$); es 2.201.

En conclusión, como $t=4.928 > 2.201$, decimos que la diferencia entre los puntajes del Pretest y Postest es estadísticamente significativa.

Análisis de mejora: incremento en el puntaje

Para determinar el porcentaje de mejora entre el Pretest y Postest se calcula con la fórmula:

$$\text{Porcentaje de mejora} = \frac{\text{Postes promedio} - \text{pretest promedio}}{\text{Pretest Promedio}} \times 100$$

$$\text{Porcentaje de mejora} = \frac{7.7 - 5.8}{5.8} \times 100$$

$$\text{Porcentaje de mejora} = 32.76\%$$

Como resultado el porcentaje de mejora es de 32.76%, lo que demuestra un aumento significativo en el conocimiento de los estudiantes después de usar el manual de enseñanza.

Alfa de Cronbach: Consistencia de la Encuesta de percepción

Determinamos la consistencia interna de las respuestas recolectadas por la encuesta de percepción de manual que se observa en la tabla de modelo escala de Likert, donde se aplicó una encuesta de 8 ítems sobre la utilidad y claridad del manual de enseñanza, obteniendo las siguientes respuestas.

Respuestas: Escala de Likert (1 al 10)

Tabla 38

Tabla de modelo escala de Likert.

Estudiante	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3	Ítem 4	Ítem 5	Ítem 6	Ítem 7	Ítem 8	promedio
Joel	8	9	8	9	7	8	8	9	8.25
Danny	9	9	8	10	9	8	9	9	8.88
Alfredo	7	8	7	8	8	7	7	8	7.63
Cristian	8	7	8	7	8	7	8	7	7.5
Anderson	9	9	9	10	8	9	9	9	9
Dennis	7	8	8	8	7	8	7	8	7.63
Edson	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Jefferson	8	8	9	8	8	8	8	9	8.25
Cantón	7	7	7	8	7	7	7	8	7.25
Kevin	8	8	8	9	9	8	8	9	8.38
Darwin	7	7	7	8	7	7	8	8	7.38
Edilberto	8	9	8	9	9	8	9	9	8.63
Promedio	7.83	8.08	7.75	8.50	7.92	7.75	7.83	8.42	

Nota: respuesta de la encuesta de Likert realizada a los 12 estudiantes voluntarios.

- La encuesta de Likert muestra una percepción positiva general del manual (8.42), con alta valoración en los diagramas (8.50). Áreas como la relación teórica práctica podrían mejorarse (7.75).

Figura 71

Percepción escala de Likert del manual de enseñanza.



- Cálculo del alfa de Cronbach

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{\sum \sigma^2 item}{\sigma^2 total}\right)$$

$$\alpha = \frac{8}{8-1} \left(1 - \frac{5.214}{15.682}\right)$$

$$\alpha = 1.143(1 - 0.3324)$$

$$\alpha = 0.763$$

- El valor de Alfa de Cronbach es 0.763, lo que indica una buena consistencia interna en las repuestas de la encuesta.

Guías de práctica de laboratorio

Las guías de práctica en sistemas fotovoltaicos autónomos son herramientas clave para la capacitación técnica y la formación práctica en el esquema de instalación, operación y mantenimiento de estos sistemas. Dado el creciente interés por las energías renovables y la necesidad de adoptar tecnologías sostenibles, estas guías desempeñan un papel fundamental en la prelación de técnicos, ingenieros y usuarios finales para trabajar con estos sistemas de manera eficiente y segura.

A continuación, se enumera las guías

Tabla 39*Guías de práctica de laboratorio*

Guías de laboratorio	Título
Guía N° 1	Identificación de los componentes eléctricos del sistema fotovoltaico autónomo del laboratorio de energías renovables
Guía N°2	Medición de los parámetros eléctricos del módulo solar de tecnologías silicio monocristalino y silicio policristalino del sistema fotovoltaico autónomo de la EPIER.
Guía N°3	Prueba de desempeño de baterías del sistema fotovoltaico autónomo de la EPIER.
Guía N°4	Prueba de desempeño de baterías del sistema fotovoltaico autónomo de la EPIER.
Guía N°5	Evaluación del efecto de polvo en el sistema fotovoltaico autónomo con controladores MPPT- EPIER.
Guía N°6	Prueba de desempeño de lámparas del sistema fotovoltaico autónomo de la EPIER.
Guía N°7	Cálculo del rendimiento energético y eficiencia de un sistema fotovoltaico autónomo de la EPIER.

Nota. Elaboración propia (2024).

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




**“GUÍA DE PRÁCTICA N° 01: IDENTIFICACION DE LOS COMPONENTES
ELECTRICOS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTONOMO DEL LABORATORIO
DE ENERGIAS RENOVABLES**

AUTORES:





Bach. Yeison Huaracha Tupac

Juliaca, 2024




 PRUEBA DE DESEMPEÑO DE LOS CONTROLADORES DE CARGA PWM Y MPPT DEL SFA EPIER		Página 1 / 10	
Tema:			Grupo:
Nota:	Ap./Nom:	Fecha:	Lab N°














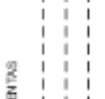








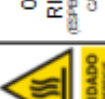
SEGURIDAD EN EL LABORATORIO

- Según Resolución de consejo de comisión organizadora N° 171.2021-CCO-UNAJ
Aprobó protocolos de seguridad de la Universidad Nacional de Juliaca

Ítem	Equipo de Protección Personal	Indicación	Recomendaciones
1	 USO OBLIGATORIO DE GUANTES	Está indicado durante la manipulación de herramientas o maquinaria según la necesidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccione la talla adecuada. • Los guantes deben cubrir los puños del mandil o guardapolvo.
2	 USO OBLIGATORIO DE MANDIL	Debe utilizarse de tal manera que cumpla su rol de proteger la ropa y la piel.	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccione la talla adecuada • En ningún caso recoger las mangas
3	 USO OBLIGATORIO DE CASCO DE SEGURIDAD	Se debe emplear el casco para proteger la cabeza del usuario, distribuyendo el impacto sobre la mayor superficie posible	<ul style="list-style-type: none"> • Ajustar bien el casco en la superficie de la cabeza para evitar que este se caiga y se deslice limitando así el campo de visión. • Se recomienda utilizar el casco de acuerdo con las indicaciones del fabricante.
4	 USO OBLIGATORIO DE CALZADO DE SEGURIDAD	se debe utilizar el zapato de seguridad para la protección de los pies, dependiendo de la práctica que se realizara en el laboratorio.	<ul style="list-style-type: none"> • El zapato de seguridad puede protegerlos contra choques eléctricos, Impactos, aplastamientos, golpes, líquidos corrosivos o químicos.

SEÑALES DE ADVERTENCIA

 <p>A triangular warning sign with a yellow background and a black border. Inside the triangle is a black lightning bolt. Below the triangle, on a yellow rectangular background, are the words "ATENCIÓN", "RIESGO", and "ELÉCTRICO" in black capital letters.</p>	<p>Verificar el tipo de tensión y el nivel de voltaje que alimenta a los equipos antes de ponerlos en servicio.</p>
 <p>A triangular warning sign with a yellow background and a black border. Inside the triangle is a large black exclamation mark.</p>	<p>Antes de utilizar los instrumentos, comprobar si están destinados a mediciones en el lado de entrada o de salida, para evitar daños en los equipos</p>
 <p>A triangular warning sign with a yellow background and a black border. Inside the triangle is a black silhouette of a person being struck by a lightning bolt. Below the triangle, on a yellow rectangular background, are the words "RIESGO DE", "DESCARGAS", and "ELÉCTRICAS" in black capital letters.</p>	<p>Prestar atención durante la conexión y desconexión de los equipos, ya que una manipulación inadecuada puede provocar descargas eléctricas.</p>
 <p>A triangular warning sign with a yellow background and a black border. Inside the triangle is a black silhouette of a person slipping. Below the triangle, on a yellow rectangular background, are the words "CUIDADO", "PISO", and "RESBALOSO" in black capital letters.</p>	<p>Tener cuidado con el piso resbaloso, verificar que no haya desniveles.</p>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA		ANÁLISIS DE TRABAJO SEGURO (ATS)			FECHA						
		TAREA:	DÍA:	MES:	AÑO:						
DOCENTE:	LABORATORIO	<input type="checkbox"/>	AMBIENTE:		EQUIPO DE TRABAJO						
	TALLER	<input type="checkbox"/>	SESIÓN N°								
	1.		4.		FORMA						
	2.		5.		FORMA						
ALUMINOS (Apellidos y Nombres)	3.		6.		FORMA						
	CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS										
	 <input type="checkbox"/> USO OBLIGATORIO DE PROTECCIÓN OCULAR  <input type="checkbox"/> USO OBLIGATORIO DE PROTECCIÓN OCULAR  <input type="checkbox"/> USO OBLIGATORIO DE PROTECCIÓN OCULAR  <input type="checkbox"/> USO OBLIGATORIO DE PROTECCIÓN OCULAR  <input type="checkbox"/> USO OBLIGATORIO DE PROTECCIÓN OCULAR  <input type="checkbox"/> USO OBLIGATORIO DE PROTECCIÓN OCULAR  <input type="checkbox"/> USO OBLIGATORIO DE PROTECCIÓN OCULAR  <input type="checkbox"/> USO OBLIGATORIO DE PROTECCIÓN OCULAR  <input type="checkbox"/> USO OBLIGATORIO DE PROTECCIÓN OCULAR  <input type="checkbox"/> USO OBLIGATORIO DE PROTECCIÓN OCULAR  <input type="checkbox"/> USO OBLIGATORIO DE PROTECCIÓN OCULAR  <input type="checkbox"/> USO OBLIGATORIO DE PROTECCIÓN OCULAR  <input type="checkbox"/> USO OBLIGATORIO DE PROTECCIÓN OCULAR  <input type="checkbox"/> USO OBLIGATORIO DE PROTECCIÓN OCULAR  <input type="checkbox"/> USO OBLIGATORIO DE PROTECCIÓN OCULAR  <input type="checkbox"/> USO OBLIGATORIO DE PROTECCIÓN OCULAR  <input type="checkbox"/> USO OBLIGATORIO DE PROTECCIÓN OCULAR										
PASOS DE LA TAREA		OTROS RIESGOS (ESPECIFICAR PARA CADA PASO)		MEDIDAS DE CONTROL							
						 ATENCIÓN RIESGO ELECTRICO	 CARGA SUSPENSA EN ALTURA	 CUIDADO CON LOS MANOS	 ATENCIÓN ALTO RIESGO DE RESBALADIZOS	 CUIDADO CALZADO DEPORTIVO	 CUIDADO RIESGO CALIENTE
						1					
						2					
						3					
						4					
						5					
						6					
						7					
						8					
						9					
						10					
						11					
12											

1. INTRODUCCIÓN

En esta práctica se reconocerán los componentes eléctricos y electrónicos del sistema fotovoltaico autónomo instalado en el Instituto de Energías Renovables de la EPIER. Este sistema, independiente de la conexión de red eléctrica, genera y almacena su energía mediante de la radiación solar. Los componentes clave a identificar incluyen paneles solares, reguladores de carga, baterías y cableado, los cuales son esenciales para el funcionamiento eficiente del sistema. Este proceso es fundamental para entender el funcionamiento y la interrelación de los componentes del sistema fotovoltaico autónomo.

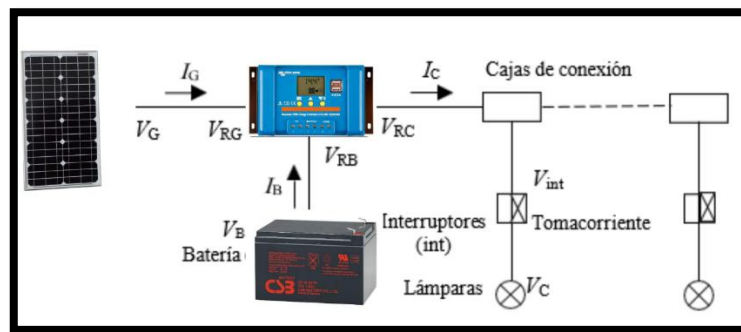


Figura 1: Esquema de los equipos de un sistema fotovoltaico autónomo (Elaboración Propia).

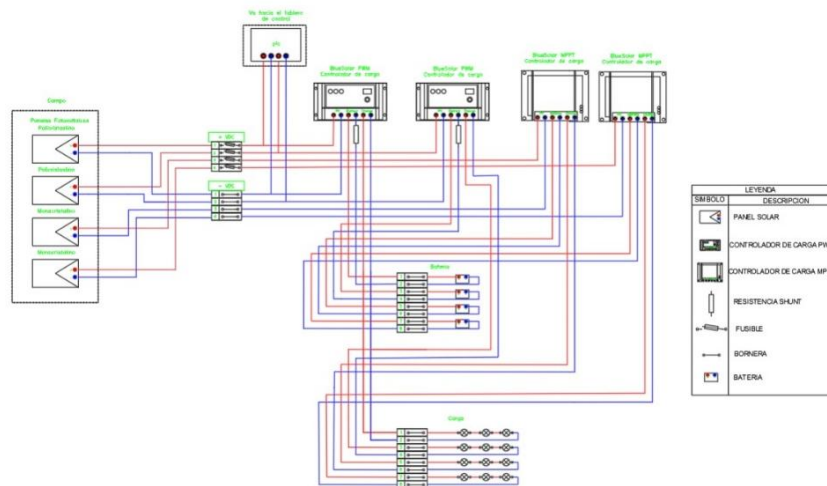


Figura 2. Diagrama de conexiones del sistema fotovoltaico autónomo (elaboración propia).

3.1. Objetivos del laboratorio

- Habituarse al estudiante en el conocimiento y manejo de los componentes eléctricos y electrónicos de un sistema fotovoltaico para las prácticas de laboratorio de energía solar fotovoltaica, explicando sus funciones y aplicaciones.
- Capacitar al estudiante en el reconocimiento de las características técnicas mediante fichas técnicas de cada componente del sistema fotovoltaico autónomo del laboratorio de energía solar.

3.2. Breve descripción del contexto y relevancia del experimento

El sistema fotovoltaico autónomo que se encuentra instalado en un mono poste de 2x2 en el instituto de energías renovables y eficiencia energética, está compuesto por una variedad de módulos solares, controladores de carga, baterías, y dispositivos de consumo, el objetivo de esta práctica es reconocer cada componente y sus características fundamentales para su correcta operación y mantenimiento, con el fin de incrementar la eficiencia y el desempeño del sistema en condiciones reales de uso.

3.3. Equipos y materiales

1.1.2 Equipos

- 2 módulos solares silicio monocristalinos y policristalino
- 2 reguladores de carga tipo PWM
- 2 reguladores de carga tipo MPPT
- 4 baterías
- 4 cargas de consumo de 85 watts
- Cerbo GX
- Cableado eléctrico y conectores adecuados.

1.1.3 Materiales

- Multímetro Digital
- Computadora portátil o Tablet con acceso a las fichas técnicas de los componentes.
- Regla o cinta métrica
- Equipos de Protección Personal
- Herramientas de instalación (destornilladores, alicates, etc.).

2. PROCEDIMIENTO

El procedimiento general para el reconocimiento de los componentes eléctricos y electrónicos de un sistema fotovoltaico autónomo consiste en reconocer y catalogar cada uno de los elementos clave del sistema. Este procedimiento se enfoca en la identificación visual, la revisión de especificaciones técnicas y la descripción de su funcionalidad de cada componente en el sistema fotovoltaico.

2.1 Revisión de documentación:

Asegúrate de tener toda la documentación técnica del sistema, incluyendo esquemas eléctricos y especificaciones de los componentes.

2.2 Inspección visual:

Realiza una inspección visual de todos los componentes para detectar posibles daños o irregularidades.

Figura 72

Inspección visual del espacio de trabajo.



2.3 Preparación

Antes de comenzar con el reconocimiento de los componentes de un sistema fotovoltaico autónomo, es fundamental garantizar que las condiciones de seguridad sean óptimas y que el área de trabajo esté adecuadamente organizada. Para ello,

asegúrate de que todos los equipos estén desconectados de cualquier fuente de energía, eliminando así el riesgo de descargas eléctricas o cortocircuitos.

Es igualmente importante preparar el espacio de trabajo. Este debe estar limpio, ordenado y libre de cualquier elemento que pueda entorpecer la actividad. Reúne las herramientas que vayas a necesitar y ten a la mano las fichas técnicas de los componentes, ya que estas son esenciales para su análisis. Una buena preparación no solo facilita el procedimiento, sino que también ayuda a prevenir errores y asegura un trabajo eficiente y seguro.

2.4 Preparación del área de trabajo

- Compruebe que el área de trabajo se encuentre ordenada, limpia y sin obstáculos.
- Asegúrese de tener acceso a todas las fichas técnicas de los componentes a utilizar durante la práctica.

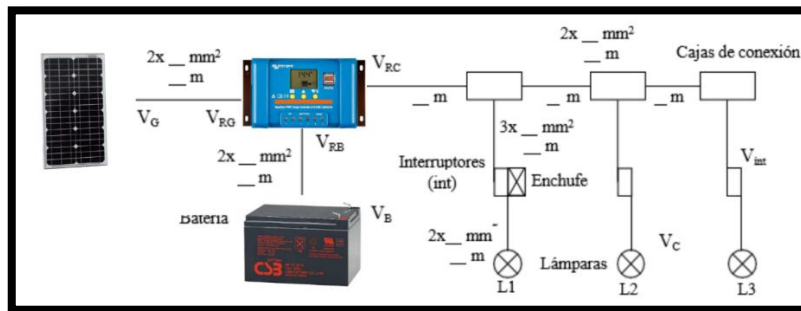
2.5 Procedimiento detallado

- **Módulos Fotovoltaicos:** Mide la tensión y corriente generadas por los módulos bajo condiciones de prueba estándar.
- **Baterías:** Verifica la tensión y capacidad de carga de los acumuladores de energía. Realiza pruebas de descarga para evaluar su rendimiento.
- **Reguladores de Carga:** Comprueba que el regulador de carga esté funcionando correctamente, asegurando que la carga y descarga de la batería se realicen de manera eficiente.
- **Lámparas:** Evalúa el funcionamiento de las lámparas conectadas al sistema, visualizando la intensidad de luz generada.

3. RESULTADOS

Componentes	Nombres	Unidades
Módulo Fotovoltaico		
Controlador de carga		
Acumulador de energía		
Lámpara		
Cableados		
Caja de conexiones		
Interruptores		
Enchufes		
Otros		

- Ingresamos el seccionamiento de los conductores eléctricos y las tensiones.



INSPECCIÓN VISUAL		
Requisito	Cumplimiento	Comentarios
Protección contra sobre corriente y cortocircuito Línea de panel Línea de Consumo		
Etiquetados		
Disponibilidad de los fusibles de protección adecuados		
Lugar del cableado Bornes de Generador Bornes de Batería		
Cables para aplicación exterior		
Identificador de colores y etiquetado en cables		
Rango de operación en fusibles 50 % - 80 % I_{nom}		
Toma de corriente/enchufe protegido frente a Polaridad invertida.		
Interruptores óptimos para CC		

- Con un voltímetro determine las caídas de tensiones

CAÍDA DE VOLTAJE EN CABLES			
Conexion de generador	I_G (A)	$V_G - V_{RG}$ (mV)	$\%V_{nom} < 3\%$
Conexion de Batería	I_B (A)	$V_B - V_{RB}$ (mV)	$\%V_{nom} < 1\%$
Conexion de Consumo de carga	I_C (A)	$V_{RC} - V_C$ (mV)	$\%V_{nom} < 5\%$

4. ANALISIS DE RESULTADO

5. CONCLUSIONES

6. REFERENCIAS

- Victron Energy. (s.f.). Manual del usuario para Cerbo GX https://www.victronenergy.com/upload/documents/Cerbo_GX/140558-CCGX__Venus_GX__Cerbo_GX__Cerbo-S_GX_Manual-pdf-es.pdf
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial. (2006). Norma Técnica Peruana NTP 399.406: Sistemas fotovoltaicos - Requisitos generales. Lima: INDECOPI.
- International Electrotechnical Commission. (2013). IEC 62548: Design and Installation of Photovoltaic (PV) Arrays. Ginebra: IEC.
- Victron Energy. (s.f.). Manual técnico de controladores MPPT. Recuperado de https://www.victronenergy.com/upload/documents/MPPT_Controller_manual.pdf
- Victron Energy. (s.f.). Manual técnico de controladores PWM. Recuperado de https://www.victronenergy.com/upload/documents/PWM_Controller_manual.pdf

7. ANOTACIONES ADICIONALES

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




**“GUÍA DE PRÁCTICA N° 02: MEDICION DE LOS PARAMETROS ELECTRICOS
DEL MODULO SOLAR DE TECNOLOGIAS SILICIO MONO CRISTALINO Y
SILICIO POLI CRISTALINO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTONOMO DE LA
EPIER.”**

AUTORES:





Bach. Yeison Huaracha Tupac

Juliaca, 2025

 IDENTIFICACION DE LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS DE SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTONOMO DEL LABORATORIO DE ENERGIAS RENOVABLES		Página 1 / 10	
Tema:			Grupo:
Nota:	Ap./Nom:	Fecha:	Lab N°

SEGURIDAD EN EL LABORATORIO

- Según Resolución de consejo de comisión organizadora N° 171.2021-CCO-UNAJ Aprobó protocolos de seguridad de la Universidad Nacional de Juliaca

Ítem	Equipo de Protección Personal	Indicación	Recomendaciones
1	 USO OBLIGATORIO DE GUANTES	Está indicado durante la manipulación de herramientas o maquinaria según la necesidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccione la talla adecuada. • Los guantes deben cubrir los puños del mandil o guardapolvo.
2	 USO OBLIGATORIO DE MANDIL	Debe utilizarse de tal manera que cumpla su rol de proteger la ropa y la piel.	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccione la talla adecuada • En ningún caso recoger las mangas
3	 USO OBLIGATORIO DE CASCO DE SEGURIDAD	Se recomienda utilizar el casco de seguridad para proteger la cabeza del usuario, distribuyendo el impacto sobre una superficie amplia.	<ul style="list-style-type: none"> • Ajustar bien el casco a la cabeza para evitar que este se caiga y se deslice limitando así el campo de visión. • El casco debe ajustarse correctamente y usarse de acuerdo con las indicaciones del fabricante.
4	 USO OBLIGATORIO DE CALZADO DE SEGURIDAD	se debe utilizar el zapato de seguridad para la protección de los pies, dependiendo de la práctica que se realizara en el laboratorio.	<ul style="list-style-type: none"> • El zapato de seguridad puede protegerlos contra choques eléctricos, Impactos, aplastamientos, golpes, líquidos corrosivos o químicos.

SEÑALES DE ADVERTENCIA

 <p>ATENCIÓN RIESGO ELÉCTRICO</p>	<p>Verificar el tipo de tensión y el valor de voltaje con el que se alimentan los equipos antes de utilizarlos.</p>
	<p>Antes de emplear los instrumentos, comprobar si están diseñados para mediciones en el lado de entrada o de salida, a fin de evitar daños en los equipos.</p>
 <p>RIESGO DE DESCARGAS ELÉCTRICAS</p>	<p>Tener cuidado en la conexión y en la desconexión de los equipos utilizados podemos sufrir descargas eléctricas.</p>
 <p>CUIDADO PISO RESBALOSO</p>	<p>Prestar especial atención durante las maniobras de conexión y desconexión de los equipos, ya que una manipulación incorrecta puede provocar descargas eléctricas.</p>

1. INTRODUCCIÓN

Los módulos fotovoltaicos son componentes esenciales en la transformación de energía solar en electricidad. Su rendimiento y eficiencia son cruciales para el éxito de cualquier sistema fotovoltaico. Esta guía tiene como objetivo proporcionar un marco para la realización de ensayos en módulos fotovoltaicos, asegurando que se cumplan las especificaciones técnicas y se evalúe su rendimiento bajo condiciones controladas. A través de estos ensayos, se busca garantizar la calidad y la fiabilidad de los módulos instalados, así como su capacidad para operar de manera eficiente en diversas condiciones ambientales.

Figura 73

Modulo solar policristalino y monocristalino.



La medición de los parámetros eléctricos de los módulos solares, como la corriente de cortocircuito (I_{sc}), tensión de circuito abierto (V_{oc}), y el punto de máxima potencia (MPP), es fundamental para evaluar su rendimiento y eficiencia. Estos parámetros permiten determinar el comportamiento del módulo bajo diferentes condiciones de operación.

2. OBJETIVOS DEL LABORATORIO

El principal objetivo de este laboratorio es verificar el rendimiento y la conformidad de los módulos fotovoltaicos con las especificaciones técnicas establecidas. Esto incluye:

- Evaluar el rendimiento de conversión energética de los módulos fotovoltaicos

- Determinar la capacidad de los módulos para operar bajo diferentes condiciones de irradiación y temperatura.
- identificar posibles defectos o áreas de mejora en el diseño y fabricación de los módulos.

3.4. Equipos y Materiales

Módulos solares:

- Módulo solar de silicio monocristalino OSDA SOLAR100 Wp
- Módulo solar de silicio policristalino OSDA SOLAR 100Wp

2.1. Equipos de medición y accesorios de conexión

- Multímetro digital
- Pinza Amperimétrica
- Medidor de irradiación solar
- Inclinómetro y brújula
- Cables eléctricos con pinzas de cocodrilo
- Conectores MC4

2.2. Materiales de Escritorio:

- Guía de Laboratorio (ficha técnica, hoja de datos)
- Cuaderno de apuntes
- Papel milimétrico
- Celular para documentar evidencias (fotografías).

3. PROCEDIMIENTO

3.5. PROCEDIMIENTO GENERAL

Instalación del Módulo

Coloca el módulo fotovoltaico en un soporte adecuado, asegurándote de que esté orientado hacia el sol y en un ángulo óptimo para la captación de luz.

Lo orientamos hacia el hemisferio Norte.

Figura 74

Instalación del módulo solar.



Medición de Irradiación Solar:

Utiliza el medidor de irradiación para registrar la irradiación solar en el lugar de instalación. Realiza mediciones en diferentes momentos del día para obtener un promedio.

Figura 75

Medición de Irradiación.



Mediciones Eléctricas:

Tensión y Corriente: Para medir tensión y corriente, vincule el multímetro a los terminales del módulo y anote las magnitudes obtenidas en las condiciones estándar de ensayo (STC).

Figura 76

Instrumento de medición de multímetro.

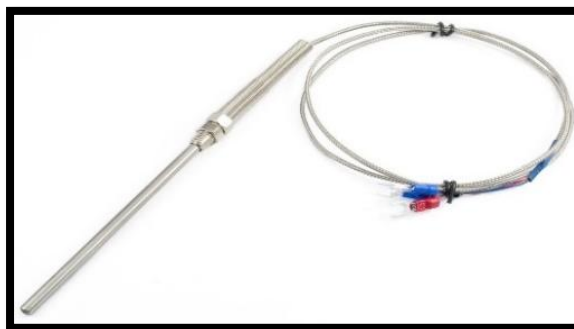


Temperatura del modulo:

Utiliza el termómetro para medir la temperatura de la superficie del módulo durante las pruebas. Registra esta información, ya que la temperatura puede afectar el rendimiento, las mediciones lo realizamos con un sensor de temperatura PT100.

Figura 77

Instrumento de medición de temperatura PT100.



4. RESULTADOS

Registra todos los datos obtenidos durante los ensayos en una hoja de resultados.

1. REGISTRO Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Nº. Referencia interna					Fecha	
-------------------------------	--	--	--	--	--------------	--

• CELDAS SOLARES	
Material semi-conductor	
Estructura de tipo cristalina	
Forma externa de la célula solar	

Dimensiones externas: - Lado Transversal (mm) - Lado Longitudinal (mm)	
Color	

• CONSTITUCIÓN DEL MÓDULO	
Conexionado de las células: - N° de células conectadas en serie - N° de células conectadas de forma paralela - Distancia mínima entre células (mm) - Distancia mínima célula-marco, transversal (mm) - Distancia mínima entre célula-marco, longitudinal (mm)	
Cobertura en la parte frontal: - Material - Características	
Cobertura trasera: - Material y Color - Características	
Marco (Sí / No) - Material - Dimensiones: a) Internas: - Transversal (mm) - Longitudinal (mm) b) Externas: - Transversal (mm) - Longitudinal (mm) - Altura (mm)	
Cajas de conexión: - Número - Forma - Material y Color - Grado de protección (IP) - Dimensiones exteriores: - Lado transversal (mm) - Lado longitudinal (mm) - Técnica de apertura/cierre - Modo de conexión de cables exteriores - Número de diodos de paso - Diodo de bloqueo (sí / no) - Indicador de polaridad (sí/no)	
COMENTARIOS	

2. INFORMACIÓN DEL FABRICANTE

No. Referencia interna						
-------------------------------	--	--	--	--	--	--

Fecha	
--------------	--

Información general

Fabricante	
Modelo	
Número de serie	
Fecha de fabricación	
Certificación conforme a la Norma	
Garantías: - Periodo temporal - Aspectos considerados	

Parámetros característicos eléctricos en SCT

Potencia máxima, P_M (W) - Tolerancia (% de P_M)	
Fluido eléctrico de cortocircuito, I_{SC} (A)	
Voltaje de circuito abierto, V_{OC} (V)	
Corriente en el punto de máxima potencia, I_M (A)	
Voltaje en el punto de máxima potencia, V_M (V)	
Factor de forma, (FF)	

Parámetros característicos térmicos

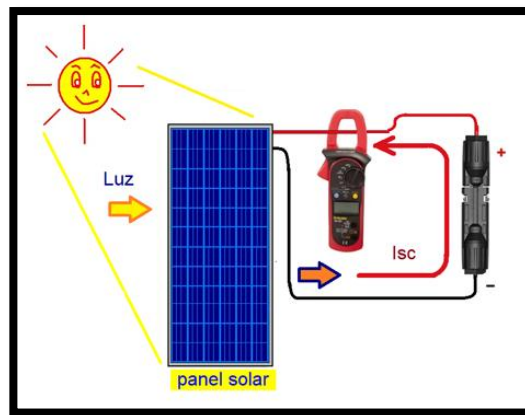
T°C de Operación Nominal de Célula, T_{ONC} (°C)	
Coef. de temperatura de la corriente de cortocircuito, I_{sc} (A/°C. célula)	
Coef. de temperatura de la tensión de circuito abierto, V_{oc} (V/°C. célula)	

3. INSPECCIÓN VISUAL

Aspectos analizados (observados) [C.R. = Criterio de rechazo]

Células rotas o dañadas (C.R.: Separación entre el 10 % del área de la célula)	Cinta de interconexión (C.R.: Rotura)
Células desalineadas (C.R.: Células en contacto físico)	Etiquetas (incluido n° serie) (C.R.: Ilegibilidad)
Lado frontal de las células (C.R.: Restos visibles de metalización)	Suciedad (C.R.: Manchas de silicona encapsulante)
Impurezas en el laminado (C.R.: Cobertura del 1 % del área de la célula)	Tedlar (C.R.: Dañado / perforado)
Burbujas en el encapsulado (C.R.: Establecen relación entre células y el marco o borde del módulo solar)	Caja de conexión (C.R.: Rota o desprendida, parcial o total)

4. CARACTERIZACIÓN DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO



No. Referencia interna						Fecha	
-------------------------------	--	--	--	--	--	--------------	--

Instrumentación utilizada	
Panel fotovoltaico sensor de irradiancia: <ul style="list-style-type: none"> - N° de referencia interno - Tecnología⁽¹⁾ (Misma / Similar) 	
Automatización de la adquisición de medidas (Sí / No) <ul style="list-style-type: none"> - Equipamiento utilizado - Periodicidad de la medida (minutos) 	

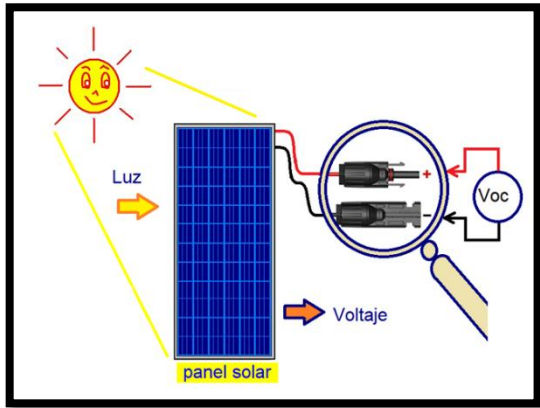
condiciones de medida	Fecha:
Periodo considerado: <ul style="list-style-type: none"> - Comienzo: Tiempo oficial (reloj) (hh:mm) <ul style="list-style-type: none"> ✓ Tiempo solar⁽²⁾ (hh:mm) - Final: Tiempo oficial (hh:mm) <ul style="list-style-type: none"> ✓ Tiempo solar (hh:mm) 	
Irradiancia solar: <ul style="list-style-type: none"> - Global incidente, $G=G_{\text{SENSOR-G}}$: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Mínima, G_{MIN} (W/m^2) ✓ Máxima, G_{MAX} (W/m^2) - Difusa horizontal, $D(0)$: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Mínima, D_{MIN} (W/m^2) ✓ Máxima, D_{MAX} (W/m^2) 	
Otros (opcional): <ul style="list-style-type: none"> - Temperatura de ambiente, T_a : <ul style="list-style-type: none"> ■ Mínima, $T_{a,\text{MIN}}$ ($^{\circ}\text{C}$) ■ Máxima, $T_{a,\text{MAX}}$ ($^{\circ}\text{C}$) - Velocidad del viento, w_s : <ul style="list-style-type: none"> ■ Mínima, $w_{s,\text{MIN}}$ (m/s) ■ Máxima, $w_{s,\text{MAX}}$ (m/s) 	

Posición de los paneles solares durante las medidas:	
Ángulo de orientación (°)	
Ángulo de inclinación (°)	
Distancia mínima a obstáculos próximos ⁽³⁾ (m)	

Resultados – Caracterización de I_{SC} en Condiciones Estándar de Medida	
Extrapolación individual de medidas de I_{SC} [Obsérvese medidas, resultados y gráfico ⁽⁴⁾]	
Resultado de la caracterización, I_{SC}^*, ISC_i^*, (A)	
Desviación típica, s (% de la media)	
Rango de valores individuales obtenidos: - Inferior, $I_{SC}^* \square_{MINIMO}$ (A) (% de la media) - Superior, $I_{SC}^* \square_{MÁXIMO}$ (A) (% de la media)	
Nº de medidas consideradas	

Comentarios

5. CARACTERIZACIÓN DEL VOLTAJE DE CIRCUITO ABIERTO



No. Referencia interna

Fecha

Instrumentación utilizada	
Módulo fotovoltaico sensor de T° de célula: <ul style="list-style-type: none"> - Número de referencia interno - Tecnología⁽⁵⁾ (Misma / Similar) 	
Automatización de la adquisición de medidas (Sí / No) <ul style="list-style-type: none"> - Equipamiento utilizado - Periodicidad de la medida (min.) 	

Resumen de las condiciones de medida	Fecha:
Tiempo temporal considerado: <ul style="list-style-type: none"> - Comienzo: ■ Tiempo oficial (reloj) (hh:mm) <ul style="list-style-type: none"> ■ Tiempo solar⁽⁶⁾ (hh:mm) - Final: ■ Tiempo oficial (hh:mm) <ul style="list-style-type: none"> ■ Tiempo solar (hh:mm) 	
Temperaturas y velocidad del viento: <ul style="list-style-type: none"> - Temperatura de células, $T_C = T_{C,SENSOR-T}$: <ul style="list-style-type: none"> ■ Mínima, $T_{C,MIN}$ (°C) ■ Máxima, $T_{C,MAX}$ (°C) - Temperatura de ambiente, T_a: <ul style="list-style-type: none"> ■ Mínima, $T_{a,MIN}$ (°C) ■ Máxima, $T_{a,MAX}$ (°C) - Velocidad del viento, w_s: <ul style="list-style-type: none"> ■ Mínima, $w_{s,MIN}$ (m/s) ■ Máxima, $w_{s,MAX}$ (m/s) 	
Otras: <ul style="list-style-type: none"> - Irradiancia solar global incidente, G: <ul style="list-style-type: none"> ■ Mínima, G_{MIN} (W/m²) ■ Máxima, G_{MAX} (W/m²) - Irradiancia solar difusa horizontal, $D(0)$: <ul style="list-style-type: none"> ■ Mínima, D_{MIN} (W/m²) ■ Máxima, D_{MAX} (W/m²) 	

Posición de los paneles durante las medidas realizadas	
Ángulo de orientación (°)	
Ángulo de inclinación (°)	
Distancia mínima entre obstáculos próximos ⁽⁷⁾ (m)	

Resultados – Caracterización de V_{OC} en Condiciones Estándar de Medida	
Extrapolación individual de medidas de V_{OC} [Véanse medidas, resultados y gráfica ⁽⁸⁾]	
Resultado de la caracterización, V_{OC}, V_{OCi} (V)	
Desviación típica, s (% de la media)	
Rango de valores individuales obtenidos: <ul style="list-style-type: none"> - Inferior, $V_{OC}^* \square_{MÍNIMO}$ (A) (% de la media) - Superior, $V_{OC} \square_{MÁXIMO}$ (A) (% de la media) 	
Número de medidas consideradas	

Comentarios

6. CARACTERIZACIÓN DEL FACTOR DE FORMA

No. Referencia interna						Fecha	
-------------------------------	--	--	--	--	--	--------------	--

Instrumentación utilizada	
Módulo fotovoltaico sensor de irradiancia: <ul style="list-style-type: none"> - N° de referencia interno - Tecnología⁽⁹⁾ (Misma / Similar) 	
Módulo fotovoltaico sensor de temperatura de celda solar: <ul style="list-style-type: none"> - N° de referencia interno - Tecnología⁽¹⁰⁾ (Misma / Similar) 	
Otra instrumentación:	

Resumen de las condiciones de medida	Fecha:
Periodo temporal considerado: <ul style="list-style-type: none"> - Comienzo: ■ Tiempo oficial (reloj) (hh:mm) <ul style="list-style-type: none"> ■ Tiempo solar⁽¹¹⁾ (hh:mm) - Final: ■ Tiempo oficial (hh:mm) <ul style="list-style-type: none"> ■ Tiempo solar (hh:mm) 	
Irradiancia solar: <ul style="list-style-type: none"> - Global incidente, $G=G_{\text{SENSOR-G}}$: <ul style="list-style-type: none"> ■ Mínima, G_{MIN} (W/m²) ■ Máxima, G_{MAX} (W/m²) - Difusa horizontal, $D(0)$: <ul style="list-style-type: none"> ■ Mínima, D_{MIN} (W/m²) ■ Máxima, D_{MAX} (W/m²) 	
Temperaturas y velocidad del viento: <ul style="list-style-type: none"> - Temperatura de células, $T_C=T_{C, \text{SENSOR-T}}$: <ul style="list-style-type: none"> ■ Mínima, $T_{C, \text{MIN}}$ (°C) ■ Máxima, $T_{C, \text{MAX}}$ (°C) - Temperatura ambiente, T_a: <ul style="list-style-type: none"> ■ Mínima, $T_{a, \text{MIN}}$ (°C) ■ Máxima, $T_{a, \text{MAX}}$ (°C) - Velocidad del viento, w_s: <ul style="list-style-type: none"> ■ Mínima, $w_{s, \text{MIN}}$ (m/s) ■ Máxima, $w_{s, \text{MAX}}$ (m/s) 	

Posición de los módulos durante las medidas	
Ángulo de orientación (°)	
Ángulo de inclinación (°)	
Distancia mínima a obstáculos próximos ⁽¹²⁾ (m)	

Tiempo solar = TOL – AH – (LL-LH) /15, siendo “TOL” hora oficial local de reloj, “AH” siendo el adelanto horario de relojes durante el día de la medida, “LL” la longitud local, y “LH” la longitud del uso horario como ejemplo (positivo en el oeste y negativo hacia el este del Meridiano de Greenwich).

CARACTERIZACIÓN DEL PARÁMETRO CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (I_{sc}^* , en CEM)

FECHA:

MÓDULO: R_{sh} (m Ω) =

$R_{sh} = 1 \text{ m}\Omega$, para V_{sh} (mv) = I_{sc} (A)

MÓDULO SENSOR:

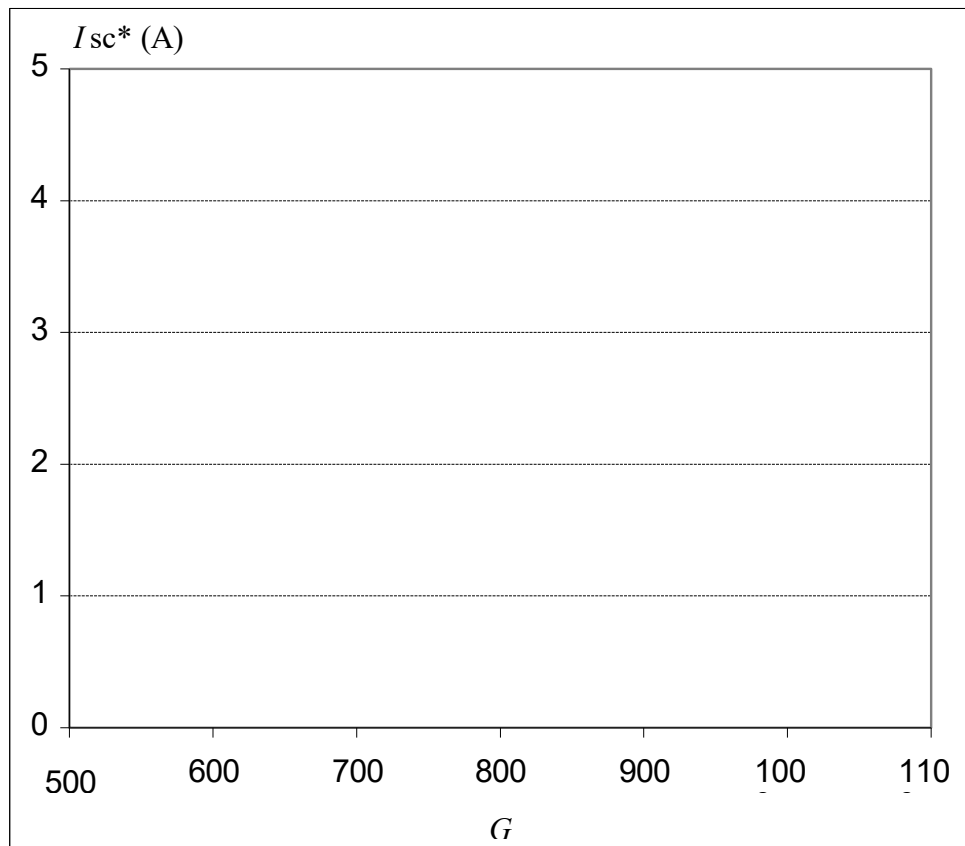
Sensor G: $I_{sc, SG}^*$ (A) = R_{sh} (m Ω) =

R_{sh} = Resistencia del Shunt

Nº Medida	V _{Sh,SG} (mV)	I _{sc, SG} (A)	G (W/m ²)	V _{sh} (mV)	I _{sc} (A)	I _{sc} [*] (A)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

RESULTADOS Parámetro I _{sc} [*]	
Promedio, I_{sc}[*] (A)	=
Desviación típica, s(A)	=
(En % del promedio) =	
Valores extremos en extrapolaciones individuales:	
Mínimo I_{sc,i}[*] (A)	=
(En % del promedio)	=
Máximo I_{sc,i}[*] (A)	=
(En % del promedio)	=
Nº de medidas, n	=

Gráfica I_{SC} vs G



**CARACTERIZACIÓN DEL PARÁMETRO TENSIÓN DE CIRCUITO ABIERTO
(VOC*, en CEM):**

FECHA:

MÓDULO:

$N_s =$
(N.º células en serie)

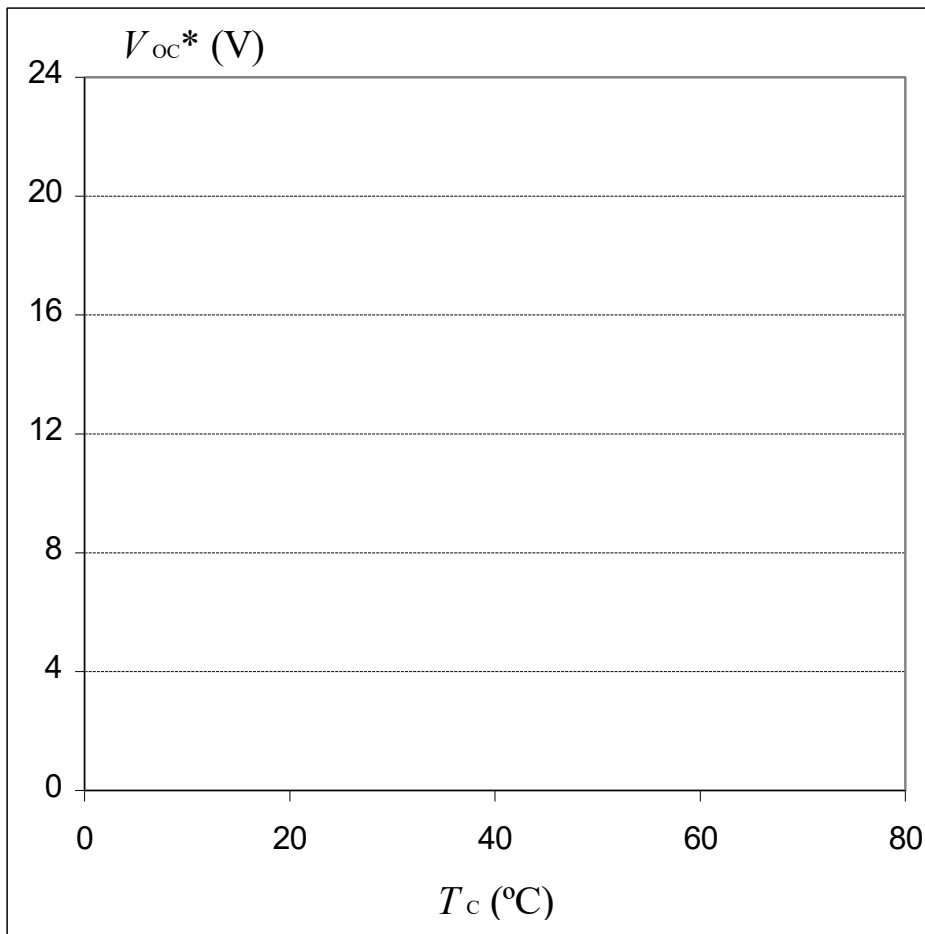
MÓDULO SENSOR:

Sensor: $V_{oc, sT}^* (V) =$ $N_{s, sT} =$ (N.º células en serie)

Nº Medida	$V_{OC,ST}$ (V)	$I_{C,ST}$ (A)	V_{OC} (V)	V_{OC} (V)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				

RESULTADOS
Promedio, V_{OC}^* (V) = Desviación típica, $s(A)$ = (En % del promedio) = Valores extremos de extrapolaciones individuales: Mínimo $I_{SC,i}^*$ (A) = (En % del promedio) = Máximo $I_{SC,i}^*$ (A) = (En % del promedio) = Nº de medidas, n =

Gráfica V_{oc} vs T_c



5. ANALISIS DE RESULTADOS

6. CONCLUSIONES

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




**“GUÍA DE PRÁCTICA N° 03 PRUEBA DE LOS CONTROLADORES DE CARGA
TIPO PWM Y MPPT DEL SFA EPIER.”**

AUTORES:





Bach. Yeison Huaracha Tupac

Juliaca, 2025



 PRUEBA DE DESEMPEÑO DE BATERIAS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTONOMO DE LA EPIER.		Página 1 / 10	
Tema:			Grupo:
Nota:	Ap./Nom:	Fecha:	Lab N°

SEGURIDAD EN EL LABORATORIO

- Según Resolución de consejo de comisión organizadora N° 171.2021-CCO-UNAJ Aprobó protocolos de seguridad de la Universidad Nacional de Juliaca

Ítem	Equipo de Protección Personal	Indicación	Recomendaciones
1	 USO OBLIGATORIO DE GUANTES	Está indicado durante la manipulación de herramientas o maquinaria según la necesidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccione la talla adecuada. • Los guantes deben cubrir los puños del mandil o guardapolvo.
2	 USO OBLIGATORIO DE MANDIL	Debe utilizarse de tal manera que cumpla su rol de proteger la ropa y la piel.	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccione la talla adecuada • En ningún caso recoger las mangas
3	 USO OBLIGATORIO DE CASCO DE SEGURIDAD	Se debe utilizar para la protección de la cabeza del usuario, distribuyendo la fuerza de impacto sobre la mayor superficie posible.	<ul style="list-style-type: none"> • Ajustar bien el casco a la cabeza para evitar que este se caiga y se deslice limitando así el campo de visión. • Usar el casco según las especificaciones señaladas por el fabricante.
4	 USO OBLIGATORIO DE CALZADO DE SEGURIDAD	se debe utilizar el zapato de seguridad para la protección de los pies, dependiendo de la práctica que se realizara en el laboratorio.	<ul style="list-style-type: none"> • El zapato de seguridad puede protegerlos contra choques eléctricos, Impactos, aplastamientos, golpes, líquidos corrosivos o químicos.

SEÑALES DE ADVERTENCIA

 <p>ATENCIÓN RIESGO ELÉCTRICO</p>	<p>Tener cuidado con el tipo y niveles de voltaje que suministran a los equipos</p>
	<p>Antes de utilizar los instrumentos cerciorarse si son de entrada o de salida, para no dañar los equipos</p>
 <p>RIESGO DE DESCARGAS ELÉCTRICAS</p>	<p>Tener cuidado en la conexión y en la desconexión de los equipos utilizados podemos sufrir descargas eléctricas.</p>
 <p>CUIDADO PISO RESBALOSO</p>	<p>Tener cuidado con el piso resbaloso, verificar que no haya desniveles.</p>

1. INTRODUCCIÓN

En los sistemas fotovoltaicos autónomos, la eficiencia y el rendimiento de la conversión de energía dependen en gran medida del tipo de controlador de carga utilizado. Los controladores PWM (Pulse Width Modulation) y MPPT (Maximum Power Point Tracking) son los más comunes, cada uno con características y comportamientos distintos bajo diferentes condiciones de operación.

El objetivo de esta práctica es determinar y comparar la potencia instantánea que estos controladores entregan a la carga, evaluando así su desempeño en un entorno controlado. Este análisis permitirá comprender mejor las ventajas y limitaciones de cada tipo de controlador, lo que es crucial para optimizar el diseño y la operación de sistemas fotovoltaicos eficientes.

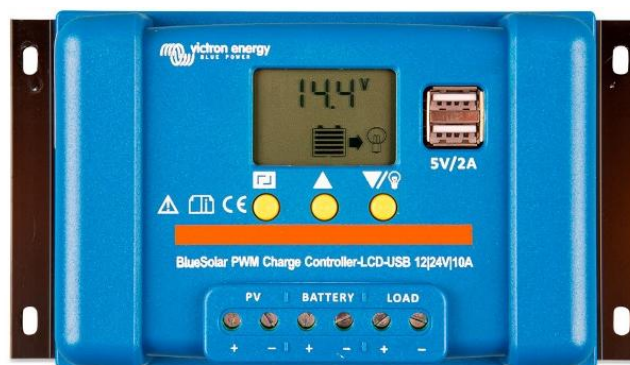
Figura 78

Controlador victron Blue solar PWM- LCD&USB 12/24V 10 A. (MANUAL VICTRON).



Figura 79

Controlador victron MPPT 75/15(MANUAL VICTRON).



Nota. Controladores solares situados en el tablero del control del sistema fotovoltaico.

2. Objetivos del laboratorio

- Evaluar y comparar el rendimiento de los reguladores de carga PWM y MPPT en un sistema fotovoltaico.
- Analizar sus características técnicas, eficiencia y comportamiento bajo diferentes condiciones de carga.

Breve Descripción del Contexto y Relevancia del Experimento

Los sistemas fotovoltaicos autónomos son esenciales para suministrar energía en áreas remotas o donde no se dispone de una red eléctrica convencional. En estos sistemas, el controlador de carga es un componente crucial que regula la energía que fluye desde los paneles solares hacia las baterías y la carga. Los controladores PWM y MPPT son dos tecnologías ampliamente utilizadas, cada una con sus propias ventajas y limitaciones.

Este experimento es relevante porque permite evaluar y comparar la capacidad de estos controladores para maximizar la entrega de potencia bajo condiciones reales de operación.

Equipos y materiales

2.1. Equipos

- Modulo solar OSDA de 100 Wp
- Controlador de carga 10 A 12/24 V PWM – LCD Victron Blue Solar
- Controlador de carga Smart Solar MPPT 75/15 A Victron Solar
- Batería de 12 v MARCA CSB
- Carga fija de 60 watts

2.2. Materiales

- Multímetro digital marca FLUKE
- Pinza amperimétrica marca FLUKE
- Registrador de datos
- Herramientas de conexión (Cables, Conectores, etc.)

3. PROCEDIMIENTO

- Antes de iniciar el ensayo, se debe verificar que todos los equipos y materiales estén en buen estado. Realizar una revisión visual de los componentes y asegurarse de que las conexiones sean seguras. Calibrar el multímetro y otros instrumentos de medición. Asegurarse de que el módulo fotovoltaico esté limpio y en condiciones óptimas para la generación de energía.

- Conectar el módulo solar al controlador PWM y al controlador MPPT en circuitos separados, asegurándose de que las conexiones eléctricas estén correctamente instaladas y que todos los equipos estén en buen estado de funcionamiento.
- Configurar los equipos de medición, incluyendo el multímetro digital, la pinza amperimétrica y el registrador de datos.

3.1.Preparación

- Realizar primero la conexión del controlador de carga a la batería.
- Realizar la conexión del módulo solar al controlador PWM, asegurándose de que todas las conexiones eléctricas estén correctamente instaladas.
- Repetir el mismo procedimiento para el controlador MPPT en un circuito separado.

3.2.Procedimiento detallado

Conexión del sistema

- Conectar el módulo fotovoltaico al regulador de carga PWM y la batería. Asegurarse de que las polaridades sean correctas.



- Repetir el proceso para el regulador de carga MPPT, utilizando el mismo módulo fotovoltaico y batería.



Configuración de la Carga

- Conectar la carga resistiva al regulador de carga PWM y registrar las condiciones iniciales de voltaje y corriente.
- Realizar de la misma manera con el controlador de carga tipo MPPT.

Mediciones iniciales

- Registrar las condiciones iniciales de voltaje y corriente en la batería y el módulo fotovoltaico para ambos reguladores.

Simulación de carga

- Activar la carga y observar el comportamiento de ambos reguladores. Registrar los datos de voltaje y corriente en diferentes intervalos de tiempo (por ejemplo, cada 5 minutos) durante al menos 30 minutos.

Prueba de sobre carga

- Realizar pruebas de sobrecarga para evaluar la respuesta de ambos reguladores. Aumentar gradualmente la carga y observar las protecciones del regulador. Registrar el voltaje y la corriente en cada etapa.

Análisis de datos

- Al finalizar las pruebas, analizar los datos registrados y comparar con las especificaciones del fabricante. Evaluar la eficiencia de cada regulador y su capacidad para manejar diferentes niveles de carga.

4. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

AUTOCONSUMO I_s					
	V_{RB} (V)	I_G (A)	I_B (A)	I_C (A)	I_s (mA)
Generador OFF y Consumo OFF					
Generador ON y Consumo ON					
Generador OFF y Consumo ON					

CAIDAS DE VOLTAJE INTERNAS						
Bornes Generador a la batería						
I_G (A)	V_{RG} (V)	I_B (A)	V_{RB} (V)	$V_{RG} - V_{RB}$ (mV)	$V_{RG}^+ V_{RB}^+$ (mV)	$V_{RG}^- V_{RB}^-$ (mV)
Bornes Batería al consumo de carga						
I_B (A)	V_{RB} (V)	I_C (A)	V_{RC} (V)	$V_{RB} - V_{RC}$ (mV)	$V_{RB}^+ V_{RC}^+$ (mV)	$V_{RB}^- V_{RC}^-$ (mV)

UMBRALES DE REGULACION		
Temperatura: °C		
Umbral	Tensión (V)	Comentario
Gaseo controlado Superior Inferior		
Sobrecarga Fin de carga Reposición		
Descarga profunda Alarma Desconexión Reconexión		

EFECTO DE LA TEMPERATURA				
Umbral	-10°C	10°C	20°C	45°C
Gaseo controlado Superior Inferior				
Sobre carga Fin de carga Reposición				
Descarga profunda Alarma Desconexión				
Funciones		<input type="checkbox"/> V/ <input type="checkbox"/> T (mV/°C.vaso)	Comentario	
Sobre carga				
Descarga a profundidad				

AVISOS Y ALARMAS		
Luz:	Existe (Sí/No)	Comentario
Verde		
Naranja		
Roja		
Alarma ante desconexión de la carga consumo		
Otros		

PROTECCIONES		
Evento	Funciones de protección	Comentario
“Sin-batería”		
Protección consumo condición “sin batería”		
Polaridad inversa en el generador		
Polaridad inversa en el consumo		
Sobre salto de corriente: Generador Consumo		
Corto circuito: Generador Consumo		
Sobretensión en la línea de generador		
Sobretensión en la línea de consumo		
Corriente inversa en el generador		
Grado de protección de la caja (IP)		

OPERACION EN MAXIMA CORRIENTE Y TEMPERATURA			
Línea	Fabricante	SFD	Máxima corriente (A)
Generación	A	A	
Consumo	A	A	

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




**“GUÍA DE PRÁCTICA N° 04: PRUEBA DE DESEMPEÑO DE BATERIAS DEL
SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTONOMO DE LA EPIER**

AUTORES:





Bach. Yeison Huaracha Tupac

Juliaca, 2025





 IDENTIFICACION DE LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS DE SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTONOMO DEL LABORATORIO DE ENERGIAS RENOVABLES		Página 1 / 10	
Tema:			Grupo:
Nota:	Ap./Nom:	Fecha:	Lab N°

SEGURIDAD EN EL LABORATORIO

- Según Resolución de consejo de comisión organizadora N° 171.2021-CCO-UNAJ Aprobó protocolos de seguridad de la Universidad Nacional de Juliaca

Ítem	Equipo de Protección Personal	Indicación	Recomendaciones
1	 USO OBLIGATORIO DE GUANTES	Está indicado durante la manipulación de herramientas o maquinaria según la necesidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccione la talla adecuada. • Los guantes deben cubrir los puños del mandil o guardapolvo.
2	 USO OBLIGATORIO DE MANDIL	Debe utilizarse de tal manera que cumpla su rol de proteger la ropa y la piel.	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccione la talla adecuada • En ningún caso recoger las mangas
3	 USO OBLIGATORIO DE CASCO DE SEGURIDAD	Se debe utilizar para la protección de la cabeza del usuario, distribuyendo la fuerza de impacto sobre la mayor superficie posible.	<ul style="list-style-type: none"> • Ajustar bien el casco a la cabeza para evitar que este se caiga y se deslice limitando así el campo de visión. • Usar el casco según las especificaciones señaladas por el fabricante.
4	 USO OBLIGATORIO DE CALZADO DE SEGURIDAD	se debe utilizar el zapato de seguridad para la protección de los pies, dependiendo de la práctica que se realizara en el laboratorio.	<ul style="list-style-type: none"> • El zapato de seguridad puede protegerlos contra choques eléctricos, Impactos, aplastamientos, golpes, líquidos corrosivos o químicos.

SEÑALES DE ADVERTENCIA

	<p>Tener cuidado con el tipo y niveles de voltaje que suministran a los equipos</p>
	<p>Antes de utilizar los instrumentos cerciorarse si son de entrada o de salida, para no dañar los equipos</p>
	<p>Tener cuidado en la conexión y en la desconexión de los equipos utilizados podemos sufrir descargas eléctricas.</p>
	<p>Tener cuidado con el piso resbaloso, verificar que no haya desniveles.</p>

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Sistemas fotovoltaicos autónomos

Los sistemas fotovoltaicos son una solución eficiente para la generación de energía. Estos sistemas convierten la luz solar en electricidad, lo que permite a los hogares y empresas reducir su dependencia de fuentes de energía no renovables. Sin embargo, la intermitencia de la energía solar requiere un sistema de almacenamiento eficiente, donde las baterías juegan un papel crucial.



1.2. Importancia de las Baterías

Las baterías acumulan la energía generada en el proceso diario para posteriormente ser consumido en el transcurso de la noche y días nublados. La capacidad de una batería para almacenar y liberar energía de manera eficiente es fundamental para el rendimiento general del sistema fotovoltaico. Por lo tanto, es esencial realizar ensayos rigurosos para evaluar su rendimiento.



2. Objetivos del Laboratorio

- **Evaluación de la Capacidad:** Uno de los objetivos clave es determinar la capacidad nominal de la batería. Esto implica medir cuánta energía puede almacenar y liberar la batería bajo condiciones controladas. La capacidad se mide en amperios-hora (Ah) y es un indicador crítico de su rendimiento.

- **Determinación de la Eficiencia:** Uno de los objetivos adicionales es estimar qué tan eficiente es el proceso de carga y descarga de la batería. La eficiencia se entiende como la fracción de energía que se logra recuperar respecto a la energía total empleada para realizar la carga. Una eficiencia elevada es conveniente, porque evidencia que la batería aprovecha bien la energía suministrada y opera de forma adecuada.

3. Equipo y Materiales

3.1. Batería a Ensayar

La batería seleccionada para el ensayo debe ser representativa del tipo que se utilizará en el sistema fotovoltaico. Es importante registrar el modelo y el fabricante, así como cualquier especificación técnica relevante.

Nombre:	MODELO (FABRICANTE)
Tipo de batería:	Arranque (automóvil)/Tubular/Solar modificada/Gelificada
Voltaje nominal:	V
Capacidad nominal:C20=	A.h

3.2. Cargador de Baterías

El cargador debe ser compatible con la batería y capaz de proporcionar la corriente y voltaje necesarios para una carga adecuada. Es fundamental que el cargador esté en buen estado y calibrado correctamente.

3.3. Instrumentos de Medición

Se utilizarán instrumentos como un multímetro y pinza amperimétrica digital para medir voltajes y corrientes. También se necesitará un termómetro para monitorear la temperatura de la batería durante el ensayo esto lo encontramos en la pinza que cuenta con mediciones de temperatura.



3.4. Carga Resistiva

La carga resistiva se utilizará para simular el consumo de energía durante la descarga de la batería.

Es importante seleccionar una carga que se asemeje al uso real que se espera en el sistema.

4. Procedimiento

- **Procedimiento 1: Nivel de Carga Inicial**

Para iniciar el ensayo, la batería se descarga hasta que la tensión entre bornes llega aproximadamente a 10,8 V, utilizando un régimen de descarga I20, es decir, una corriente tal que la descarga completa se produciría en unas 20 horas. La descarga se realiza conectando una carga resistiva adecuada (por ejemplo, una lámpara) que permita controlar la corriente que circula. Durante la prueba se registran de forma periódica los valores de tensión en los bornes de la batería y la corriente que pasa por la resistencia de carga. Con estos datos se determina la energía entregada a la carga en Ah, según lo indicado en el apartado CB5. El criterio de aceptación considera que la batería debe alcanzar como mínimo el 95% de su capacidad nominal; si el nivel de carga inicial es menor, será necesario efectuar una recarga completa antes de su puesta en servicio, tal como se especifica en la documentación técnica del fabricante.

- **Procedimiento 2: Capacidad Estabilizada**

Tras la primera etapa de descarga, la batería se somete a un ciclo de carga completa utilizando una fuente de alimentación o generador, fijando una tensión cercana a 14,4 V

durante unas 24 horas continuas, de manera que la corriente de carga se mantenga casi constante al menos durante la primera hora y favorezca la correcta activación de los electrodos. A continuación, se aplican varios ciclos consecutivos de carga y descarga con un régimen próximo a I20, registrando en cada ciclo la tensión en bornes de la batería VB y la corriente correspondiente IB. Cuando se cuenta con un sistema automático de adquisición de datos, los intervalos de muestreo pueden fijarse en 60 segundos; si las mediciones se realizan manualmente, los registros se toman típicamente cada 10 a 15 minutos. Con este procedimiento es posible estimar la capacidad real de la batería y analizar cómo evoluciona la tensión en función del estado de carga alcanzado en cada ciclo.

$$C_n = C_{10} \cdot \frac{1,67}{1 + 0,67 \cdot \left(\frac{I_n}{I_{10}}\right)^{0,9}} \cdot (1 + 0,005\Delta T)$$

4.1. Preparación

4.1.1. Inspección Visual

Antes de comenzar el ensayo, realizar una previa inspección visual de la batería. Esto incluye detectar que no haya daños visibles, corrosión o fugas. Cualquier anomalía observada debe ser documentada.



4.1.2. Revisión de Documentación

Es esencial revisar la documentación técnica de la batería (Ficha Técnica), para conocer sus especificaciones y requisitos de ensayo. Esto incluye la tensión nominal, capacidad y cualquier otro dato relevante.

4.1.3. Configuración del Equipo

El siguiente paso es conectar el cargador a la batería y asegurarse de que todos los instrumentos de medición estén calibrados y listos para su uso. Esto garantiza que los datos recopilados sean precisos.

4.2. Carga de la Batería

4.2.1. Conexión del Cargador

Conectar la batería al cargador y asegurarse de que esté configurado para cargar a la tensión y corriente adecuadas. Es importante seguir las instrucciones del fabricante para evitar daños.



Al momento de conectar, respetamos las polaridades positivo (+)

4.2.2. Monitoreo de la Carga

Durante la carga, se debe monitorear la temperatura de la batería y registrar el tiempo de carga. Esto ayudará a identificar cualquier problema que pueda surgir durante el proceso.



Sensor de temperatura

4.2.3. Registro de Datos

Registrar la corriente utilizada y el tiempo de carga en el formato preparado. Estos datos son esenciales para el análisis posterior.

4.3. Descarga de la Batería

4.3.1. Desconexión del Cargador

Encontrada la batería en su estado completo de carga, desconectar el cargador y conectar la carga resistiva. Esto iniciará el proceso de descarga.

4.3.2. Monitoreo de la Descarga

Registrar la corriente y el voltaje en intervalos regulares, por ejemplo, cada 10 minutos. Esto permitirá observar cómo se comporta la batería a medida que se descarga.

4.3.3. Finalización de la Descarga

Continuar la descarga hasta que la batería alcance el voltaje mínimo especificado por el fabricante. Es importante no sobrepasar este límite para evitar daños a la batería.

5. RESULTADOS

VOLUMEN DE ELECTROLITO			
Batería (l)	Vaso (l)	Litros/100 A.h	
CAPACIDAD DE BATERIA			
Ciclo	C ₂₀ (A.h)	C/C _{nom} (%)	CR*
0			
1			
2			

*CR: Capacidad de la batería (A.h), dividido por la corriente de cortocircuito del generador (A).

TENSIÓN EN DESCARGA FRENTE A ESTADO DE CARGA (SOC)	
SOC (%)	Voltaje (V _B)
100	
90	
80	
70	
60	
50	
40	
30	
20	
10	
0	
Capacidad C₂₀ (A.h) :	
TENSIÓN EN RECARGA FRENTE A FACTOR DE RECARGA (FR)	

FR (%)	Voltaje (V_B)
0	
10	
20	
30	
40	
50	
60	
70	
80	
90	
100	
110	

GASEO		
V (V/vaso)	I (mA)	T (°C)
2.23		
2.25		
2.275		
2.3		
2.325		
2.35		
2.375		
2.4		
2.425		
2.45		
2.475		
2.5		
2.525		
2.55		
Parámetros*		
I_{go} (mA/100A.h)	C_U	C_T

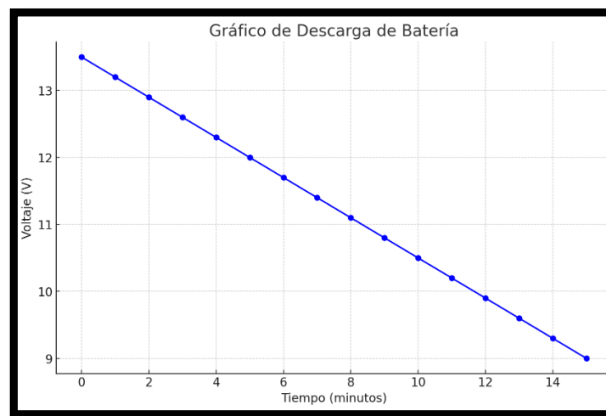
*I_{go}, C_U y C_T, son los parámetros de la ecuación de Tafel: $I_{gas} = I_{go} \cdot \exp(C_U \cdot (V - V_{ref}) + C_T \cdot (T - T_{ref}))$

5.1. Presentación de Datos

Los datos recopilados durante el ensayo deben presentarse de manera clara y organizada. Esto puede incluir tablas que muestren la corriente, voltaje y tiempo durante la carga y descarga.

5.2. Gráficos

Incluir gráficos que representen visualmente los resultados puede facilitar la comprensión de los datos. Un gráfico de la curva de descarga de la batería puede ser muy ilustrativo.



5.3. Comparación con Especificaciones

Comparar los resultados obtenidos con las especificaciones del fabricante es fundamental. Esto ayudará a determinar si la batería cumple con los estándares requeridos.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1. Evaluación de la Capacidad

Analizar la capacidad medida en comparación con la capacidad nominal especificada por el fabricante. Esto permitirá determinar si la batería está funcionando dentro de los parámetros esperados.

6.2. Eficiencia de Carga y Descarga

Calcular la eficiencia de carga y descarga utilizando los datos recopilados. Una alta eficiencia es indicativa de un buen rendimiento de la batería.

6.3. Identificación de Problemas

Discutir cualquier anomalía observada durante el ensayo. Esto puede incluir sobrecalentamiento, pérdida de capacidad o cualquier otro comportamiento inesperado.

7. CONCLUSIONES

8. REFERENCIAS

- Green, M. A., Dunlop, E. D., Hohl-Ebinger, J., Yoshita, M., Kopidakis, N., & Hao, X. (2021). Solar cell efficiency tables (version 57). *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 29(1), 3-15.
- Yao, Y., Zhang, J., Li, J., & Qian, Y. (2022). Performance comparison of monocrystalline and polycrystalline silicon solar modules under different environmental conditions. *Renewable Energy*, 185, 789-796.
- Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2013). *Solar Engineering of Thermal Processes*. John Wiley & Sons.
- Green, M. A., Emery, K., Hishikawa, Y., Warta, W., & Dunlop, E. D. (2017). Solar cell efficiency tables (version 50). *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 25(7), 668-676.
- Liu, C., Li, F., Xu, T., & Chen, X. (2023). Advances in photovoltaic technologies for improving the efficiency of solar panels. *Energy Reports*, 9, 1020-1035.

9. NOTAS ADICIONALES

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




“GUÍA DE PRÁCTICA N° 05: EVALUACIÓN DEL EFECTO DE POLVO EN EL SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTONOMO CON CONTROLADORES MPPT– EPIER”

AUTORES:





Bach. Yeison Huaracha Tupac

Juliaca, 2025





		EVALUACIÓN DEL EFECTO DE POLVO EN EL SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTONOMO CON CONTROLADORES MPPT- EPIER		Página 1 / 10	
Tema:				Grupo:	
Nota:	Ap./Nom:	Fecha:	Lab N°		

SEGURIDAD EN EL LABORATORIO

- Según Resolución de consejo de comisión organizadora N° 171.2021-CCO-UNAJ Aprobó protocolos de seguridad de la Universidad Nacional de Juliaca

Ítem	Equipo de Protección Personal	Indicación	Recomendaciones
1		Está indicado durante la manipulación de herramientas o maquinaria según la necesidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccione la talla adecuada. • Los guantes deben cubrir los puños del mandil o guardapolvo.
2		Debe utilizarse de tal manera que cumpla su rol de proteger la ropa y la piel.	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccione la talla adecuada • En ningún caso recoger las mangas
3		Se debe utilizar para la protección de la cabeza del usuario, distribuyendo la fuerza de impacto sobre la mayor superficie posible.	<ul style="list-style-type: none"> • Ajustar bien el casco a la cabeza para evitar que este se caiga y se deslice limitando así el campo de visión. • Usar el casco según las especificaciones señaladas por el fabricante.
4		se debe utilizar el zapato de seguridad para la protección de los pies, dependiendo de la práctica que se realizara en el laboratorio.	<ul style="list-style-type: none"> • El zapato de seguridad puede protegerlos contra choques eléctricos, Impactos, aplastamientos, golpes, líquidos corrosivos o químicos.

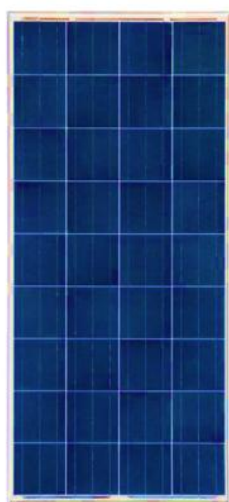
SEÑALES DE ADVERTENCIA

 <p>A yellow triangular warning sign with a black lightning bolt symbol. Below the triangle, a yellow rectangular box contains the text "ATENCIÓN RIESGO ELÉCTRICO" in black capital letters.</p>	<p>Verificar el tipo y nivel de tensión que alimenta a los equipos antes de conectarlos</p>
 <p>A yellow triangular warning sign with a black exclamation mark in the center.</p>	<p>Comprobar si los instrumentos trabajan en modo entrada o salida para evitar daños</p>
 <p>A yellow triangular warning sign with a black silhouette of a person being struck by a lightning bolt. Below the triangle, a yellow rectangular box contains the text "RIESGO DE DESCARGAS ELÉCTRICAS" in black capital letters.</p>	<p>Extremar precauciones al conectar y desconectar los equipos, ya que un manejo inadecuado puede provocar descargas eléctricas</p>
 <p>A yellow triangular warning sign with a black silhouette of a person slipping. Below the triangle, a yellow rectangular box contains the text "CUIDADO PISO RESBALOSO" in black capital letters.</p>	<p>Tener cuidado con el piso resbaloso, verificar que no haya desniveles.</p>

1. INTRODUCCIÓN A LA EVALUACIÓN DEL EFECTO DE POLVO EN EL SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTONOMO CON CONTROLADORES MPPT.

La presencia de polvo sobre los módulos fotovoltaicos constituye un factor determinante que puede disminuir el rendimiento de los sistemas solares autónomos, en especial en zonas áridas o con escasa humedad. Diversos estudios señalan que la suciedad acumulada puede provocar reducciones de hasta alrededor de un 30% en la energía generada, según la cantidad de partículas depositadas y el tiempo de exposición. En este contexto, los controladores de seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en inglés) resultan fundamentales para mejorar la conversión energética de los sistemas fotovoltaicos, ya que ajustan de forma continua las condiciones de operación para mantener al generador cercano a su punto de máxima potencia

Esta guía práctica evalúa el efecto del polvo en la eficiencia de un sistema fotovoltaico autónomo con controladores MPPT en la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables de la Universidad Nacional de Juliaca, proporcionando métodos y recomendaciones para mitigar este problema y mejorar el rendimiento energético.



Módulo solar limpio



Módulo solar con polvo

Nota. Módulo solar limpio y con efecto del polvo (Elaboración Propia).

2. OBJETIVOS DEL LABORATORIO

Analizar cómo la presencia de polvo influye en el rendimiento y en la eficiencia de un sistema fotovoltaico autónomo equipado con controladores de carga tipo MPPT, instalado en la Escuela

Profesional de Ingeniería en Energías Renovables de la Universidad Nacional de Juliaca, en Ayabacas.

3. EQUIPOS Y MATERIALES

Equipos:

- Paneles solares fotovoltaicos
- Controladores de carga MPPT
- Baterías de almacenamiento
- Multímetro digital
- Medidor de radiación solar (piranómetro)
- Anemómetro
- Sistema de adquisición de datos
- Herramientas de limpieza (brochas, esponjas, paños)

Materiales:

- Polvo controlado (partículas finas de distintos tamaños)
- Kit de limpieza
- Cables y conectores eléctricos
- Registro de datos y dispositivo móvil

4. PROCEDIMIENTO DE LA EVALUACIÓN DEL EFECTO DE POLVO EN EL SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTONOMO CON CONTROLADORES MPPT.

4.1.Procedimiento general

Instalar los paneles solares y conectar al controlador MPPT. Medir los parámetros eléctricos iniciales del sistema. Aplicar polvo sobre los paneles solares y monitorear el rendimiento eléctrico de forma periódica. Limpiar los paneles tras un periodo específico y medir nuevamente los parámetros para evaluar la recuperación del rendimiento. Analizar los datos obtenidos para determinar el impacto del polvo en la eficiencia del sistema y documentar los resultados en un informe final.

4.2.PROCEDIMIENTO DETALLADO

- **Medir parámetros iniciales:** Registrar voltaje, corriente y potencia del sistema.
- **Aplicar polvo:** Esparcir polvo controlado uniformemente sobre los paneles solares.
- **Monitorear rendimiento:** Registrar parámetros eléctricos cada 5 minutos durante 1.

- **Limpiar paneles:** Utilizar agua destilada y solución de limpieza para remover el polvo.
- **Medir parámetros post-limpieza:** Registrar nuevamente voltaje, corriente y potencia.
- **Analizar datos:** Comparar mediciones para evaluar el impacto del polvo.
- **Determinar la potencia instantánea de los módulos solares:** se determina mediante la siguiente formula:

$$\text{Potencia (Watts)} = \text{Voltaje (V)} \times \text{Corriente (A)}$$

donde:

P es la potencia instantánea en vatios (W),

V es el voltaje en voltios (V) en los terminales del panel solar,

I es la corriente en amperios (A) generada por el panel solar.

Documentar resultados: Registrar observaciones y preparar un informe final.

4.3.REGISTRO DE DATOS

Durante el laboratorio, es crucial registrar todos los datos obtenidos con precisión para un análisis adecuado de los parámetros eléctricos de los módulos solares.

a). Complete los datos generales de los componentes del sistema fotovoltaico autónomo:

Componente	<i>Módulo Solar</i>
Marca:	_____
Modelo:	_____

b). Completar los parámetros del módulo solar con acumulación de polvo en el sistema fotovoltaico autónomo.

PARÁMETROS	VALOR
Potencia Máxima (P _{máx})	_____
Tolerancia (Tol)	_____
Tensión en P _{máx} (V _{mp})	_____
Corriente en P _{máx} (I _{mp})	_____
Tensión en Circuito Abierto (V _{oc})	_____

Corriente en Corto Circuito (I_{sc})	_____
Temperatura NOCT	_____
Tensión Máxima del Sistema	_____

c). Completar los parámetros del módulo solar sin acumulación de polvo en el sistema fotovoltaico autónomo.

PARÁMETROS	VALOR
Potencia Máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	_____
Tolerancia (Tol)	_____
Tensión en $P_{m\acute{a}x}$ (V_{mp})	_____
Corriente en $P_{m\acute{a}x}$ (I_{mp})	_____
Tensión en Circuito Abierto (V_{oc})	_____
Corriente en Corto Circuito (I_{sc})	_____
Temperatura NOCT	_____
Tensión Máxima del Sistema	_____

Nota: En b) y c), los parámetros deben ser el promedio de 12 mediciones realizadas con un intervalo de tiempo de 5 minutos.

d). Comparar los siguientes parámetros con acumulación de polvo y sin acumulación del polvo en el sistema fotovoltaico autónomo.

PARÁMETROS	CON POLVO	SIN POLVO
$P_{m\acute{a}x}$	_____	_____
V_{mp}	_____	_____
I_{mp}	_____	_____
V_{oc}	_____	_____
I_{sc}	_____	_____

e). Comparar las siguientes mediciones realizadas a la salida del controlador MPPT 75/15 consideración la acumulación del polvo.

PARÁMETROS	CON POLVO	SIN POLVO
Tensión nominal (V)	_____	_____
Corriente en Cargas (A)	_____	_____
Tensión inicial en la batería (V)	_____	_____
Tensión final en la batería (V)	_____	_____
Energía Consumida por la Carga (W/h)	_____	_____

5. ANALISIS DE RESULTADOS

6. CONCLUSIONES

7. REFERENCIAS

Sarver, T., Al-Qaraghuli, A., & Kazmerski, L. L. (2018). A comprehensive review of the impact of dust on the use of solar energy: History, investigations, results, literature, and mitigation approaches. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 743-760. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.053>

Elminir, H. K., Ghitas, A. E., & Elsayed, T. (2019). Effect of dust accumulation on the performance of photovoltaic solar modules in a desert environment. *Solar Energy*, 159, 418-430. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.05.063>

Mekhilef, S., Saidur, R., & Safari, A. (2020). A review on solar energy use in industries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(4), 1777-1790. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.05.074>

Mani, M., & Pillai, R. (2019). Impact of dust on solar photovoltaic (PV) performance: Research status, challenges, and recommendations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9), 3124-3131. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.01.004>

8. ANOTACIONES ADICIONALES

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




**“GUÍA DE PRÁCTICA N° 06: PRUEBA DE DESEMPEÑO DE LAMPARAS DEL
SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTONOMO DE LA EPIER.**

AUTOR:





Bach. Yeison Huaracha Tupac

Juliaca, 2025





 PRUEBA DE DESEMPEÑO DE LAMPARAS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTONOMO DE LA EPIER.		Página 1 / 10	
Tema:			Grupo:
Nota:	Ap./Nom:	Fecha:	Lab N°

SEGURIDAD EN EL LABORATORIO

- Según Resolución de consejo de comisión organizadora N° 171.2021-CCO-UNAJ Aprobó protocolos de seguridad de la Universidad Nacional de Juliaca

Ítem	Equipo de Protección Personal	Indicación	Recomendaciones
1		Está indicado durante la manipulación de herramientas o maquinaria según la necesidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccione la talla adecuada. • Los guantes deben cubrir los puños del mandil o guardapolvo.
2		Debe utilizarse de tal manera que cumpla su rol de proteger la ropa y la piel.	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccione la talla adecuada • En ningún caso recoger las mangas
3		Se debe utilizar para la protección de la cabeza del usuario, distribuyendo la fuerza de impacto sobre la mayor superficie posible.	<ul style="list-style-type: none"> • Ajustar bien el casco a la cabeza para evitar que este se caiga y se deslice limitando así el campo de visión. • Usar el casco según las especificaciones señaladas por el fabricante.
4		se debe utilizar el zapato de seguridad para la protección de los pies, dependiendo de la práctica que se realizara en el laboratorio.	<ul style="list-style-type: none"> • El zapato de seguridad puede protegerlos contra choques eléctricos, Impactos, aplastamientos, golpes, líquidos corrosivos o químicos.

SEÑALES DE ADVERTENCIA

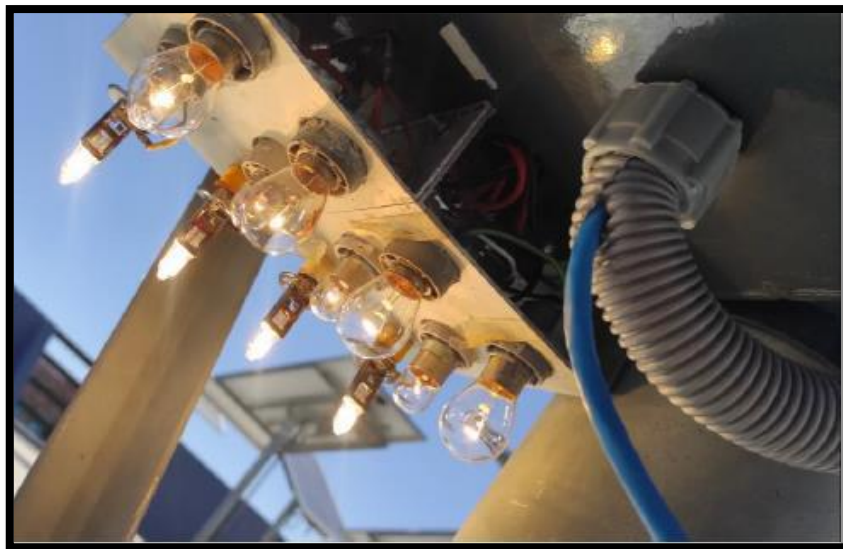
 <p>ATENCIÓN RIESGO ELÉCTRICO</p>	<p>Tener cuidado con el tipo y niveles de voltaje que suministran a los equipos</p>
	<p>Antes de utilizar los instrumentos cerciorarse si son de entrada o de salida, para no dañar los equipos</p>
 <p>RIESGO DE DESCARGAS ELÉCTRICAS</p>	<p>Tener cuidado en la conexión y en la desconexión de los equipos utilizados podemos sufrir descargas eléctricas.</p>
 <p>CUIDADO PISO RESBALOSO</p>	<p>Tener cuidado con el piso resbaloso, verificar que no haya desniveles.</p>

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Sistemas Fotovoltaicos Autónomos

En las últimas décadas, la energía solar se ha consolidado como una de las alternativas renovables de mayor proyección a nivel mundial, lo que ha impulsado de manera notable su aprovechamiento en distintos sectores. Entre las tecnologías asociadas, los sistemas fotovoltaicos destacan porque permiten transformar directamente la radiación solar en energía eléctrica, y dentro de ellos las lámparas cobran especial importancia al proporcionar iluminación en aplicaciones residenciales, comerciales e industriales.

El presente documento desarrolla una guía práctica para la realización de ensayos de lámparas, con el fin de evaluar su desempeño y verificar que satisfacen los criterios de seguridad y operación establecidos para su implementación en sistemas fotovoltaicos de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables.



2. OBJETIVOS DEL LABORATORIO

- Evaluar la eficiencia energética de la lámpara en relación con su consumo de energía.
- Comprobar la durabilidad y resistencia de la lámpara bajo condiciones de operación continuas.

3. EQUIPO Y MATERIALES

Para llevar a cabo el ensayo de lámparas, se requiere el siguiente equipo y materiales:

3.1. Lámpara a ensayar:

Seleccionar un modelo específico de lámpara que se utilizará en el ensayo.

3.2. Generador fotovoltaico:

Debe tener especificaciones de corriente y voltaje adecuadas para el ensayo.

3.3. Instrumentos de Medición

Se utilizarán instrumentos como un multímetro y pinza amperimétrica digital para medir voltajes y corrientes. También se necesitará un termómetro para monitorear la temperatura de la batería durante el ensayo esto lo encontramos en la pinza que cuenta con mediciones de temperatura.



3.4. Batería de almacenamiento

Para almacenar la energía generada y proporcionar un suministro constante a la lámpara.

3.5. Herramientas de instalación

Destornilladores, alicates, cinta aislante, etc.

3.6. Dispositivos de seguridad

Guantes, gafas de protección, y otros equipos de seguridad personal.

4. PROCEDIMIENTO

4.1. preparación

Antes de iniciar el ensayo, es fundamental realizar una preparación adecuada. Esto incluye:

- a) **Revisión de Documentación:** Asegurarse de que toda la documentación técnica de los componentes esté disponible y revisada. Esto incluye las especificaciones del fabricante de la lámpara y del balasto.

- b) **Verificación de Equipos:** Comprobar que todos los equipos y materiales estén en buen estado y listos para su uso. Realizar pruebas de funcionamiento en los equipos eléctricos.
- c) **Configuración del Espacio de Trabajo:** Organizar el área de trabajo para facilitar el acceso a los equipos y garantizar la seguridad durante el ensayo. Asegurarse de que el área esté bien iluminada y ventilada.

4.2. Procedimiento Detallado

a) **Instalación de la Lámpara**

- Conectar la lámpara, asegurándose de que todas las conexiones sean firmes y seguras. Utilizar cinta aislante para proteger las conexiones expuestas.
- Montar la lámpara en un soporte adecuado

b) **Conexión del Módulo Fotovoltaico**

Conectar el Módulo fotovoltaico a la batería y a la lámpara. Asegurarse de que la polaridad sea correcta para evitar daños en los componentes.

c) **Mediciones Iniciales**

Utilizar el multímetro para medir el voltaje y la corriente en el sistema antes de encender la lámpara. Registrar estos valores como referencia inicial.

d) **Encendido de la Lámpara:**

Activar el sistema y encender la lámpara, observando su funcionamiento. Asegurarse de que la lámpara se encienda correctamente y no presente parpadeos o fallos.

e) **Registro de Datos:**

Anotar todas las mediciones y observaciones durante el funcionamiento de la lámpara, incluyendo el tiempo de operación y cualquier anomalía detectada. Utilizar un formato de registro estandarizado para facilitar el análisis posterior.

f) **Pruebas de Rendimiento:**

Realizar pruebas bajo diferentes condiciones de luz y carga. Por ejemplo, variar la irradiancia solar y medir el rendimiento de la lámpara en cada caso. Utilizar el luxómetro para medir la intensidad de luz y calcular el flujo luminoso.

g) **Desconexión y Limpieza:**

Al finalizar las pruebas, desconectar todos los equipos y limpiar el área de trabajo. Asegurarse de que todos los componentes estén almacenados adecuadamente.

5. RESULTADOS

Nombre:	Modelo (fabricante)
Tipo:	
Tensión nominal:	Voltios
Corriente:	Amperio
Potencia:	Watts

RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROTECCIONES			
Protección	Resultado		
Lampara 1			
Lampara 2			
Lampara deteriorada			
Inversión en la polaridad			
Corto circuito de las salidas de la lampara			
Interferencia en radio-frecuencia (aérea)	Distancia (m)	Existencia	
Interferencia en radio-frecuencia (cable)			
Comentarios V _{NOM} =	I _C (V _{NOM}) =	P _m =	Factor de potencia =

ENSAYO DE CICLADO – EVOLUCIÓN FOTOGRÁFICA

Ciclo	Lámpara
0	
500	
1000	
3000	
5000	
7000	
10 000	

- **Condiciones extremas.**

Funcionamiento en altas temperaturas (50 °C)

RESULTADOS DEL ENSAYO A ALTAS TEMPERATURAS	
1 hora de funcionamiento	
Tiempo (min)	Funcionamiento correcto (Si/No)
15	
30	
45	
60	
Comentarios	

a) **Funcionamiento a bajas temperaturas**

RESULTADO DEL ENSAYO DE FUNCIONAMIENTO A BAJAS TEMPERATURAS	
Encendido	
Tension (V)	Arranque (Si/No)
10,5	
11	
12	
13	
14	
15	
Comentarios (5 °C):	
RESULTADO DEL ENSAYO DE FUNCIONAMIENTO A BAJAS TEMPERATURAS	
Encendido	
Tensión (V)	Arranque (Si/No)
10,5	
11	
12	
13	
14	
15	
Comentarios (-15°C):	

- **Luminosidad.**

RESULTADOS DEL ENSAYO DE LUMINOSIDAD		
Nº de ciclos	Luminosidad (lm)	Eficiencia de la lampara (lm/W)
1000		
Comentarios		

6. CONCLUSIONES

7. REFERENCIAS

Sarver, T., Al-Qaraghuli, A., & Kazmerski, L. L. (2018). A comprehensive review of the impact of dust on the use of solar energy: History, investigations, results, literature, and mitigation approaches. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 743-760. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.053>

Elminir, H. K., Ghitas, A. E., & Elsayed, T. (2019). Effect of dust accumulation on the performance of photovoltaic solar modules in a desert environment. *Solar Energy*, 159, 418-430. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.05.063>

Mekhilef, S., Saidur, R., & Safari, A. (2020). A review on solar energy use in industries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(4), 1777-1790. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.05.074>

Mani, M., & Pillai, R. (2019). Impact of dust on solar photovoltaic (PV) performance: Research status, challenges, and recommendations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9), 3124-3131. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.01.004>

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




**“GUÍA DE PRÁCTICA N°07: CÁLCULO DEL RENDIMIENTO ENERGÉTICO Y
EFICIENCIA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO DE LA
EPIER.**

AUTOR:





Bach. Yeison Huaracha Tupac

Juliaca, 2025





 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA		EVALUACIÓN DEL EFECTO DE POLVO EN EL SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTONOMO CON CONTROLADORES MPPT- EPIER		Página 1 / 10	
Tema:			Grupo:		
Nota:	Ap./Nom:	Fecha:	Lab N°		

SEGURIDAD EN EL LABORATORIO

- Según Resolución de consejo de comisión organizadora N° 171.2021-CCO-UNAJ Aprobó protocolos de seguridad de la Universidad Nacional de Juliaca

Ítem	Equipo de Protección Personal	Indicación	Recomendaciones
1	 USO OBLIGATORIO DE GUANTES	Está indicado durante la manipulación de herramientas o maquinaria según la necesidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccione la talla adecuada. • Los guantes deben cubrir los puños del mandil o guardapolvo.
2	 USO OBLIGATORIO DE MANDIL	Debe utilizarse de tal manera que cumpla su rol de proteger la ropa y la piel.	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccione la talla adecuada • En ningún caso recoger las mangas
3	 USO OBLIGATORIO DE CASCO DE SEGURIDAD	Se debe utilizar para la protección de la cabeza del usuario, distribuyendo la fuerza de impacto sobre la mayor superficie posible.	<ul style="list-style-type: none"> • Ajustar bien el casco a la cabeza para evitar que este se caiga y se deslice limitando así el campo de visión. • Usar el casco según las especificaciones señaladas por el fabricante.
4	 USO OBLIGATORIO DE CALZADO DE SEGURIDAD	se debe utilizar el zapato de seguridad para la protección de los pies, dependiendo de la práctica que se realizara en el laboratorio.	<ul style="list-style-type: none"> • El zapato de seguridad puede protegerlos contra choques eléctricos, Impactos, aplastamientos, golpes, líquidos corrosivos o químicos.

SEÑALES DE ADVERTENCIA

	<p>Tener cuidado con el tipo y niveles de voltaje que suministran a los equipos</p>
	<p>Antes de utilizar los instrumentos cerciorarse si son de entrada o de salida, para no dañar los equipos</p>
	<p>Tener cuidado en la conexión y en la desconexión de los equipos utilizados podemos sufrir descargas eléctricas.</p>
	<p>Tener cuidado con el piso resbaloso, verificar que no haya desniveles.</p>

8.1.INTRODUCCIÓN

Los sistemas fotovoltaicos autónomos (SF A) son una solución sostenible para la generación de energía en zonas aisladas. Sin embargo, el rendimiento energético de estos sistemas depende de la eficiencia de sus componentes: módulos solares, controladores de carga, baterías y cargas conectadas. Esta práctica tiene como objetivo calcular el rendimiento energético y analizar las pérdidas del sistema fotovoltaico autónomo disponible en el laboratorio.

8.2.OBJETIVOS DEL LABORATORIO

- Determinar la eficiencia de los módulos solares y del sistema completo.
- Identificar y analizar las pérdidas energéticas en cada etapa del sistema.
- Aplicar fórmulas matemáticas para calcular rendimientos y pérdidas.

Equipos y materiales

- Panel solar monocristalino o policristalino.
- Controlador de carga (PWM o MPPT).
- Batería (12V).
- Cargas resistivas (lámparas o resistencias).
- Multímetro digital.
- Pinza amperimétrica.
- Piranómetro (para medir irradiancia solar).
- Cronómetro.
- Tablas de registro de datos.

8.3.PROCEDIMIENTO

3.1. preparación

Verificar que los módulos solares estén libres de suciedad y sombras.

Revisar las conexiones eléctricas del sistema fotovoltaico (paneles, controlador, batería y cargas).

Asegurarse de que los instrumentos de medición (multímetros, piranómetro) estén calibrados y en buen estado.

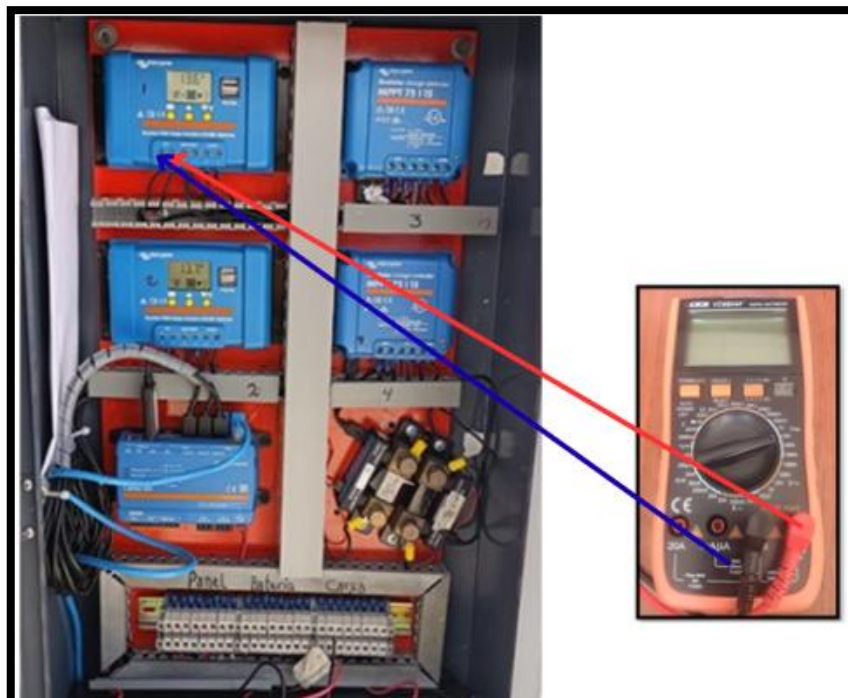


Solicitar datos de irradiancia de la EPIER UNAJ entregados por el ingeniero especialista a cargo del laboratorio

8.4.Procedimiento detallado

4.1.Medición de parámetros en los módulos solares

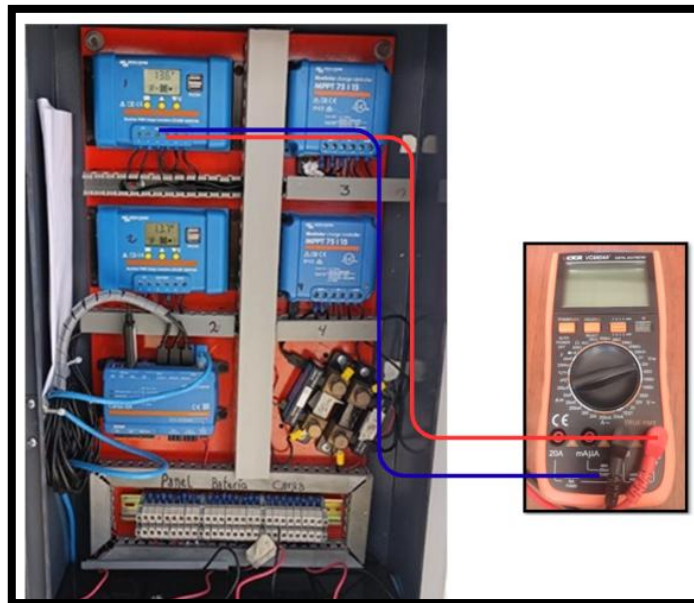
Conecte el multímetro para medir el voltaje (V_{mod}) y corriente (I_{mod}) del módulo solar



Solicite al ingeniero los datos de irradiancia solar (G)

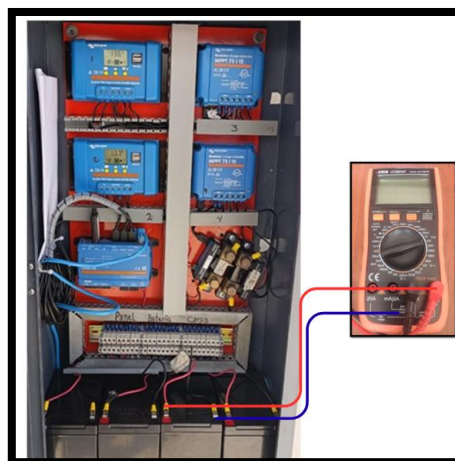
4.2. Medición del controlador de carga

Registre el voltaje (V_{bat}) y corriente (I_{bat}) en los bornes de la batería



4.3. Medición en las cargas conectadas

Registre el voltaje (V_{carga}) y corriente (I_{carga}) de las cargas de consumo



4.4. Registro de tiempos

Mida los parámetros en intervalos regulares de tiempo por ejemplo (cada 5 minutos) para observar cómo varían las condiciones del sistema.

Cálculo de la potencia

Para cada etapa (modulo, batería, cargas) calcule las potencias usando $P=V \times I$

4.5.Registro de datos

Utilice la siguiente tabla para registrar los datos obtenidos:

Tiempo	Vmod (V)	Imod (A)	G (W/m ²)	Vbat(V)	Ibat(A)	Vcarga(V)	Icarga(A)
0							
5							
10							
25							
30							

4.6.Resultados

Tabla de resumen de potencia

Etapas del sistema	Potencia (W)
Modulo solar (Pmod)	
Batería (Pbat)	
Carga (Pcarga)	

4.7.Análisis de resultado

- Eficiencia del modulo $N_{mod} = \frac{P_{mód}}{A.G} X100$
- Eficiencia del sistema $N_{sistema} = \frac{P_{carga}}{P_{mód}} X100$
- Perdidas energéticas $P_{pérdida} = P_{mód} - P_{carga}$

4.8.Conclusiones

5. REFERENCIAS

Sukhatme, S. P. (2021). Solar Energy: Principles of Thermal Collection and Storage. McGraw Hill Education.

Green, M. A. (1998). Solar Cells: Operating Principles, Technology, and System Applications. University of New South Wales.

Manual del controlador de carga MPPT/PWM.

Notas técnicas sobre eficiencia energética en sistemas fotovoltaicos.

Libro: Energía Solar Fotovoltaica: Principios y Aplicaciones.

5.1. Evaluación de las guías de practica

Para la evaluación de cada guía de laboratorio se dispuso de una escala de Likert de I a 5 (1: totalmente en desacuerdo; 5 totalmente de acuerdo), a continuación, se muestra los resultados de cada guía de practica de laboratorio de energía solar fotovoltaica.

Estudiante	Guía N°1	Guía N°2	Guía N°3	Guía N°4	Guía N°5	Guía N°6	Guía N°7
Joel	5	3.5	4.8	4.7	4.6	4.8	4.9
Danny	5	3.6	4.7	4.5	4.6	4.7	4.8
Alfredo	5	3.2	4.6	4.8	4.9	4.9	5
Cristian	5	3.1	4.5	4.6	4.4	4.6	4.7
Anderson	4.9	3.4	4.9	4.7	4.7	4.8	4.9
Dennis	5	3.3	4.7	4.8	4.5	4.5	4.7
Edson Daniel	4.8	3	4.6	4.7	4.4	4.7	4.6
Jefferson	5	3.5	4.8	4.6	4.5	4.6	4.9
Cantón	5	3.2	4.4	4.5	4.3	4.4	4.5
Keving Vargas	5	3.7	4.9	4.9	4.7	5	5
Darwin Frank	5	3.4	4.7	4.8	4.8	4.7	4.8
Edilberto Rubén	5	3.3	5	4.9	4.8	4.9	5
Promedio	4.98	3.35	4.72	4.68	4.58	4.69	4.78

5.2. Análisis de resultados de la encuesta en la escala de Likert de las guías de práctica de laboratorio de energía solar fotovoltaica.

- Guía más valorada:

La Guía N°1 tiene el puntaje más alto (4.98), lo que refleja que el manual fue efectivo para preparar a los estudiantes para identificar los componentes eléctricos.

- **Guía más desafiante:**

La Guía N°2 tiene el puntaje más bajo (3.35), lo que indica que los cálculos complejos asociados a esta práctica presentan dificultades significativas para los estudiantes.

- **Tendencias generales:**

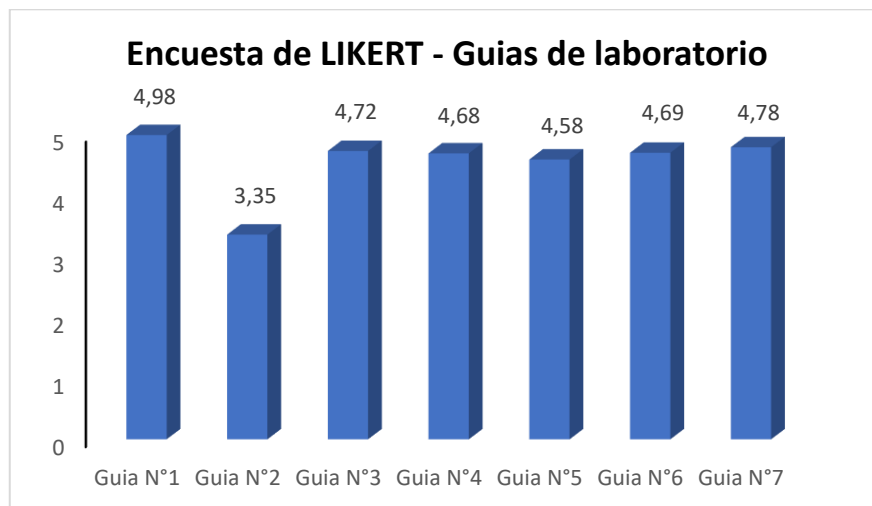
Las guías prácticas que combinan medición y conceptos técnicos aplicados (Guías N°3, N°7) tienen buenos puntajes, indicando su utilidad y claridad.

Las guías centradas en mediciones específicas (Guías N°4, N°5, N°6) tienen puntajes consistentes, lo que sugiere que los estudiantes las consideran útiles, aunque con algunos ajustes podrían mejorar.

El siguiente gráfico de barras expresa el resultado de la encuesta de Likert realizada a los estudiantes sobre las Guías de práctica de laboratorio.

Figura 80

Gráfico de barras del resultado de percepción de los estudiantes.



Nota. Gráfico de barras del resultado de percepción de los estudiantes sobre las guías de práctica de laboratorio.

En la siguiente figura 81, se puede observar al grupo de estudiantes que participaron en la evaluación del manual de enseñanza y las guías de práctica de laboratorio de energía solar fotovoltaica.

Figura 81

Estudiantes participantes en la evaluación.



Nota. Estudiantes participantes en la evaluación del manual de enseñanza y guías de práctica de laboratorio de energía solar fotovoltaica.

Figura 82

Indicaciones previas para el uso del sistema fotovoltaico autónomo.



Nota. Indicaciones previas para el uso del sistema fotovoltaico autónomo, para el laboratorio de energía solar fotovoltaica de la EPIER UNAJ.

Figura 83

Evaluación teórica del manual y guías de laboratorio de energía solar fotovoltaica.



Nota. Evaluación teórica del manual y guías de laboratorio de energía solar fotovoltaica, con el grupo de estudiantes EPIER UNAJ.

6. INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El material didáctico implementado fue evaluado por su capacidad para facilitar el aprendizaje técnico. La mayor parte de los estudiantes que utilizaron el manual y las guías de laboratorio mostraron un aumento en su habilidad para identificar y manejar los equipos que compone un sistema fotovoltaico autónomo (módulos solares, controladores de carga, baterías y cableado). Esto indica que el material didáctico cumplió su objetivo de proporcionar una base sólida para el entendimiento práctico de los sistemas fotovoltaicos.

Sin embargo, es importante considerar que el nivel de comprensión y el manejo de los sistemas fotovoltaicos podría mejorar con más tiempo de práctica y con la inclusión de más actividades interactivas en el manual de enseñanza. La comparación de los controladores podría haberse realizado con más detalle, utilizando escenarios más diversos que reflejen mejor las condiciones del entorno operativo real.

Como objetivo específico se consideró identificar cada componente del sistema fotovoltaico autónomo con controladores de carga tipo PWM y MPPT en base a la norma técnica peruana 399.406.2006, que es aplicable a las características técnicas de los Sistemas fotovoltaicos domésticos o autónomos en sí mismos, al generador fotovoltaico, la batería, el regulador de carga y el cableado, así como a las luminarias. En los resultados obtenidos, se verificó que componentes del sistema fotovoltaico como los módulos solares de tipo silicio mono cristalino y policristalino, controladores de carga tipo MPPT y PWM, cumplen con las especificaciones técnicas que recomienda la norma técnica peruana NTP 399.403 2006, no obstante, se encuentra falta de información en los acumuladores de energía como: catálogo de curvas de capacidad versus voltaje a condiciones estándar de 25°C, así como curvas de carga para regímenes de 5 amperios y 10 amperios, como exige la normativa. El controlador de carga tipo MPPT cumple con los estándares, pero tiene limitaciones en altitudes superiores a 3000 msnm y carece de pantalla LCD. En contraste, el controlador PWM también cumple con la norma y ofrece una pantalla LCD, es reparable, y dispone de una alarma visual para prevenir desconexiones por baja carga, características no presentes en el MPPT, en el caso del consumo de energía la norma no aplica por ser una carga eléctrica. Este resultado coincide con el trabajo de Perpiñán Lamigueiro (2012), quien menciona, el análisis de los componentes esenciales de un sistema fotovoltaico autónomo, incluyendo módulos solares, reguladores de carga y acumuladores, que este estudio es fundamental para

entender cómo estos sistemas operan en condiciones de acumulación de polvo y su rendimiento en diferentes entornos. Rúa-Ramírez et al. (2021), también coincide con la importancia de que el estudiante y usuarios debe de conocer e identificar cada componente de un sistema fotovoltaico autónomo y caracterizar el funcionamiento de cada componente, ya sea, de protección, las conexiones, módulos solares, reguladores de carga, entre otros.

A pesar de que los componentes del sistema fotovoltaico cumplen con las especificaciones de la norma NTP 399.403:2006, la falta de especificaciones técnicas por parte de los acumuladores de energía, pone en evidencia la necesidad de mejorar la información técnica disponible o cambiar de equipo. Lo cual permitiría una caracterización más precisa del rendimiento del sistema fotovoltaico autónomo y contribuirá a una instalación y mantenimiento más efectivos, garantizando que el sistema fotovoltaico autónomo opere de manera óptima.

Para la caracterización del sistema fotovoltaico con controladores de carga tipo MPPT y PWM, en condiciones de polvo y sin polvo, se utilizó como referencia la norma IEC 61724 que proporciona directrices precisas para el monitoreo y evaluación del rendimiento de sistemas fotovoltaicos, asegurando la estandarización en la recopilación y análisis de datos. En los resultados obtenidos, se determinó que el módulo solar de silicio monocristalino con controlador MPPT alcanza una eficiencia del 74.17%, mientras que el módulo con controlador PWM registra una eficiencia del 61.88%. Para el sistema fotovoltaico autónomo con módulo solar policristalino de 100 Wp y controlador tipo PWM, se observa una eficiencia del 54.56%, en comparación con el sistema con módulo solar de silicio policristalino de 100 Wp y controlador MPPT, que alcanza una eficiencia de 67.95%. En condiciones de polvo, el sistema con módulo de silicio policristalino de 100 Wp y controlador MPPT muestra una eficiencia del 67.50%, frente a un 69.58% sin polvo, indicando que la acumulación de polvo reduce el rendimiento fotovoltaico en un 2.08%. Por otro lado, el sistema con módulo de silicio monocristalino y controlador PWM presenta una eficiencia del 61.07% en condiciones de polvo, comparado con un 51.51% sin polvo, mostrando una disminución del 9.56% en el rendimiento debido al polvo.

Estos resultados son consistentes con los estudios de bulhosa dos santos et al., (2022), determinan en su investigación que un sistema con controlador de punto de máxima potencia (MPPT) registra una eficiencia superior de un 76.4%, frente a un 70.9% de eficiencia de un controlador de carga PWM. Además, los resultados relacionados con la presencia de polvo

coinciden con los de Machaca Quispe & Coronel Rodríguez (2023), quienes determinaron que el polvo reduce el rendimiento fotovoltaico aproximadamente en un 6.20% en la ciudad de Puno. Los hallazgos de la investigación dan a conocer la relevancia de la tecnología de controladores MPPT en la mejora de la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos, especialmente en comparación con los controladores PWM. La presencia de polvo en los módulos solares demuestra un impacto negativo significativo en el rendimiento, corroborando estudios previos que indican una reducción de eficiencia en diferentes entornos. La comparación con los resultados de investigaciones previas refuerza la validez de los hallazgos y destaca la necesidad de considerar medidas de mantenimiento y limpieza para mitigar el efecto del polvo.

Para evaluar la efectividad del manual y las guías prácticas, se utilizaron varios métodos, como la escala de Likert, la prueba t de Student y el coeficiente alfa de Cronbach. La escala de Likert aplicada a los 12 estudiantes evidenció una percepción general positiva, con un promedio global de 4.69 sobre 5 en las guías. En cuanto al manual de enseñanza, su confiabilidad se verificó mediante el coeficiente alfa de Cronbach, obteniendo un valor de 0.91, lo que indica una excelente consistencia interna, acorde con lo señalado por George y Mallery (2003), quienes consideran valores superiores a 0.9 como altamente confiables. La prueba t de Student permitió analizar el impacto del manual en el aprendizaje mediante una comparación pretest-postest, donde los resultados mostraron una mejora significativa ($t = 16.72$, $p < 0.05$), destacando que el manual cumplió su función de preparar a los estudiantes para identificar y comprender los elementos del sistema fotovoltaico. Además, la evaluación de las guías reveló diferencias significativas en su percepción y efectividad. La Guía N°1, que se apoyó en el contenido del manual, obtuvo el puntaje más alto (4.98), mientras que la Guía N°2, enfocada en cálculos complejos, presentó mayores desafíos con un puntaje de Este contraste destaca la importancia de complementar las guías más técnicas con refuerzos teóricos adicionales. En particular las guías técnicas relacionadas con análisis de desempeño, como la Guía N°3 (controladores PWM y MPPT) y la Guía N°7 (cálculo de rendimiento energético), lograron puntajes altos (4.72 y 4.78, respectivamente), reflejando que los estudiantes aplicaron con éxito conceptos teóricos en actividades prácticas.

Además, la mejora en el aprendizaje validada por la prueba t coincide con los hallazgos de Machaca Quispe y coronel Rodríguez (2023), quienes destacan la importancia de un diseño didáctico claro y estructurado para fortalecer las competencias técnicas. Esto subraya la eficacia del material implementado en el laboratorio, reforzando la validez de los resultados

obtenidos en este estudio. En conclusión, el manual y las guías demostraron ser herramientas efectivas para mejorar el aprendizaje de los estudiantes en sistemas fotovoltaicos autónomos, aunque es necesario reforzar los contenidos más desafiantes con talleres previos o estrategias complementarias. Estos hallazgos evidencian que un enfoque estructurado, práctico y alineado con estándares académicos puede optimizar significativamente las competencias técnicas en el laboratorio de energía solar fotovoltaica.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1.CONCLUSIONES

El desarrollo e implementación del manual de enseñanza y las guías de laboratorio para el sistema fotovoltaico autónomo permitió a los estudiantes adquirir una comprensión integral de los componentes y el funcionamiento del sistema, tanto en condiciones de limpieza como de acumulación de polvo. La elaboración de este material educativo facilitó el aprendizaje práctico y teórico, contribuyendo al fortalecimiento de las competencias técnicas de los estudiantes en el área de energías renovables. Los resultados evidencian que los estudiantes mejoraron sus habilidades para identificar, instalar y evaluar el desempeño de los componentes del sistema fotovoltaico, alineándose con los objetivos planteados para la enseñanza en la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables (EPIER) de la UNAJ.

La identificación de los componentes del sistema fotovoltaico autónomo con controladores de carga tipo PWM y MPPT ha demostrado que, en general, los módulos solares y los reguladores de carga cumplen con las especificaciones técnicas establecidas por la norma peruana NTP 399.403:2006. Sin embargo, se ha identificado una carencia significativa en la documentación técnica de los acumuladores de energía, como la falta de catálogos de curvas de capacidad y de carga para diferentes regímenes, lo que limita una evaluación completa del rendimiento. Además, aunque el controlador MPPT cumple con los estándares, presenta limitaciones en altitudes superiores a 3000 msnm y carece de pantalla LCD. Por otro lado, el controlador PWM, además de cumplir con la norma, ofrece características adicionales como una pantalla LCD y una alarma visual para advertir sobre bajas cargas, lo que no está presente en el MPPT.

La caracterización del sistema fotovoltaico autónomo con controladores de carga tipo MPPT y PWM, bajo condiciones de polvo y sin polvo, ha demostrado que los componentes del sistema cumplen en general con las normas técnicas nacionales e internacionales, específicamente con la norma IEC 61724. Los módulos solares de silicio monocristalino y policristalino, así como los controladores MPPT y PWM, presentan un rendimiento acorde con las especificaciones técnicas. Sin embargo, los resultados muestran que los controladores MPPT ofrecen una mayor eficiencia en comparación con los controladores PWM, con una eficiencia del 74.17% frente al 61.88% del controlador PWM. La

acumulación de polvo reduce el rendimiento fotovoltaico, evidenciado por una disminución del 2.08% en el sistema con MPPT y del 9.56% en el sistema con PWM. Estos hallazgos corroboran estudios previos y confrontan de la tecnología MPPT en la mejora de la eficiencia y el impacto negativo del polvo en el rendimiento del sistema.

La elaboración del manual de enseñanza y las siete guías de laboratorio para el sistema fotovoltaico autónomo cumplió con su propósito de proporcionar a los estudiantes una herramienta clara y práctica para el aprendizaje de los sistemas fotovoltaicos. Este material permitió una mayor comprensión de los componentes, el manejo del Cerbo GX y la instalación de los elementos del sistema (paneles, controladores, baterías y cargas). La estructuración del manual y las guías de acuerdo con el formato de la UNAJ facilitó la enseñanza, promoviendo una interacción efectiva en el laboratorio de energía solar fotovoltaica y contribuyendo significativamente al desarrollo técnico de los estudiantes en el área de estudio de las energías no convencionales.

La elaboración del manual de enseñanza. Junto a las siete guías de laboratorio para el sistema fotovoltaico autónomo cumplió con su propósito de proporcionar a los estudiantes una herramienta clara y práctica para el aprendizaje de los sistemas fotovoltaicos, fue efectiva para el desarrollo de competencias técnicas en sistemas fotovoltaicos autónomos, evidenciado por un promedio general de percepción positiva de 4.69 en la escala de Likert y un coeficiente alfa de Cronbach de 0.91, que valida la confiabilidad del manual.

La prueba t de Student mostró una mejora significativa en el aprendizaje de los estudiantes ($t = 16.72, p < 0.05$), destacando la importancia del manual como herramienta preparatoria para las prácticas.

Las guías técnicas relacionadas con cálculos y análisis de desempeño, como las Guías N°3 y N°7, alcanzaron promedios altos (4.72 y 4.78), mientras que la Guía N°2 presentó desafíos en los cálculos complejos (3.35), indicando la necesidad de refuerzos adicionales para fortalecer la comprensión en estas áreas. La estructuración del manual y las guías de acuerdo con el formato de la UNAJ facilitó la enseñanza, promoviendo una interacción efectiva en el laboratorio de energía solar fotovoltaica y contribuyendo significativamente a la formación técnica de los estudiantes en el campo de las energías renovables.

4.2.RECOMENDACIONES

Se recomienda una serie de mejoras para optimizar el sistema fotovoltaico autónomo. se sugiere reemplazar los acumuladores de energía debido a su capacidad limitada de 12 AH y

su propensión al rápido deterioro por ciclos constantes de carga y descarga. Este cambio permitirá el uso de unidades más robustas y duraderas.

Para optimizar el rendimiento del sistema fotovoltaico autónomo y asegurar una caracterización más precisa, se recomienda el remplazo de los acumuladores de energía, asegurando que incluyan catálogos completos de curvas de capacidad y de carga según los requisitos de la normativa. Asimismo, se sugiere considerar la actualización de los componentes del sistema, como el controlador PWM, para incluir características que mejoren su funcionamiento y añadan funcionalidades útiles como una conexión puerto v.e direct y en el caso de los controladores MPPT, una pantalla LCD. Estas mejoras permitirán una instalación y mantenimiento más efectivos del sistema, garantizando su operación óptima y prolongando su vida útil.

Se recomienda la adopción de controladores MPPT debido a su superior eficiencia comparativa con los controladores PWM. Además, se deben implementar estrategias de mantenimiento y limpieza regulares para minimizar el efecto perjudicial del polvo en los módulos solares, ya que su acumulación puede reducir significativamente el rendimiento del sistema. Se sugiere realizar una evaluación periódica del estado de los módulos y controladores, y considerar la incorporación de tecnologías y prácticas que faciliten la limpieza y el mantenimiento para asegurar una operación continua y eficiente del sistema fotovoltaico en diversas condiciones ambientales.

Se recomienda reforzar las guías más técnicas, como la Guía N°2, mediante talleres previos enfocados en cálculos y simuladores digitales que permitan practicar fórmulas y analizar escenarios. Además, simplificar explicaciones y agregar ejemplos resueltos podría facilitar su comprensión. Evaluaciones continuas y estrategias como discusiones grupales o actividades colaborativas fortalecerán el aprendizaje. Finalmente, se sugiere desarrollar un material complementario centrado en cálculos técnicos para abordar los desafíos identificados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaro, E., Espinoza, R., & Huaccachi, W. (2019). *Influencia del polvo sobre el rendimiento eléctrico de módulos fotovoltaicos de película delgada , mediciones hechas en el lab solar. 2–7.*
- Ariza Rodríguez, J. D., & Ospino Gómez, R. A. (2015). *GUÍA TEÓRICA PRACTICA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.*
- Asian, A. P. G. (2016). *Implementación de videos como recurso didáctico en las prácticas de laboratorio de Física 2 en la unidad de Estudios Generales Ciencias de la Pontificia Universidad Católica del Perú [PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ].* [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfefindmkaj/https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/7361/GALARRETA_ASIAN_ANA_IMPLEMENTACION.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/7361/GALARRETA_ASIAN_ANA_IMPLEMENTACION.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Bernardelli, F. (2010). *ENERGÍA SOLAR TERMODINÁMICA EN AMÉRICA LATINA LOS CASOS DE BRASIL , CHILE Y MÉXICO.* 49. <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3867/S2011006.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- BLANCO CONDOR, G. G., & POMA YARANGA, Y. D. (2015). *MANUAL DE LABORATORIO DE CIENCIA TECNOLOGÍA Y AMBIENTE Y RENDIMIENTO ACADÉMICO EN ESTUDIANTES DE TERCERO DE SECUNDARIA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA EMBLEMÁTICA “SANTA ISABEL” - HUANCAYO.* repositorio.uncp.edu.pe
- Brown, L. R. (1998). Informe Anual del WorldWatch Institute Sobre el Medio Ambiente y Desarrollo. In L. Starke (Ed.), *LA SITUACION DEL MUNDO* (Icaria). <https://books.google.com.pe/books?id=5K5ZBHJpqsC&pg=PA436&dq=energia+solar+en+el+mundo&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiD9oi2yqj3AhUiK7kGHZIYCgoQ6AF6BAgDEAI#v=onepage&q&f=false>
- bulhosa dos santos, L., Negrão Macêdo, W., & Barros galhardo, M. A. (2022). *Avaliação Operacional De Sistema Fotovoltaico Isolado Com Dois Diferentes Controladores De Carga.* <https://doi.org/10.59627/cbens.2022.1147>

- Castillo Santiago, Y., Valencia Ochoa, G., & Vanegas Chamorro, M. (2018). Impacto de una Herramienta Pedagógica en el Proceso de Enseñanza de la Energía Solar Térmica. *AVANCES: Investigación En Ingeniería*, 15(1), 318–328. <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.4742>
- Chamalé Contreras, W. A. (2011). *DISEÑO DE UN MANUAL ORGANIZACIONAL PARA UN LABORATORIO DE PRODUCTOS NATURALES*. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.
- Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicacion. (2002). *ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA* (COLEGIO OF, p. 122).
- contreras Castillo, S., Rojas Aguilar, J. sebastian, & Forero, E. F. (2018). diseño de un prototipo para el mejoramiento de la enseñanza de energia fotovoltaica. *Encuentro Internacional de Educacion En Ingenieria ACOFI*.
- Farias, A. De, Júnior, N. P., Costa, P., Macedo, D., Paulino, I., Farias, A., Vinícius, A., Campos, P. D. S., & Luiz, A. (2010a). *INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA SOLAR FOTOVOLTAÍCA*. 3, 82–90. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=481549221008>
- Farias, A. De, Júnior, N. P., Costa, P., Macedo, D., Paulino, I., Farias, A., Vinícius, A., Campos, P. D. S., & Luiz, A. (2010b). *INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA SOLAR FOTOVOLTAÍCA*. 3, 82–90.
- Fernandez Ferichola, J. (2009). *Caracterización de módulos fotovoltaicos con dispositivo portátil* [Universidad Carlos III de Madrid]. <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/6037>
- Garrido Jimenez, J. I. (2020). *Estudio de la influencia del ensuciamiento por polvo en la temperatura de un panel solar fotovoltaico mediante un modelo computacional unidimensional* [Universidad de Chile]. <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203%0Ahttp://mpoc.org.my/malaysian-palm-oil-industry/>
- Guerra, J. A. (2023). *Aplicación de la norma IEC- 61724 a la caracterización energética de sistemas fotovoltaicos utilizando MySQL*.

- Higuita Hoyos, V., Busto, J., & Gomez Garcia, D. E. (2017). MANUAL DE LABORATORIO DE MECANICA DE FLUIDOS. *CENTRO DE INVESTIGACION PARA EL DESARROLLO Y INVESTIGACION*, 4. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/3230>
- INACAL. (2022). Normalizacion Tecnica en el Peru. *¿Que Hacemos?*, 01, 1. http://www.transparencia.gob.pe/personal/pte_presentar_administradores.aspx?id_entidad=14310%0Ahttps://www.gob.pe/institucion/inacal/institucional
- Machaca Quispe, L. D., & Coronel Rodriguez, L. (2023). *Efecto del polvo y lluvia en el rendimiento de sistemas fotovoltaicos en la ciudad de Puno, 2021* [UNIVERSIDAD NACIONAL DE PUNO]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/19758#:~:text=Los resultados determinaron que el,panel fotovoltaico%2C más aún%2C las>
- Malagón Sánchez, J. francisco, Ayala Manrique, M. M., & Sandoval Osorio, S. (2013). *CONSTRUCCIÓN DE TERMINOLOGÍAS Y PROCESOS DE FORMALIZACIÓN* (M. Ramírez Ramos, Ed.; Universida). [http://editorial.pedagogica.edu.co/docs/files/libro fenomenologias y procesos \(digital\).pdf](http://editorial.pedagogica.edu.co/docs/files/libro fenomenologias y procesos (digital).pdf)
- Martínez Rufez, P. (2010). *ENERGÍA SOLAR TÉRMICA técnicas para su aprovechamiento* (MARCOMBO). <https://books.google.com.pe/books?id=Gu6FIQXKHmEC&pg=PT29&dq=energia+solar+en+el+mundo&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiD9oi2yqj3AhUiK7kGHZlYcgoQ6AF6BAgGEAI#v=onepage&q&f=true>
- Matiz mora, D. F., & Macareno Carrillo, J. W. (2019). Diseño e implementacion de una estacion didactica para el entrenamiento en el manejo de energia solar fotovoltaica. *Duke Law Journal*, 1(1).
- Ministerio de Energia y minas. (2021). *Programa masivo fotovoltaico II*. <https://www.gob.pe/institucion/minem/noticias/347989-minem-llevara-electricidad-con-paneles-solares-a-48-mil-viviendas-de-zonas-rurales-del-norte-del-pais>
- Palpa Bueno, A. I. (2019). *Integración arquitectónica de energía solar fotovoltaica para el mejoramiento de la eficiencia energética en establecimientos de salud de comunidades nativas* [UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU].

https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5952/T010_47109693_T_1.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Perpiñan Lamigueiro, O. (2012). *E S Fotovoltaica*. 194.
<http://procomun.wordpress.com/documentos/libroesf>

Pontificia Universidad Católica del Perú. (2017). *El desarrollo de la energía solar en el Perú*. Grupo de Apoyo al Sector Rural. <https://gruporural.pucp.edu.pe/nota/el-desarrollo-de-la-energia-solar-en-el-peru/>

Quispe Tecce, A. W. (2017). *ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA FOTOVOLTAICA PARA LA PROVISIÓN DE ENERGÍA AL SISTEMA ELÉCTRICO INTERCONECTADO NACIONAL EN LA REGIÓN PUNO*. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTILPLANO.

Rodríguez Guevara, J. V., & Moreno Lugo, M. (2021). *Diseño e implementación de un banco didáctico de energía solar fotovoltaica para practicas de los estudiantes de la Universidad Antonio Nariño sede Villavicencio* (p. 7).

Rodriguez Montaña, F. P. (2017). *DISEÑO DE PRÁCTICAS, SELECCIÓN DE EQUIPO Y ESTUDIO EDILICIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA CON ÉNFASIS EN ENERGÍAS ALTERNATIVAS DE LA UNIVERSIDAD LIBRE SEDE BOGOTÁ* [DE LA UNIVERSIDAD LIBRE SEDE BOGOTÁ]. [https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10956/Trabajo de grado Maestria en Ingenieria Fery Rodríguez FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10956/Trabajo_de_grado_Maestria_en_Ingenieria_Fery_Rodríguez_FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Rúa-Ramírez, E., Mendoza-Jiménez, I., Torres-Suarez, E., Flórez-Serrano, E., & Serrano-Rico, J. (2021). Banco de pruebas didáctico para aprendizaje y medición del rendimiento de paneles solares fotovoltaicos. *Revista UIS Ingenierías*, 20(2), 1–9. <https://doi.org/10.18273/revuin.v20n2-2021001>

salvador jara, H. W. (2017). *Manual de procedimientos analíticos para suelos y agregados de construcción*. <https://pirhua.udep.edu.pe/items/8a9886f7-cd97-40d5-8107-0f96f6f837b7>

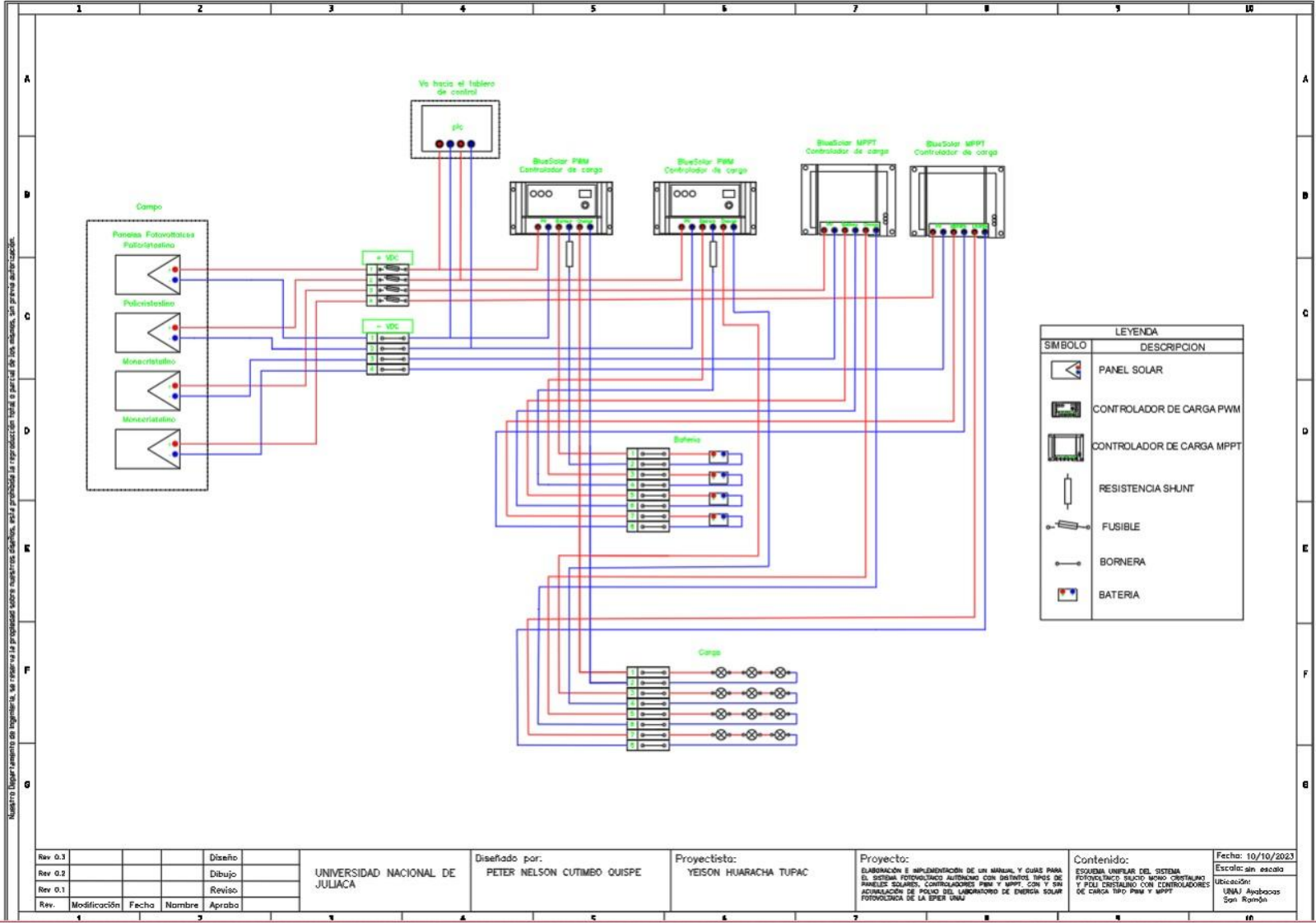
SENAMHI. (2003). *Atlas de Energía Solar en el Perú*. 1–66.

Tecsol Energy. (2022). *Tienda Comercial Tecsol Energy*. <https://www.tecsolenergy.pe/>

- Trejos Betancur, M. (2016a). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN REGULADOR SOLAR DE POTENCIA DE BAJO PESO PARA CONTROLAR LA CARGA DE LA BATERÍA DE UN VEHÍCULO SOLAR* [UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA]. <https://core.ac.uk/download/pdf/92123551.pdf>
- Trejos Betancur, M. (2016b). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN REGULADOR SOLAR DE POTENCIA DE BAJO PESO PARA CONTROLAR LA CARGA DE LA BATERÍA DE UN VEHÍCULO SOLAR*. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA.
- Tudor cotfas, D., Cotfas, P. A., & Miahí Machidon, O. (2018). *Estudio de coeficientes de temperatura para parámetros de células fotovoltaicas*. <https://doi.org/10.1155/2018/5945602>
- UNE. (2020). *UNE Normalización española*. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0071446>
- Valentín Labarta, J. L. (2012). *INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS (DONOSTIARR)*. https://books.google.com.pe/books?id=4OUZ9ngL5oEC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

ANEXOS

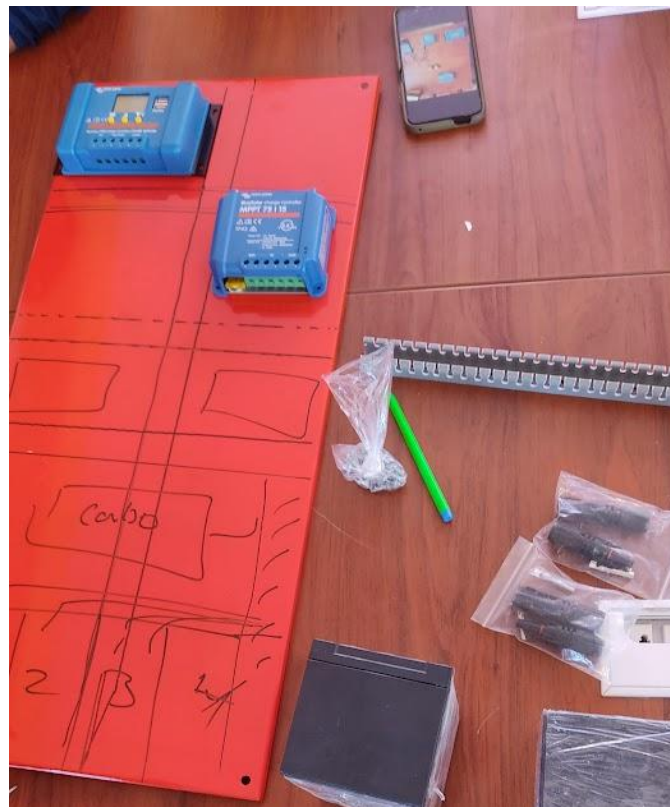
Anexo 1. Plano eléctrico del sistema fotovoltaico autónomo de módulos solares silicio poli cristalino y monocristalino con controladores de carga tipo PWM y MPPT situado en el Instituto de Energías Renovables y Eficiencia Energética de la UNAJ



Anexo 2. Proceso del armado de tablero de control del sistema fotovoltaico con controladores PWM y MPPT



Nota. Reconocimiento de componentes electrónicos (Cerbo gx, Smart Shunt, MPPT, (11 marzo, 2023)



Nota. Inicio de armado del tablero de control del sistema fotovoltaico con controladores PWM y MPPT 15 marzo,2023.



Nota. Presentación de los controladores PWM y MPPT.



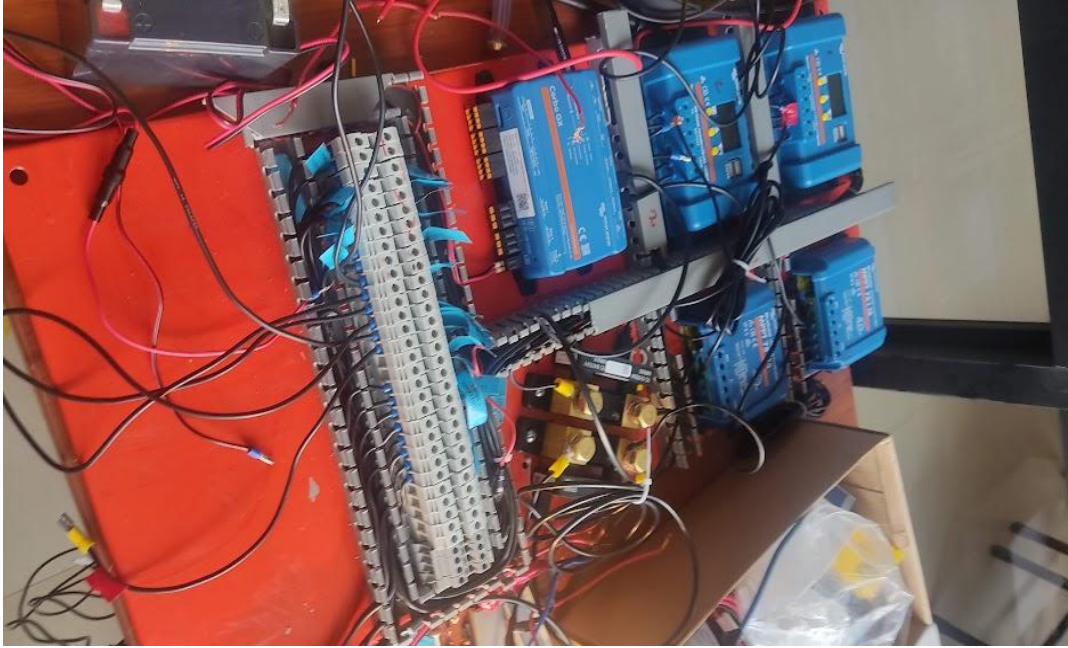
Nota. Incorporación de borneras de conexión del tablero de control, junto a la incorporación de los Smart Shunts y cerbo Gx (17 de marzo 2023).



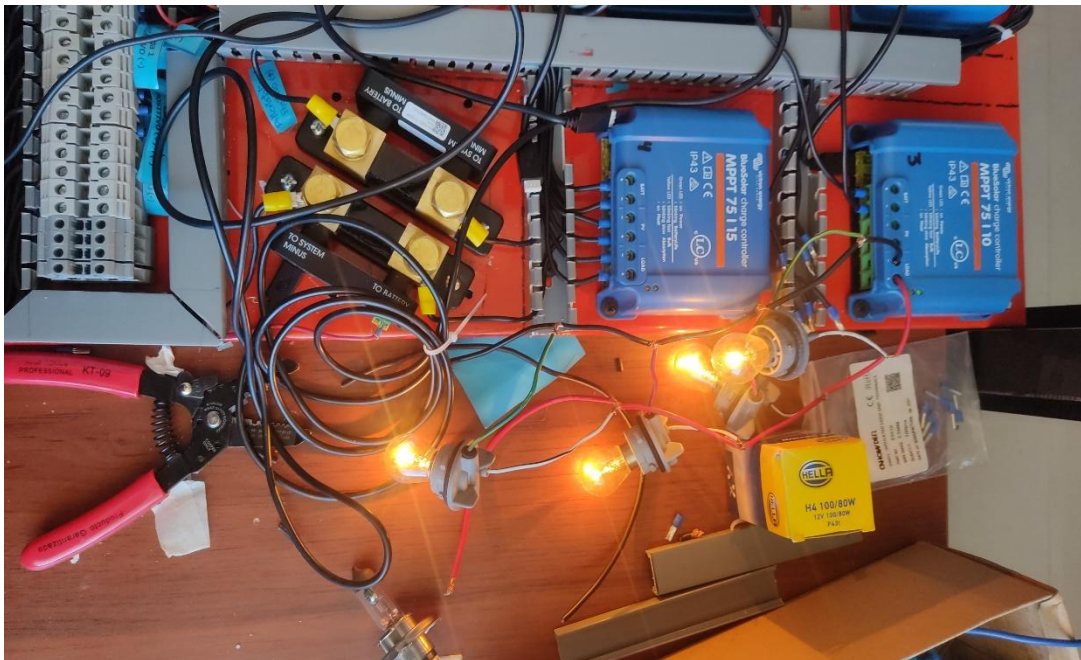
Nota. El proyectista, realizando el sistema de conexión del tablero de control PWM y MPPT (20, marzo 2023).



Nota. Proceso de Conexionado solo en salida de baterías de los controladores PWM y MPPT (23, marzo 2023).



Nota. Proceso de conexionado casi terminado en borneras de conexión (24, marzo 2023).



Nota. prueba de funcionamiento de controladores MPPT y el consumo de carga en prueba (3, abril 2023)



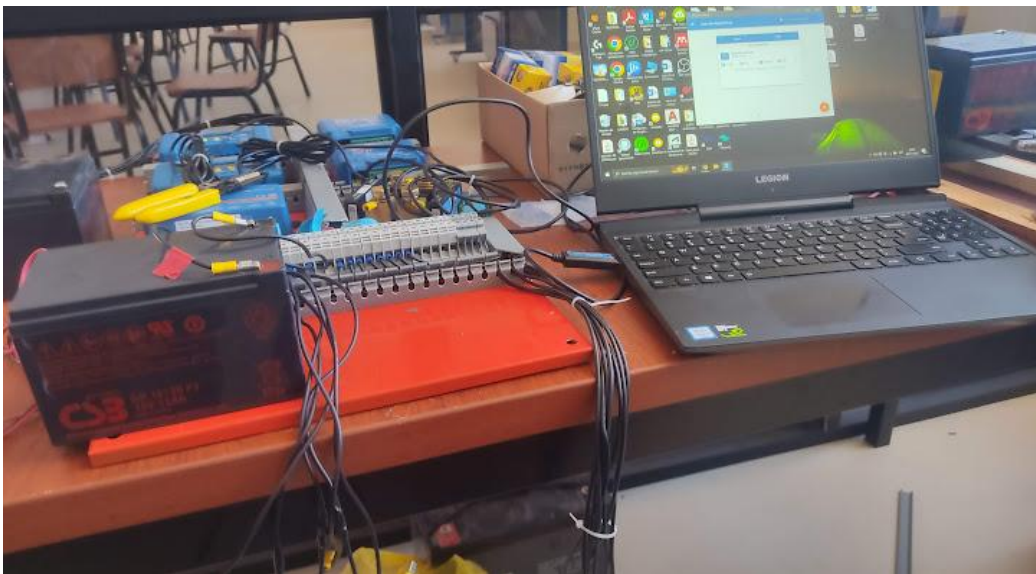
Nota. Lámparas usadas en el ensayo para detectar fallas de mala conexión u corto circuitos en el sistema de conexión.



Nota. Proceso de instalación del bastidor en el tablero de control con todos los componentes electrónicos para el sistema fotovoltaico autónomo.



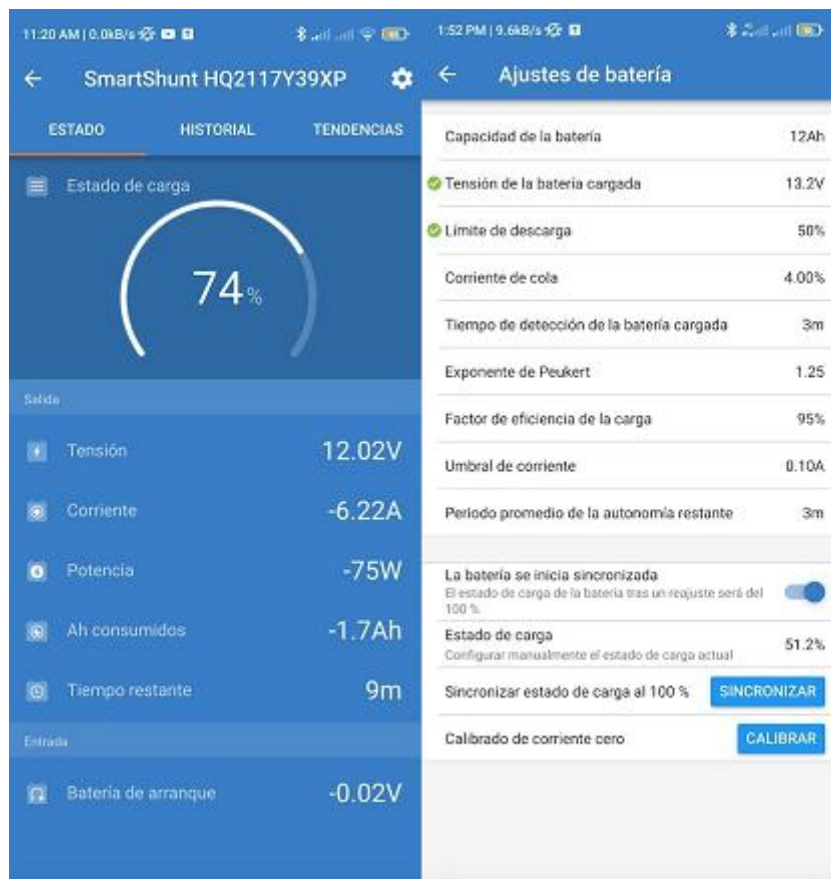
Nota. Construcción del consumo de cargas, diseñado para el aprovechamiento de máxima potencia de cada módulo (5, abril 2023).



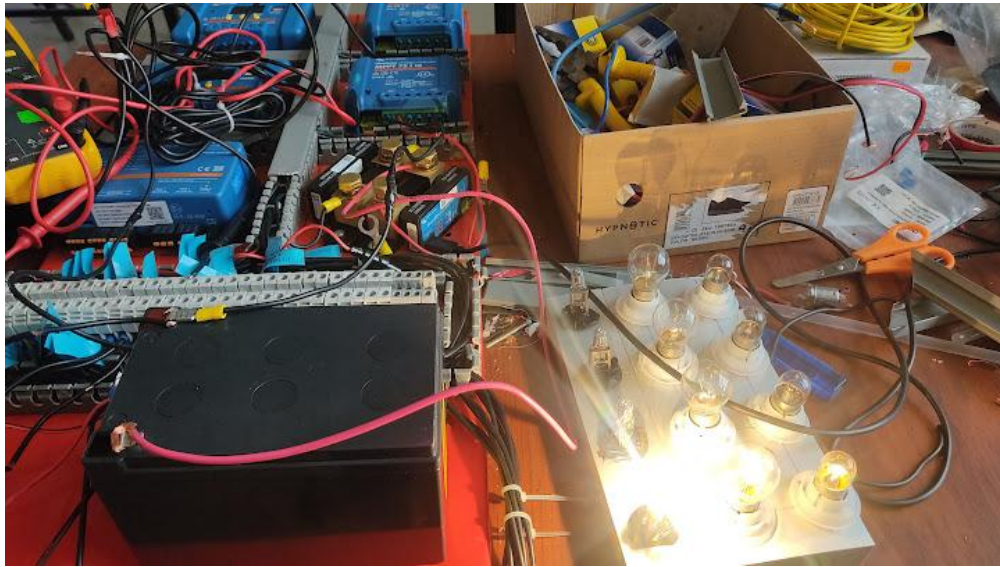
Nota. Etapa de programación de los controladores PWM y MPPT, esta etapa duro alrededor de 2 meses debido a la falta de especialista en la ciudad (9 de noviembre 2022)



Nota. Visualización del portal de programación cerbo Gx, reconocimiento de los SmartShunt.



Nota. Visualización de la interfaz de programación de Smart shunt.



Nota. Ensayo del comportamiento de consumo de cargas en controlador PWM



Nota. Instalación del tablero de control en el mono poste 2x2 de módulos solares poli cristalino y mono cristalino.



Nota. Reconocimiento de voltajes en la salida de los controladores PWM.



Nota. Presentación del tablero de control con controladores tipo PWM y MPPT conectado a los Smart shunt y almacenamiento de energía.



Nota. Reconocimiento de un corto circuito, se realizó un proceso de busca de fallas eléctricas.



Nota. Reconocimiento de error en el controlador PWM, un cortocircuito interno provocado por mala conexión entre los bornes de carga y batería, la reparación de Mosfets internos lo realizó un técnico especialista, este fallo eléctrico provocó 10 días de retraso debido a la garantía del producto (7 mayo 2023).



Nota. Reconcomiendo de deterioro de socket de lampara debido a las altas temperaturas con las que trabaja, se reemplazó por otras de más calidad.



Nota. Prueba de funcionamiento de cargas, después del arreglo de conexión.



Nota. Visualización del funcionamiento de los controladores PWM, ya conectado al sistema fotovoltaico autónomo de módulos solares poli cristalino y mono cristalino.



Nota. Finalización de la instalación de tablero de control para el sistema fotovoltaico, 25 mayor 2023.



Nota. Etapa Visualización de módulos solares conectado al tablero de control de controladores tipo PWM y MPPT, ya puesta en funcionamiento.



Nota. Visualización de excremento de aves, en el módulo solar mono cristalino, en esa situación representada con polvo.



Nota. Visualización del funcionamiento de cargas del sistema fotovoltaico autónomo con controladores de carga tipo PWM y MPPT.



Nota. Visualización de módulos mono cristalino y poli cristalino afectados por el polvo.



Nota. Visualización de módulos solares con acumulación de polvo en funcionamiento del sistema de control.






Nota. Reconocimiento del sistema fotovoltaico autónomo, con el grupo de estudiantes del laboratorio de energía solar fotovoltaica.






Nota. Estudiantes participantes de la evaluación del manual de enseñanza y las guías de práctica de laboratorio de energía solar fotovoltaica.

Anexo 3. Ficha Técnica del fabricante del módulo solar monocristalino de potencia 100 Wp.

OSDA Solar	
Model: ODA100-18-M	
Rated Maximum Power (Pmax)	100W
Tolerance (Tol)	0~+3%
Voltage at Pmax (Vmp)	18.30V
Current at Pmax (Imp)	5.47A
Open-Circuit Voltage (Voc)	22.42V
Short-Circuit Current (Isc)	5.99A
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	47±2°C
Maximum System Voltage	1000VDC
Maximum Series Fuse Rating	10A
Operating Temperature	-40°C to +85°C
Application Class	Class A
Protection Class	Class A
Cell Technology	Mono-Si
Weight (Kg)	9.00
Dimensions (mm)	1130x668x35
Technical performance data recorded at Standard Test Conditions (STC) Am=1.5 E=1000 W/m ² TC=25°C	
  	
No.190 Xingfu Road , Gaoqiao Town , Yinzhou District , Ningbo , China Tel: + 86 574 87913266 // Fax: + 86 574 87913266 Web: www.osdasol.com	

Anexo 4. ficha técnica del módulo solar silicio poli cristalino 100 Wp

OSDA Solar	
Model: ODA100-18-P	
Rated Maximum Power (Pmax)	100W
Tolerance (Tol)	0~+3%
Voltage at Pmax (Vmp)	18.20V
Current at Pmax (Imp)	5.50A
Open-Circuit Voltage (Voc)	21.85V
Short-Circuit Current (Isc)	5.94A
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	47±2°C
Maximum System Voltage	1000VDC
Maximum Series Fuse Rating	10A
Operating Temperature	-40°C to +85°C
Application Class	Class A
Protection Class	Class A
Cell Technology	Poly-Si
Weight (Kg)	8.00
Dimensions (mm)	1130x668x35
Technical performance data recorded at Standard Test Conditions (STC) Am=1.5 E=1000 W/m ² TC=25°C	
  	
No.190 Xingfu Road , Gaoqiao Town , Yinzhou District , Ningbo , China Tel: + 86 574 87913266 // Fax: + 86 574 87913266 Web: www.osdasol.com	

Anexo 5. Ficha técnica de batería 12AH GP12120

<h3>GP12120</h3> <p>12 voltios 12.0Ah</p> <p>GP 12120 es una batería de uso general con hasta 5 años en servicio de reserva.</p> <p>Como ocurre con todas las baterías CSB, todas son recargables, altamente eficientes, a prueba de fugas y no requieren mantenimiento.</p>		 
<p>Descargar :  Hoja de especificaciones GP12120-(445,5K)</p> <p> Formulario  Soporte Técnico  Imprimir  </p>		

Especificaciones	
Celdas por unidad	6
voltaje por Unidad	12 voltios
Capacidad	12 Ah a velocidad de 20 horas a 1,75 V por celda a 25 °C (77 °F)
Peso	Aprox. 3,67 kilos. (8,09 libras)
Corriente de descarga máxima	150/180A (5seg.)
Resistencia interna	Aprox. 16,7 mΩ
Rango de temperatura de funcionamiento	Descarga: -15 °C ~ 50 °C (5 °F ~ 122 °F) Carga: -15 °C ~ 40 °C (5 °F ~ 104 °F) Almacenamiento: -15 °C ~ 40 °C (5 °F ~ 104 °F)
Rango de temperatura de funcionamiento nominal	25 °C ± 3 °C (77 °F ± 5 °F)
Voltaje de carga flotante	13,5 a 13,8 VCC/unidad Promedio a 25 °C (77 °F)
Límite de corriente de carga máximo recomendado	3,6 A
Servicio de equalización y ciclo	14,4 a 15,0 VCC/unidad Promedio a 25 °C (77 °F)
Autodescarga	Debe ser más del 75% de la capacidad que tenía antes del almacenamiento después de almacenarlo durante 6 meses a temperatura ambiente. 25 °C
Tipos de terminales	F1/F2-Faston Tab187/250
Material del contenedor	ABS (UL94-HB) y La resistencia a la inflamabilidad de (UL94-V0) puede estar disponible a pedido.

Anexo 6. Ficha técnica del controlador de carga tipo MPPT75/12VC

Controlador de carga BlueSolar	MPPT 75/10	MPPT 75/15	MPPT 100/15	MPPT 100/20
Tensión de la batería (Selección auto)	12/24V		12/24/48V	
Corriente de carga nominal	10A	15A	15A	20A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	145W	220W	220W	290W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	290W	440W	440W	580W
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	n.a.	n.a.	n.a.	1160W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	13A	15A	15A	20A
Desconexión automática de la carga	Sí			
Tensión máxima del circuito abierto FV	75V		100V	
Eficiencia máxima	98%			
Autoconsumo	12V: 25 mA 24V: 15 mA			25 / 15 / 10 mA
Tensión de carga de "absorción"				14,4V / 28,8V / 57,6V (adj.)
Tensión de carga de "flotación"	13,8V / 27,6V (ajustable)			13,8V / 27,6V / 55,2V (adj.)
Algoritmo de carga	adaptativo multifase			
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.			
Corriente de carga continua	15A		20A / 20A / 1A	
Desconexión de carga por baja tensión	11,1V/22,2V/44,4V u 11,8V/23,6V/47,2V o algoritmo BatteryLife			
Reconexión de carga por baja tensión	13,1V/26,2V/52,4V o 14V/28V/56V o algoritmo BatteryLife			
Protección	Cortocircuito de salida / Sobretemperatura			
Temperatura de trabajo	De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40°C)			
Humedad	95%, sin condensación			
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct (consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)			
CARCASA				
Color	Azul (RAL 5012)			
Terminales de conexión	6 mm ² / AWG10			
Grado de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)			
Peso	0,5 kg	0,6 kg	0,65 kg	
Dimensiones (al x an x p)	100 x 113 x 40 mm	100 x 113 x 50 mm	100 x 131 x 60 mm	
NORMATIVAS				
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2			
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la entrada de potencia.				
1b) La tensión FV debe exceder Vbat + 5V para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.				
2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador.				

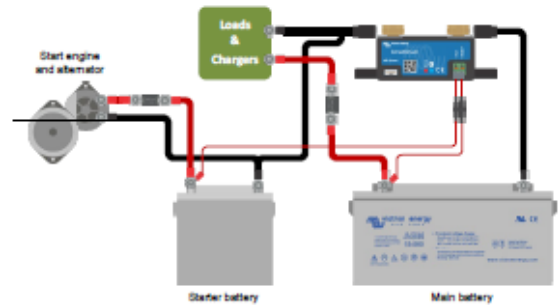


Anexo 7. Ficha técnica del controlador tipo PWM 12/24

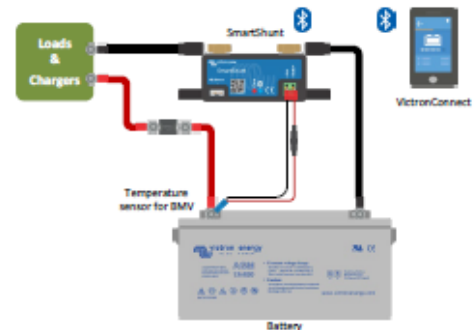
BlueSolar PWM Controlador de carga	12/24-5	12/24-10	12/24-20	12/24-30	48-10	48-20	48-30
Tensión de la batería	12/24 V con detección automática de la tensión de entrada				48V		
Corriente de carga nominal	5A	10A	20A	30A	10A	20A	30A
Desconexión automática de las cargas consumidoras	Sí						
Tensión solar máxima	28V / 55V (1)				100V (1)		
Autoconsumo	< 10 mA						
Salida de carga	Control manual + desconexión por baja tensión + temporizador						
Protección	Inversión de la polaridad de la batería (fusible)		Cortocircuito de salida		Sobretensión		
Protección contra sobrecarga	Desconexión tras 60 s en caso de alcanzar el 130% de carga						
	Desconexión tras 5 s en caso de alcanzar el 160% de carga						
	Desconexión inmediata en caso de cortocircuito						
Puesta a tierra	Positivo común						
Rango de temp. de funcionamiento	-35 to +60°C (carga completa)						
Humedad (sin condensación)	Máx. 95%						
BATERÍA							
Tensión de carga de "absorción"	Ajuste de fábrica: 14,4V / 28,8V				Ajuste de fábrica: 57,6V		
Tensión de carga de "flotación" (2)	Ajuste de fábrica: 13,7V / 27,4V				Ajuste de fábrica: 54,8V		
Desconexión de carga por baja tensión	Ajuste de fábrica: 11,2V / 22,4V				Ajuste de fábrica: 44,8V		
Reconexión de carga por baja tensión	Ajuste de fábrica: 12,6V / 25,2V				Ajuste de fábrica: 50,4V		
USB							
Tensión	5V						
Corriente	2A (total de 2 salidas)						
CARCASA							
Clase de protección	IP20						
Tamaño de los terminales	6 mm ² / AWG10			16mm ² / AWG6			
Peso	0,15kg			0,3kg			
Dimensiones (al x an x p)	96 x 169 x 36 mm (3,8 x 6,7 x 1,4 pulgadas)			101x184x47mm (4,0 x 7,4 x 1,8 pulgadas)			
NORMAS							
Seguridad	EN60335-1, IEC 62109-1						
EMC	EN 61000-6-1, EN 61000-6-3, ISO 7637-2						
1) Para 12V utilice paneles solares de 36 celdas Para 24V utilice paneles solares de 72 celdas, o 2 de 36 cel serieB Para 48V utilice 2 paneles solares de 72 celdas o 4 de 36 celdas en serie				2) El controlador conmuta al nivel de tensión de flotación 2 horas después de alcanzada la tensión de absorción Siempre que la tensión de la batería caiga por debajo de 13V, se inicia un nuevo ciclo de carga.			

Anexo 8. Ficha técnica del smartshunt controlador de batería

SmartShunt	
Supply voltage range	500A / 1000A / 2000A
Current draw	6.5 - 70 VDC
Input voltage range, auxiliary battery	< 1mA
Battery capacity (Ah)	6.5 - 70 VDC
Operating temperature range	1 - 9999 Ah
Measures voltage of second battery, or temperature, or midpoint	-40 +50°C (-40 - 120°F)
Temperature measurement range	Yes
VE.Direct communication port	-20 +50°C
	Yes
RESOLUTION & ACCURACY	
Current	± 0.01 A
Voltage	± 0.01 V
Amp hours	± 0.1 Ah
State of charge (0 - 100 %)	± 0.1 %
Time to go	± 1 min
Temperature (if optional temperature sensor connected)	± 1 °C/°F (0 - 50 °C or 30 - 120 °F)
Accuracy of current measurement	± 0.4 %
Offset	Less than 20 / 40 / 80 mA
Accuracy of voltage measurement	± 0.3 %
INSTALLATION & DIMENSIONS	
Dimensions (h x w x d)	500 A: 46 x 120 x 54 mm 1000 A: 68 x 168 x 75 mm 2000 A: 68 x 168 x 100 mm
Shunt connection bolts	M10 (0.3937 inch)
Protection category	IP21
STANDARDS	
Safety	EN 60335-1
Emission / Immunity	EN-IEC 61000-6-1 EN-IEC 61000-6-2 EN-IEC 61000-6-3
Automotive	EN 50498
ACCESSORIES	
Cables (included)	Two cables with 1 A fuse, for "+" connection and starter battery or midpoint connection
Temperature sensor	Optional (ASS000100000)
A note regarding the range of the Bluetooth signal	The shunt and the electric cables do negatively influence the range of the Bluetooth signal. The resulting range of 10-15 meter is however satisfactory in most cases. The proximity of other electrically conducting elements, such as the metal chassis of a vehicle or seawater around the hull if a boat, may reduce the range of the Bluetooth signal to an unacceptable level. The solution in such a case is to add a VE.Direct Bluetooth Dongle (ASS030536011) to the system, and to switch off Bluetooth in the SmartShunt.
STORED TRENDS	
Data stored	Battery voltage, Current, State of Charge % as well as the Aux input (Battery temperature, or midpoint deviation, or starter battery voltage).
Number of days trends data is stored	46



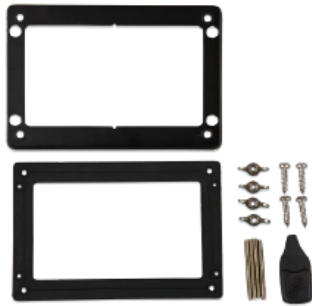
Measuring voltage of the starter battery



Measuring battery temperature



Controladores de carga BlueSolar
LCD&USB 12/24-5/10/20

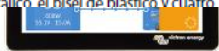


Accesorios incluidos con el GX Touch

Accesorios opcionales



Adaptador GX Touch para el hueco del CCGX
Este adaptador está diseñado para sustituir con facilidad la pantalla CCGX display con las novedosas GX Touch 50 o GX Touch 70. El paquete contiene el soporte metálico, el bisel de plástico y cuatro



GX Touch 50 (pantalla opcional para Cerbo GX y Cerbo-S GX)



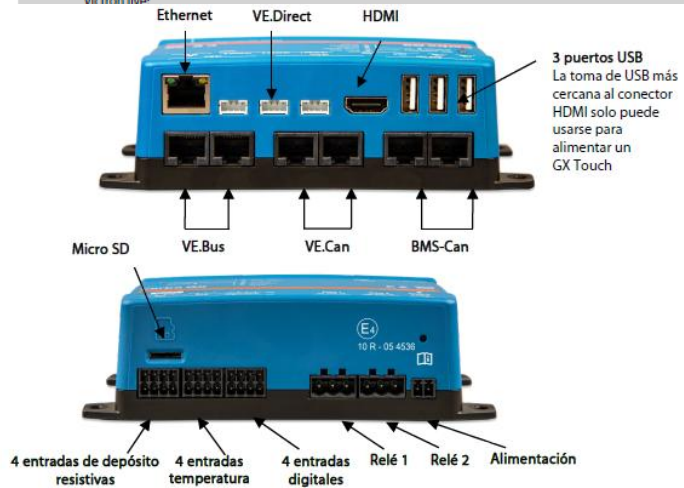
Cubierta de plástico protectora para GX Touch 50 y 70

LED indicador de WiFi
El Cerbo GX puede conectarse a una red WiFi

LED indicador de Bluetooth
Se puede acceder al Cerbo GX directamente por Bluetooth con la aplicación VictronConnect.



	Cerbo GX	Cerbo-S GX
Tensión de alimentación	8 – 70 VCC	
Montaje	Pared o carril DIN (35 mm) ⁽¹⁾	
Puertos de comunicaciones		
Puertos VE.Direct (siempre aislados)	3 (máx. posible de dispositivos VE Direct: 15) ⁽¹⁾	
VE.Bus (siempre aislado)	2 tomas RJ45 en paralelo	
VE.Can	sí - sin aislar	
Puerto BMS-Can	Sí	No
Bluetooth	Sí ⁽¹⁾	
IO		
Entradas nivel depósito combustible resistivas	4	0
Entradas del sensor de temperatura	4	0
Entradas digitales	4	4
Relés ⁽²⁾	2 x NO/NC CC hasta 30 VCC: 6 A CC hasta 70 VCC: 1 A CA: 6 A, 125 VCA	
Otros		
Dimensiones externas (al x an x p)	78 x 154 x 48 mm	
Rango de temperatura de trabajo	-20 a +50 °C	
Clasificación IP	IP20	
Normativas		
Seguridad	IEC 62368-1	
EMC	EN 301489-1, EN 301489-17	
Automoción	ECE R10-6	
GX Touch 50 / GX Touch 70		
Montaje	Con accesorios de montaje incluidos	
Tapa de protección	Incluida con todos los GX Touch a partir del número de serie HQ2242 También puede comprarse por separado: Referencia del artículo BPP900462050: Tapa de protección de GX Touch 50 Referencia del artículo BPP900462070: Tapa de protección de GX Touch 70	
Resolución de la pantalla	GX Touch 50: 800 x 480 GX Touch 70: 1024 x 600	
Clasificación IP	IP54 (sin conectores)	
Otros		
Dimensiones externas (al x an x p)	GX Touch 50: 87 x 128 x 12,4 mm GX Touch 70: 113 x 176 x 13,5 mm	
Longitud del cable	2 metros	
Notas		
1. Para más información acerca del Cerbo GX y del GX Touch, visite la página de la gama de productos Victron GX en victron.live .		



3 puertos USB
La toma de USB más cercana al conector HDMI solo puede usarse para alimentar un GX Touch

MATRIZ DE CONSISTENCIA

OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	INSTRUMENTOS
Objetivo General: Implementar material didáctico de consulta para el sistema fotovoltaico autónomo con módulos solares y controladores de carga.	Hipótesis General La implementación de material didáctico de consulta, compuesto por recursos teóricos y prácticos, para el sistema fotovoltaico autónomo con módulos solares monocristalinos y policristalinos, controladores de carga tipo PWM y MPPT, mejorará el desarrollo de competencias técnicas y el aprendizaje integral de los estudiantes en el laboratorio de energía solar fotovoltaica de la EPIER UNAJ.	Aprendizaje y desarrollo de competencias técnicas.	Evaluación de Pretest y Postest. Percepción positiva sobre el manual y guías de practica	Revisión documental, observación directa	Material didáctico de consulta relacionado al sistema fotovoltaico autónomo de la EPIER UNAJ.
Objetivo Específico 1: Identificar los componentes y equipos del sistema fotovoltaico autónomo.	Hipótesis Específica 1: La identificación de los componentes y equipos del sistema fotovoltaico autónomo, con módulos solares, proporcionara una base de conocimiento solida acerca del funcionamiento operativo de cada componente del sistema fotovoltaico autónomo, del laboratorio de energía solar fotovoltaica de la EPIER UNAJ.	Identificación de componentes y equipos	Descripción de características eléctricas de los componentes del sistema, siguiendo las especificaciones de la norma técnica aplicable Voltaje (V), Corriente (I), Potencia (W), Temperatura (T°C), irradiancia (W/M2)	Norma técnica	Hojas de recolección de datos, normas técnicas.
Objetivo Específico 2: Caracterizar el sistema fotovoltaico autónomo compuesto por módulos solares policristalinos y monocristalinos, con controladores de carga PWM y MPPT, en condiciones de limpieza y acumulación de polvo, conforme a normas técnicas nacionales e internacionales aplicables en condiciones operativas.	Hipótesis Específica 2: La caracterización del sistema fotovoltaico autónomo compuesto por módulos solares monocristalinos y policristalinos en condiciones de polvo y sin polvo, utilizando controladores tipo PWM y MPPT, conforme a Norma técnica 399.403 2006, proporciona información crítica sobre las diferencias en la eficiencia del sistema, según las condiciones de operación, configuración y estándares aplicables.	Características operativas del sistema fotovoltaico autónomo	Caracterizaciones eléctricas de los componentes del sistema, siguiendo las especificaciones de la norma técnica aplicable (Voltaje (V), Corriente (I) Energía (kWh), Potencia (W), Temperatura (T°C), irradiancia (W/M2)	Excel Plataforma de Victron	Cerbo Victron Energy GX.
Objetivo Específico 3: Evaluar la efectividad de un manual de enseñanza y siete guías de prácticas fotovoltaico autónomo, compuesto por módulos solares de tipo monocristalino y policristalino. y controladores de carga tipo PWM y MPPT. mediante su implementación y medición del impacto en el aprendizaje de los estudiantes, estructurado bajo el formato académico de la UNAJ, para su aplicación en el laboratorio de energía solar fotovoltaica.	Hipótesis Específica 3: La evaluación del manual de enseñanza y las siete guías prácticas de laboratorio, diseñadas para el sistema fotovoltaico autónomo con módulos solares monocristalinos y policristalinos y controladores de carga tipo PWM y MPPT, incrementará significativamente el aprendizaje teórico y las competencias técnicas de los estudiantes en el laboratorio de energía solar fotovoltaica, según los resultados de evaluaciones teóricas (pretest/postest) y prácticas en el laboratorio.	Evaluación del manual y guías de practica	Desempeño en actividades prácticas Encuesta de Likert Diferencias en puntajes de Pretest y Postest	Encuesta de Likert. Alfa de Cronbach Pretest y Postest	Encuestas Evaluación de Pretest y Postest

UNW

UNW